



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

### ODBOR ZNALECTVÍ VE STROJÍRENSTVÍ, ANALÝZA DOPRAVNÍCH NEHOD A OCEŇOVÁNÍ MOTOROVÝCH VOZIDEL

DEPARTMENT OF EXPERTISE IN MECHANICAL ENGINEERING, ANALYSIS OF TRAFFIC ACCIDENTS AND  
VEHICLE ASSESSMENT

## VYBRANÁ PROBLEMATIKA POHYBU VYBRANÝCH ELEKTRICKY POHÁNĚNÝCH OSOBNÍCH DOPRAVNÍCH PROSTŘEDKŮ

SELECTED ISSUE OF ELECTRIC PERSONAL MEANS OF TRANSPORT MOVEMENT

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Daniel Svoboda

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Albert Bradáč, Ph.D.

BRNO 2023



# Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Daniel Svoboda**  
Studijní program: **Expertní inženýrství v dopravě**  
Studijní obor: **bez specializace**  
Vedoucí práce: **Ing. Albert Bradáč, Ph.D.**  
Akademický rok: **2022/23**  
Ústav/odbor: **Odbor znalectví ve strojírenství, analýza dopravních nehod a oceňování motorových vozidel**

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 diplomové práce:

## **Vybraná problematika pohybu vybraných elektricky poháněných osobních dopravních prostředků**

### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Úkolem práce je teoreticky představit konstrukci a odlišnosti koncepce a specifika pohybu, zvláštnosti a specifika jízdy, provést měření akceleračních, brzdných a vybraných vyhýbacích manévrů s cílem popsat základní technické odlišnosti a vlivy na měřitelné hodnoty, vyhodnotit měření a na základě měření formulovat doporučení pro znalecké posuzování pohybu osob na těchto prostředcích.

### **Cíle diplomové práce:**

- teoreticky připravit problematiku a popsat specifika takových dopravních prostředků včetně právní úpravy v různých zemích,
- popsat podrobně jednotlivé druhy a typy a zejména podstatné odlišnosti elektrických přepravníků s automatickou stabilizací,
- připravit a realizovat komplexní měření vybraných jízdních manévrů takových prostředků,
- vyhodnotit výsledky,
- formulovat doporučení, vlivy a specifika pro znalecké posuzování nehod za účasti těchto prostředků.

### **Seznam literatury:**

BRADÁČ, A. a kol. Soudní inženýrství. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno, 1997. ISBN 80-7204-057-X. s. 719

BURG, H., MOSER A. Handbuch Verkehrsunfall-rekonstruktion – Unfallaufnahme – Fahrdynamik – Simulation, 1. vydání 2007, Vieweg, ISBN 978-3-8348-0172-2. s. 952.

HUGEMANN, W. a rozsáhlý autorský tým. Unfall-rekonstruktion, dva svazky, 1. vydání, 2007. ISBN 3-00-019419-3. s. 1238.

KOLEKTIV AUTORŮ. Wypadki drogowe – Vademecum biegłego sadowego, wydawatelství Instytutu Ekspertys sadowych, Krakov 2010. ISBN 83-87425-32-X. s. 1094.

RIVERS, Robert W. Evidence in traffic crash investigation and reconstruction. Springfield : Charles C Thomas Publisher, 2006. str. 295. 1. vydání. ISBN 978-0-398-07644-8.

JANÍČEK, Přemysl. Systémové pojetí vybraných oborů pro techniky - hledání souvislostí. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2007. str. 1234. Sv. 1+2, 1. vydání. ISBN 978-80-7204-554-9.

RÁBEK, Vlastimil. Vybrané postupy analýzy dopravních nehod. Žilina, EDIS - vydavatelství Žilinské univerzity, 2009. str. 217. VPRA-SCP-2009-06-02.

Související právní předpisy, případně další podklady předložené vedoucím práce.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2022/23

V Brně, dne

L. S.

---

doc. Ing. Bc. Marek Semela, Ph.D.  
vedoucí odboru

---

prof. Ing. Karel Pospíšil, Ph.D., LL.M.  
ředitel

### ***Abstrakt***

Tato diplomová práce se zabývá rozbohem současných elektrických přepravníků, a to zejména těch s automatickou nivelací, jejich konstrukcí a odlišností od ostatních elektrických přepravníků. V práci je zahrnuta i právní úprava pro tuto problematiku v různých zemích. Provedené měření spočívá ve srovnání jednotlivých osobních přepravníků v různých praktických testech, které vypovídají o reálném používání těchto dopravních prostředků v reálném provozu.

### ***Abstract***

This thesis deals with the analysis of current electric conveyors, especially those with automatic levelling, their construction, and their differences from other electric conveyors. The thesis also includes the legal regulations for this issue in different countries. The measurements made consist of a comparison of different passenger carriers in various practical tests, which tell about the real use of these vehicles in real traffic.

### ***Klíčová slova***

Elektrická jednokolka, onewheel, přepravník, osobní přeprava, elektrifikace

### ***Keywords***

Electric unicycle, onewheel, carrier, personal transport, electrification



### ***Bibliografická citace***

SVOBODA, Daniel. Vybraná problematika pohybu vybraných elektricky poháněných osobních dopravních prostředků. Brno, 2023. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/143884>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Odbor znalectví ve strojírenství, analýza dopravních nehod a oceňování motorových vozidel. Vedoucí práce Albert Bradáč.





### **Prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma „Vybraná problematika pohybu vybraných elektricky poháněných osobních dopravních prostředků“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně .....

.....

Podpis autora



### ***Poděkování***

Děkuji svému vedoucímu práce, panu Ing. Albertovi Bradáčovi Ph.D. za cenné rady, konzultace a připomínky při zpracování této diplomové práce. Velké díky patří také mé rodině, spolužákům a kamarádům, kteří mě po celou dobu studia podporovali a stáli při mně.



## OBSAH

OBSAH.....	13
1 ÚVOD .....	15
2 TEORETICKÁ ČÁST .....	16
2.1 Doprava a dopravní proces .....	16
2.2 Jednokolky .....	17
2.2.1 Konstrukce.....	17
2.2.2 Princip jízdy na jednokolce.....	30
2.3 Onewheel .....	35
2.3.1 Konstrukce.....	35
2.3.2 Princip jízdy na onewheel.....	41
2.4 Právní úprava.....	44
2.4.1 Česká právní úprava .....	44
2.4.2 Slovenská právní úprava .....	46
2.4.3 Dánská právní úprava .....	47
2.4.4 Rakouská právní úprava .....	49
2.4.5 Německá právní úprava .....	49
2.4.6 Švýcarská právní úprava .....	50
2.4.7 Polská právní úprava.....	50
3 FORMULACE PROBLÉMŮ A STANOVENÍ CÍLŮ ŘEŠENÍ.....	51
3.1.1 Problémová situace.....	51
3.1.2 Problémy a cíle .....	51
4 VLASTNÍ ŘEŠENÍ / DOSAŽENÉ VÝSLEDKY .....	53
4.1 Místo měření.....	53
4.2 Průběh měření.....	56
4.2.1 Onewheel.....	56
4.2.2 Jednokolka.....	63
4.3 Vyhodnocení měření.....	70
4.3.1 Rozjezd do oblouku z místa .....	70
4.3.2 Průjezd obloukem s nájezdovou rychlostí.....	73
4.3.3 Vychýlení od původní trajektorie.....	75
4.3.4 Příčné přemístění.....	76
4.3.5 Akcelerace a brzdění .....	78
5 ZÁVĚR.....	81

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	83
SEZNAM TABULEK .....	85
SEZNAM GRAFŮ .....	85
SEZNAM OBRÁZKŮ .....	86

# 1 ÚVOD

Osobní přeprava je dlouhodobě omílané téma, ve kterém do teď hrály hlavní roli převážně automobily a veřejná hromadná doprava. V posledních letech, díky rozmachu nových technologií a prosazování ekologie, se začala rozvíjet elektromobilita a elektrifikace. Mezi hlavní producenty skleníkových plynů ve městech patří právě automobily. Lidé za posledních několik let zpohodlněly a nechtějí využívat hromadnou dopravu. Často je vidět, že v pětimístném vozidle cestuje pouze jeden člověk a tím pádem dochází k nevyužití kapacity přepravy daného vozidla a následným dopravním kongescím nebo nehodám, které jsou způsobeny nadměrným počtem automobilů na silnicích.

Řešením tohoto problému by mohl být rozmach elektromobility na poslední míli nebo krátkou vzdálenost. Dostupnost elektrických vozidel v poslední době vzrostla, a to díky snížení pořizovací ceny a jednoduchosti ovládání nebo potřebných zkušeností k jejich řízení. Mezi běžně užívané elektrické dopravní prostředky můžeme zařadit elektrokola, elektrokoloběžky a vozítka segway. Elektrokola jsou na trhu již několik let a jejich používání se tolik neliší od klasického jízdního kola. Pořizovací cena levného elektrokola klesla na cenu průměrného jízdního kola, takže si je může dovolit prakticky každý. Podobně jsou na tom i elektrické koloběžky, které jsou jednoduché na ovládání a jejich skladnost a přenositelnost je velice praktická při denním používání. To se nedá říct o segway, kdy k používání tohoto typu dopravního prostředku se člověk musí naučit tento stroj ovládat. Aktuálně se s těmito přepravníky prakticky nesetkáme, a to z důvodů nepraktičnosti a vysoké pořizovací ceně. Mezi nově se rozmáhající elektrické přepravníky patří jednokolky, které spojují praktičnost a ještě větší skladnost než elektrické koloběžky. Na trhu je nespočet modelů různých velikostí od takových, které se vejdu do batohu až po sedmdesátikilové stroje. Pořizovací cena jednokolek, které lze využívat k osobní přepravě, začíná na cca třiceti tisících korunách. Jejich nevýhodou je poměrně dlouhý proces pochopení a osvojení si ovládání a získání důvěry v chování těchto přepravníků.

## **2 TEORETICKÁ ČÁST**

Tato část diplomové práce se zabývá pojmy vázající se k vybraným elektrickým dopravním prostředkům. Jsou zde popsány vybrané typy samonivelačních elektrických přepravníků, které se v běžném provozu objevují. Je zde popsána jejich konstrukce a právní úprava jednotlivých zemí, která se těmito elektrickými přepravními prostředky zabývá, a problematika jejich užívání v běžném provozu na pozemních komunikacích.

### **2.1 DOPRAVA A DOPRAVNÍ PROCES**

Doprava je cílevědomý technologický proces, při kterém dochází k pohybu různých dopravních prostředků po dopravní infrastruktuře. Představuje souhrn činností, kterými se uskutečňuje pohyb dopravních prostředků po dopravních sítích a přemístování osob nebo věcí dopravními prostředky nebo zařízeními. Doprava určuje, s jakou rychlostí a spolehlivostí se předmět přepravy přemísťuje z bodu A do bodu B. K realizaci dopravy jsou zapotřebí dopravní prostředky, dopravní infrastruktura, předmět přepravy a lidský faktor. Dopravní proces je souhrn cílevědomých aktivit, kterými se zajišťuje realizace přepravy. [1]

Dopravním prostředkem lze označit takový prostředek, s jejichž pomocí je převážen náklad nebo osoby. Dopravu lze rozdělit na jednotlivé obory dopravy, které se určují dle charakteru využití přepravy, a to na železniční, silniční, letecká a vodní. Druhy dopravy jsou děleny, podle různých parametrů. Podle počátku a ukončení přepravy rozdělujeme dopravu na vnitrostátní a mezinárodní. Podle charakteru dělíme dopravu na nákladní a osobní. Dle využití dopravního prostředku můžeme dopravu rozdělit na hromadnou, při které je využíváno například autobusů nebo jiných prostředků hromadné dopravy a individuální při které je využíváno například osobních automobilů, kol, elektrokol, jednokolek nebo dalších prostředků individuální dopravy. [2]



## 2.2 JEDNOKOLKY

Jednokolka je vozidlo osobní přepravy které je poháněno třífázovým elektromotorem. Skládá se z jednoho velkého kola, kterého je součástí elektromotor a těla ve kterém je ukryta veškerá elektronika a akumulátoru.

### 2.2.1 Konstrukce

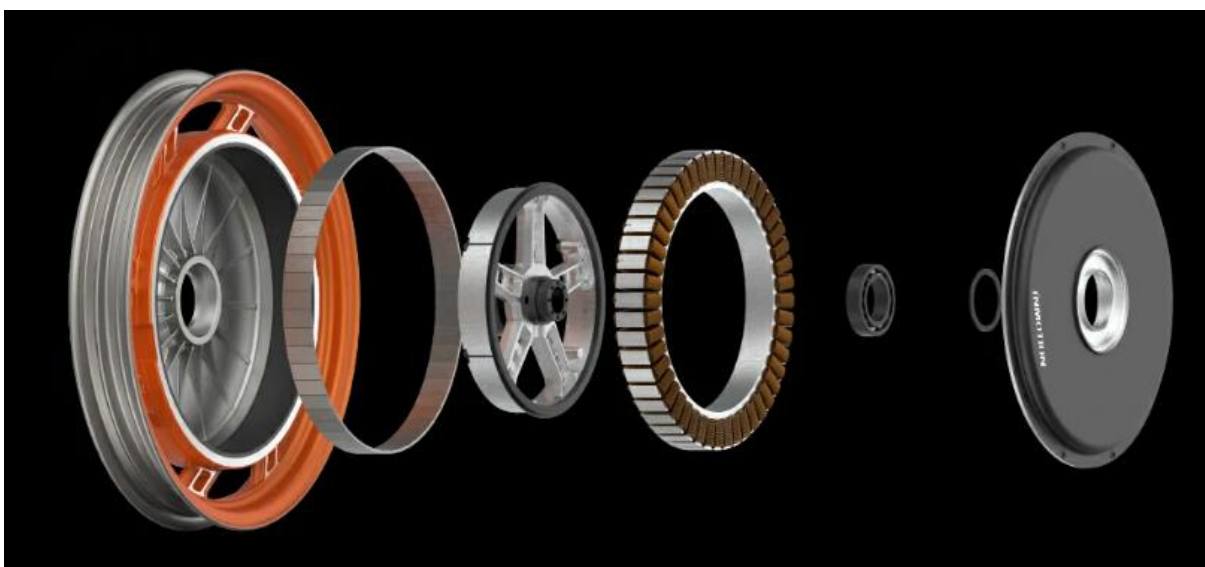
Na první pohled vypadá jednokolka jako jednoduché zařízení, které se skládá ze 2 hlavních dílů, kterými jsou kolo a tělo. Jednokolka se skládá z ráfku kola, elektromotoru, elektrických a rámových dílů. V závislosti na provedení se uvnitř těla nachází tlumič a celé toto ústrojí je zakrytováno, většinou plastovými kryty. U dražších modelů se můžeme setkat s kryty ze slitin hliníku. Některé jednokolky mají tlumiče viditelně mimo krytovanou část. Na obrázku je možné vidět novou jednokolku firmy Inmotion, model V13 Challenger v rozloženém stavu.



Obrázek 1 Konstrukce Inmotion V13 Challenger [3]

## Motor

V jednokolkách se používají takzvané třífázové „wheel hub“ motory, které jsou zabudovány a napojeny přímo na náboji kola a s kolem jsou pevně spojeny. Jedná se o bezkartáčové motory, takže se neopotřebovávají uhlíky, které by se následně musely měnit. Tyto motory fungují na principu přivádění elektromagnetického pole do stacionárního vinutí motoru (stator) a vnější vinutí se snaží tato pole následovat a tím se začne vnější kolo (rotor) otáčet. Jak je známo, elektromotory nevyžadují převodovky, jelikož maximálního točivého momentu dosahují hned při roztáčení motoru. Tím jsou tyto motory velmi výhodné při využití k pohonu právě elektrických dopravních prostředků, ať už to jsou elektrokoloběžky, jednokolky nebo onewheel.



Obrázek 2 Konstrukce motoru [4]

## Brzdy

Jednokolky a ostatní samonivelační dopravní prostředky nemají typické mechanické brzdy, jako jsou například na jízdních kolech nebo elektrokoloběžkách. Standardně se na různých elektrických strojích nachází kombinace mechanických brzd a tzv. rekuperační brzdění elektromotorem. Vzhledem ke konstrukci a principu fungování jednokolek na ně není možné umístit mechanické brzdy. K brzdění proto využívají pouze rekuperaci, při které dochází ke zpomalení. Pro brzdění je tedy potřeba, aby stav baterie nebyl 100 %, aby mohla být brzda použita. Může nastat situace, že jezdec vyjede a díky vyvýšené poloze místa počátku jízdy je nucen dlouhodobě využívat rekuperace, tedy brzdění, ale protože je baterie nabitá na maximální hodnotu své kapacity, není možné rekuperaci a brzdění využít a řídicí elektronika může uvést stroj do režimu, kdy je jezdec donucen zastavit a to tak, že se jednokolka začne řízeně naklápět dozadu a tím docílí kompletního zastavení. Je tedy nutné pamatovat na tuto skutečnost a akumulátor samonivelačního stroje nenabíjet na 100 %, pokud je zde předpoklad, že první kilometry jízdy

budou absolvovány z kopce po delší časový interval, kdy bude nutné využívat brzdění a tím transformovat mechanickou energii na energii elektrickou a tu ukládat do akumulátoru jednodolky, případně tuto nahromaděnou energii transformovat na energii tepelnou pomocí rezistorů. K transformaci tolika energie by však bylo potřeba velké množství rezistorů a tato metoda není vzhledem k výhodnosti rekuperace využívána.

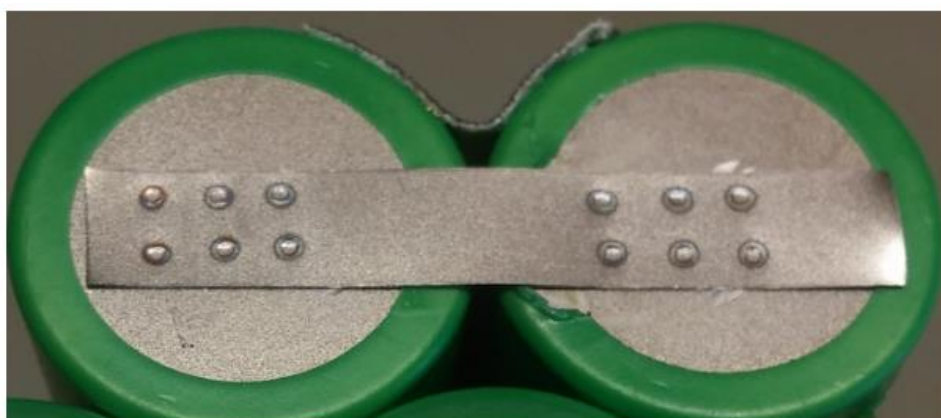
### **Akumulátor**

Pro napájení motoru a celé řídicí elektroniky jednodolek jsou využívány moderní nabíjecí lithium-iontové baterie. Aktuálně jsou na trhu 2 nejpoužívanější typy těchto baterií, které jsou hojně využívány k napájení různých zařízení. Těmi jsou lithium-iontové baterie typu 18650 a novější typ 21700 různých výrobců. Jednotlivé články těchto baterií mají jmenovité napětí 3,6 V, při skladovacím nebo udržovacím stavu nabití. Tato hodnota je docílena nabitím akumulátoru na 40 % nebo méně jeho kapacity. Při plném nabití může toto napětí dosahovat cca 4,2 V na článek. Z těchto článků se vytváří takzvaný bateriový pack nebo akupack. Jednotlivé články se zde spojují do sériovo-paralelního zapojení, a to z důvodu dosažení požadované kapacity a požadovaného napětí. Pokud tedy chceme zvyšovat napětí musíme články spojovat sériově. Při tomto zapojení se nezvedá kapacita celkového akumulátoru. Při paralelním zapojení jednotlivých článků se zvyšuje celková kapacita spojených akumulátorů, ale nezvedá se napětí. Proto je nutné využít oba typy zapojení, aby bylo docíleno potřebných parametrů akupacku. Název nebo typ baterie zároveň značí rozměry daného článku. Akumulátory typu 18650 mají standardizovaný rozměr, který se v rámci tolerancí pohybuje kolem 18 mm na šířku a 65 mm na výšku. 21700 mají standardizovaný rozměr 21 mm na šířku a 70 mm na výšku, který se může lehce lišit v závislosti na daném výrobcu. Důvodem přechodu z akumulátorů 18650 na akumulátory typu 21700 je ten, že typ 21700 se dokáže vybijet při vyšších proudech a tím dodat více energie ve špičkovém zatížení například při prudké akceleraci.



Obrázek 3 Srovnání rozměrů akumulátorů 18650 vs 21700 [5]

Při spojování jednotlivých článků se používá takzvané bodování, kdy jsou jednotlivé kontakty článků propojeny vodivým niklovým páskem, který je ke každému kontaktu přivařen vlivem přechodového odporu mezi hroty bodovačky a niklového pásku. Tato metoda je využívána z důvodu možnosti poškození akumulátoru přehřátím při běžném pájení a také z důvodu automatizace výroby těchto akumulátorů.



Obrázek 4 Bodové svařování akumulátorů [5]

### ***Uložení akumulátoru v těle jednokolky***

K rozložení váhy se u jednokolky umísťují akumulátory na obě strany podél podélné osy. Díky tomu, že jsou akumulátory umístěny na obou stranách, je možné do těla umístit větší počet jednotlivých článků a tím dosáhnout větší kapacity než například u onewheel, kde je akumulátor umístěn pouze pod zadní nášlapnou plochou.



*Obrázek 5 Inmotion V13 uložení akumulátoru [6]*

Na obrázku číslo 5 je možné vidět uložení akumulátoru na levé straně stroje. Společně s jednotlivými články se zde nachází také jednotka BMS (battery management system).

### ***BMS – Battery management system***

Jedná se o jednotku, která se stará o kontrolu, nabíjení a podávání veškerých informací, které se týkají akumulátorů a jeho jednotlivých článků. Pro správné fungování akumulátoru je nutné, aby všechny jeho články měly přibližně stejné napětí, jinak by docházelo k rozbalancování akumulátoru a jeho následnému poškození. Jednotka BMS se stará o to, aby jednotlivé články měly stejné napětí a umí z článků s vyšším napětím odebrat toto přebytečné napětí a předat ho článku, který má naopak tuto hodnotu nižší. Dále jednotka komunikuje s řídicí elektronikou. Vzhledem k tomu, že zdraví jezdce a bezpečnost okolí závisí na spolehlivosti celkového systému, je nutné, aby spolu veškerá elektronika komunikovala. BMS předává informace ohledně napětí akumulátorů

řídící jednotce, která na základě dodaných hodnot vyhodnocuje, jaký je stav akumulátorů, jestli je možné stále podávat nejvyšší výkon, nebo je nutné tento výkon omezit a dát o tom vědět uživateli. Ve chvíli, kdy jednotka vyhodnotí, že akumulátor už není schopen podat maximální výkon, omezí například maximální rychlost jednokolky. Při nízké hladině nabití akumulátoru se zvyšuje riziko přetížení jednokolky a následného pádu jezdce a jeho zranění, případně poškození stroje a ohrožení okolí.

### **Rám**

Na rám jsou využívány různé materiály v závislosti na výkonnosti a určení konkrétní jednokolky. Mezi nejodolnější a zároveň nejtěžší jednokolky patří ty, které mají rám konstruovaný z kovu případně kovových trubek, ze kterých je vytvořena nosná konstrukce. Jedná se o velice pevnou a houževnatou konstrukci na úkor přidané hmotnosti. Hmotnost těchto strojů se může pohybovat i ke 40 kg. Příkladem takového stroje s trubko/kovovou konstrukcí je nový model firmy Learperkim Intelligent Technology Co. Veteran Sherman Max s váhou 39 kg a nosností 120 kg. Jedná se o jednu z nejodolnějších jednokolek na trhu.



*Obrázek 6 Veteran Sherman Max [7]*

Dále existují konstrukce z duralu. Dural označuje různé slitiny hliníku s příměsí hořčíku a mědi. Tyto slitiny jsou mimo jiné používány i v letectví. Dural má vysokou pevnost a tvrdost, ale je náchylný k oxidaci. Proto se používá chemický proces, který na povrchu vytvoří vrstvy oxidu hliníku. Tento proces se nazývá eloxování a je možné eloxovat do různých barev dle požadavku zadavatele. Rámy jednokolek z tohoto materiálu jsou lehčí než trubkové rámy a díky vhodné konstrukci se jim

tuhostně vyrovnají. Mezi jednokolky, u kterých konstruktéři využili těchto materiálů, můžeme zařadit například stroj od firmy Inmotion V12. Tato jednokolka má pouze vnitřní rám a vnější konstrukci tvoří plastové kryty, které chrání akumulátory a elektroniku.



*Obrázek 7 Inmotion V12 [8]*

Dalším příkladem využití duralových prvků v konstrukci vnějšího ochranného rámu je Inmotion V13 Challenger, ale vzhledem k velikosti se zde nedá mluvit o úspoře hmotnosti, která činí cca 64 kg.



*Obrázek 8 Inmotion V13 Challenger [3]*

## **Řídící jednotky**

Řídící elektronika v jednokolkách slouží nejen k regulaci rychlosti jako u elektrokol nebo elektrokoloběžek, řízení celého systému je zde mnohem složitější. Vzhledem k absenci 2 opěrných bodů se musí elektronika postarat o udržení rovnováhy stroje s jezdcem v podélném směru. Jednotky se skládají z několika komponent.

Hlavní řídicí funkci zastává mikroprocesorový čip, který zpracovává všechny informace, které jsou mu dodány a vysílá signály do motoru tak, aby došlo k požadovaným akcím.

Digitální gyroskopy, které dodávají informace o tom, v jaké poloze se jednokolka nachází. Pokud chce jezdec stojící na náslapech zrychlit, musí se naklonit dopředu. Tento pohyb způsobí naklonění celého stroje ve směru jízdy. Tuto změnu zaznamenají gyroskopy a předají o ní informaci mikroprocesoru, který dá povel motoru, aby zvýšil otáčky a tím vyrovnal klonění stroje do vodorovné polohy. Při brzdění se jezdec nakloní dozadu. Tento pohyb je opět zaznamenán gyroskopy a mikroprocesor pošle informaci směrem k motoru, aby začal zpomalovat.

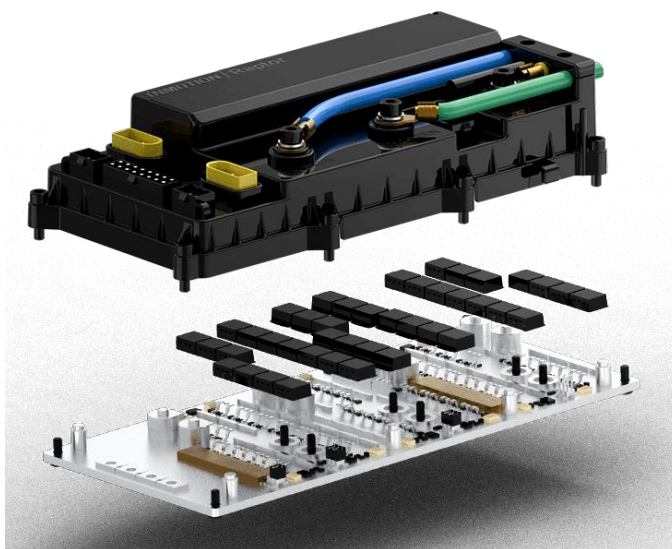
Hallův senzor slouží ke zjišťování polohy motoru a také měření jeho otáček. Je to jediný snímač, který dává mikroprocesoru informaci o rychlosti otáčení motoru. Při akceleraci by jednokolka bez hallova senzoru pořád zrychlovala, senzor zaznamená rychlost otáčení a pošle tuto informaci do mikroprocesoru, který pošle signál do tranzistorů/mosfetů, které vysílají pulzní signály do motoru a tím umožňují regulaci jeho rychlosti. Při selhání tohoto senzoru dojde k takzvanému „cut out“ případně „cut off“, což je v uvozovkách bezpečnostní funkce, kdy je motor odpojen a zastaven. Pokud dojde k selhání za jízdy, dojde prakticky nevyhnutelně k pádu jezdce. U některých strojů se používá redundantní řešení, které spočívá v použití 2 hallových senzorů. Pokud dojde k selhání jednoho senzoru, druhý je schopen ho zastoupit a dodat potřebné informace mikroprocesoru. Na obrázku 9 je možné vidět umístění hallova senzoru uvnitř motoru jednokolky S22 Pro.





Obrázek 9 Motor S22 Pro a umístění hallova senzoru [9]

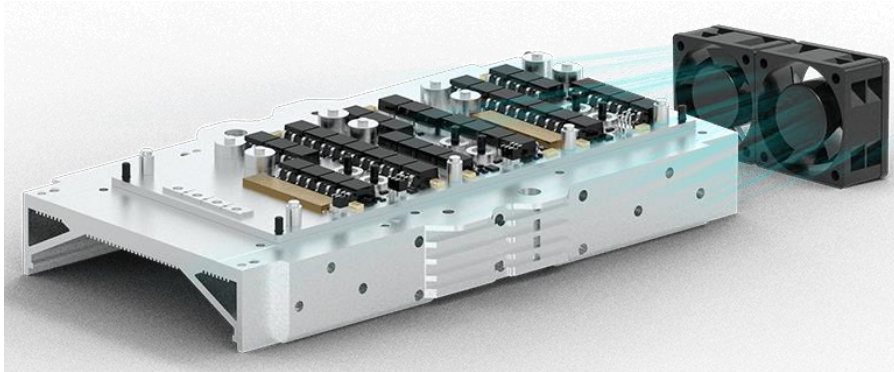
Mosfet je typ tranzistoru, který dokáže zvládat velké zátěže, kterých je u jednokolek dosahováno při prudké akceleraci. V moderních řídicích jednotkách můžeme nalézt několik desítek mosfetů, které slouží právě k řízení motoru při velkém zatížení. Příkladem takové řídicí jednotky je jednotka na obrázku 10 ze stroje Inmotion V13 Challenger, která obsahuje 42 mosfetů.



Obrázek 10 Inmotion V13 řídicí elektronika [10]

S velkým výkonem a přenášenými vysokými proudy je potřeba počítat i v kabeláži. Proto jsou v jednokolkách používány silové kabely, které jsou pro tyto proudy dimenzovány. V jednotce Inmotion V13 Challenger jsou použity vodiče 8 AWG, což je označení pro průměr kabelu 3,26 mm

s maximální zátěží 180 A. Při dlouhodobém zatěžování veškeré elektroniky dochází k jejímu zahřívání, z toho důvodu potřeba zajistit dostatečné chlazení, aby nedocházelo k úbytku výkonu způsobenému ochrannými obvody nebo softwarovou ochranou, která omezí maximální výkon. Pro chlazení jsou využívány jak pasivní chladiče, tak i aktivní chlazení pomocí ventilátorů. Na obrázku 11 je možné vidět velký pasivní hliníkový chladič v kombinaci s aktivním chlazením dvěma ventilátory.



Obrázek 11 Inmotion V13 chlazení [11]

### **Displej**

Původně byl displej určen pouze pro předávání informací mezi strojem a jezdcem. V tom případě displej ukazoval parametry jako aktuální stav baterie, aktuální rychlost a případně maximální dosažené hodnoty během konkrétní jízdy. U novějších jednokolek se však začaly používat dotykové displeje, které umožňují jezdcovi stroj plně ovládat. Lze nastavovat různé režimy podle zkušenosti jezdce, maximální rychlost a jiné. K tomuto nastavení, případně vedení statistiky, také může sloužit propojení s chytrým mobilním telefonem pomocí aplikace. Ta dává uživateli podrobnější informace o stroji a ukládá do uživatelského profilu statistiky z jízd. Displej také může informovat jezdce o dosažení maximální rychlosti spolu se zvukovým alarmem ve formě pípání. Dále displej umožňuje uzamčení a odemčení stroje pomocí několikamístného číselného kódu.



Obrázek 12 Inmotion V12 displej [12]

### Ráfek/kolo

Ráfek je součástí motoru, není ho tedy možné nahradit jiným, například odlehčeným jako u jízdních kol. Ráfek je nejčastěji vyroben opět ze slitiny hliníku a dalších příměsí.



Obrázek 13 Inmotion V13 ráfek [13]

### Duše

Většina jednokolek jsou továrně vybaveny duší, která vyplňuje prostor mezi ráfkem a pneumatikou. Jedná se o stejný systém jako je využíváný u jízdních kol. Jelikož je ráfek součástí motoru, je složitější její výměna a je nutné rozebrat celou jednokolku. Stejně jako u jízdních kol, lze provést přestavbu na bezdušový systém. Výhoda bezdušového systému spočívá v tom, že není náchylný na propíchnutí cizími předměty. Pokud dojde ke vniknutí ostrého předmětu přes plášť, je v prostoru mezi ráfkem a pneumatikou tzv. mléko, které tuto díru vyplní a zacelí.

## **Pneumatika**

V závislosti na rozměru kola je možné využít stejných pneumatik jako u některých motocyklů s menšími koly. U větších modelů se používají 16" až 20" pneumatiky, které se využívají i na některých typech motocyklů. Jelikož se jedná o standardní rozměr pneumatik, uživatel má možnost přizpůsobit si jednokolku svým potřebám. Pro jízdu na pozemní komunikaci může zvolit jemnější vzorek nebo pro jízdu terénem naopak zvolit hrubý terénní vzorek pro lepší „grip“ na nezpevněném podkladu. K zvýšení adheze se v některých případech dá využít podhuštění pneumatiky, aby vznikla větší plocha, kterou přichází jednokolka do styku s povrchem, po kterém se pohybuje. Tento způsob pak umožňuje vyjíždění svahů s velkým sklonem (45°).



*Obrázek 14 Pneumatika pro jednokolky [14]*

## **Tlumič/Odpružení**

U vyšších a dražších modelů můžeme nalézt také tlumiče, které slouží nejen pro komfort jezdce, ale také pro dosažení maximální přilnavosti pneumatiky k vozovce nebo jinému terénu, po kterém se jezdec pohybuje. Často se používají stejné tlumiče jako u jízdních kol. Jedná se o olejopneumatické tlumiče, které využívají olej a plyn, nejčastěji dusík. Jejich nastavení umožňuje upravit tlumič na váhu a potřeby daného jezdce. Mezi nastavitelné parametry těchto tlumičů patří odskok, komprese, tlak a předepnutí pružiny. V některých jednokolkách se setkáme se vzduchovými tlumiči, které dle mých zkušeností nedosahují takového komfortu jako zmíněné olejopneumatické tlumiče. Jejich další nevýhodou je to, že nejsou samonosné, a je potřeba je kombinovat s dalším typem pojezdů, po kterých odpružená část vykonává pohyb v ose z.



Obrázek 15 King Song KS-S18 tlumič [15] [16]

### **Osvětlení**

Z hlediska bezpečnosti se jedná o nutný doplněk jednokolek. Na přední straně se nachází silné bílé LED, které osvětlují prostor ve směru jízdy. Na zadní straně jednokolky se nachází většinou červené světlo, které informuje ostatní účastníky provozu o přítomnosti jezdce na jednokolce a díky chytré elektronice dokáže při brzdění například blikat nebo zvýšit svoji intenzitu. V některých případech se lze setkat také se směrovými ukazateli, které se spínají samy při zatáčení za pomoci řídicí elektroniky a gyroskopů.



Obrázek 16 Inmotion V13 Challenger osvětlení [17]

### **Powerpady**

Slouží pro lepší oporu nohy a jedná se tak o nedílnou součást jednokolek, pokud se chce jezdec cítit bezpečně při vyšších rychlostech a docílit lepšího ovládání jednokolky. Většinou se jedná o produkty třetích stran nebo díly vytvořené na 3D tiskárně. Powerpady se umísťují na boky jednokolky. Dělí se na několik variant, podle typu umístění a účelu. Přední powerpady slouží ke kontrole při akceleraci. Zadní powerpady slouží k umožnění prudkého brzdění při vysokých rychlostech. Jumpsy umožňují jezdcům vyskočit s celou jednokolkou nebo alespoň jednolku odlehčit a jednokolka je tak schopna vyskočit případně díky tomu překonat i větší nerovnosti, jako

jsou obrubníky a jiné. Při vhodném umístění powerpadů na jednokolce je ovládání i celkový pocit bezpečí mnohem vyšší než bez nich.



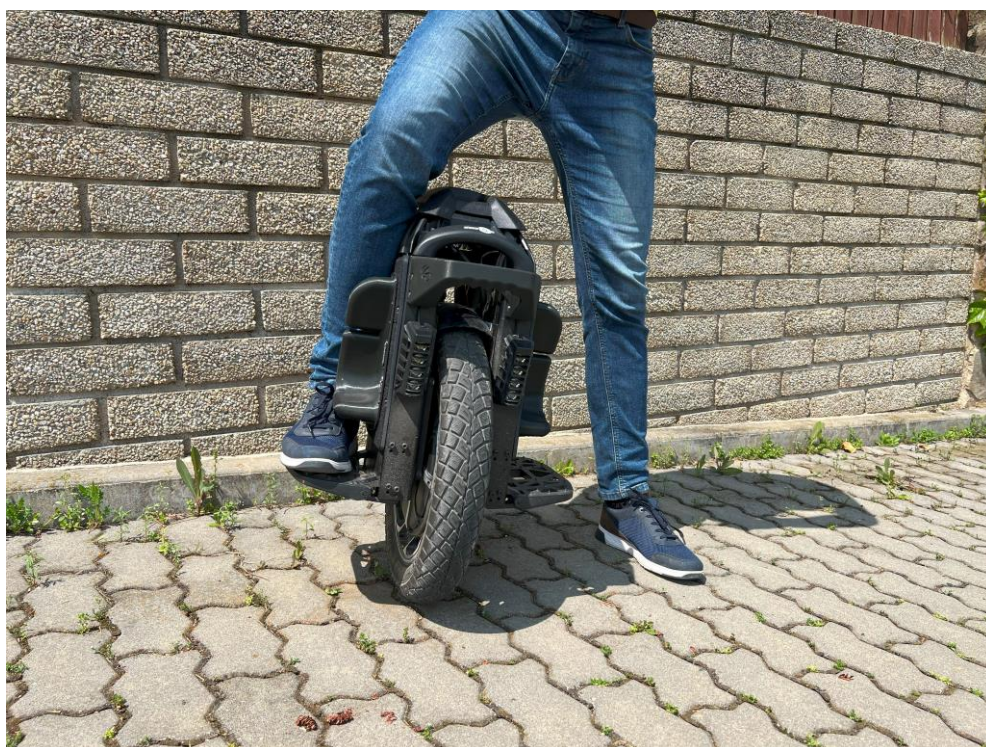
Obrázek 17 Umístění powerpadů na jednokolce Kingsong S22 Pro [9]

## 2.2.2 Princip jízdy na jednokolce

Jízda na jednokolce může vypadat na první pohled složitě. Je zde základní princip, který musí člověk pochopit a pak už záleží pouze na jeho schopnostech a dovednostech, jak rychle se v jízdě na jednokolce zdokonalí. Jednokolka jako taková drží rovnováhu v podélné ose. V příčné ose, podobně jako na kole, musí jezdec držet rovnováhu sám. Ovládání je pak intuitivní. Při pohybu vpřed musí jezdec přenést váhu dopředu ve směru jízdy. Při brzdění musí naopak jezdec přenést váhu směrem dozadu. S jakým zrychlením bude jednokolka zrychlovat případně zpomalovat, se odvíjí od množství přenesené váhy. Pokud tedy chceme akcelarovat rychle, je nutné přenést většinu váhy směrem vpřed a obráceně. Zde je důležité znát limity stroje a důvěřovat mu. V extrémních případech může dojít k přetížení stroje a následnému pádu.

## ***Nastupování***

Při nastupování na jednokolku si jezdec stroj přidržuje buď rukou, nebo jednou nohou, kterou má již umístěnou na nášlapu. To je možné díky tomu, že jednokolka drží rovnováhu v podélné ose, takže umístění nohy proběhne tak, že si jezdec postaví zapnutou jednokolku na zem, přidrží si ji rukou ve vzpřímené poloze a na pravý nášlap se postaví pravou nohou. Druhou nohu má stále na zemi. Následuje nejkritičtější okamžik, kdy je potřeba se odrazit nohou, která je na zemi, uvést jednokolku do pohybu a následně umístit druhou nohu na nášlap. Nastupování je jeden z nejsložitějších úkonů, které je potřeba si dobře osvojit, aby jezdec zvládal nastupování i ve složitých situacích, jako je například nastoupení na semaforu.



*Obrázek 18 Nastupování na jednokolku [9]*



*Obrázek 19 Umístění druhé nohy na nášlap [9]*

### **Akcelerace a brzdění**

Na jednokolce jede jezdec čelem vpřed. Špičky nohou směřují do směru jízdy. Zrychlování je prováděno tak, že jezdec přenese svoji váhu dopředu ve směru jízdy. Přenos váhy může proběhnout několika způsoby. První varianta je ta, že se jezdec celý předkloní. Druhou variantou je zapření se koleny do powerpadů a vytvoření tak tlaku na přední část jednokolky. Tuto změnu těžiště zaznamenají gyroskopy a jednokolka se snaží vyrovnávat tím, že začne zrychlovat. U Brzdění je možné přenést váhu na paty nebo se zapřít o powerpady, pokrčit kolena do 90 stupňů a celou svoji váhu přenést mimo těžiště jednokolky. Tím je docíleno nejúčinnějšího brzdění.





Obrázek 20 Dva způsoby akcelerace [9]



Obrázek 21 Dva způsoby brzdění [9]

### **Zastavení**

Při zastavení je nutné dodržovat několik základních pravidel. Je nutné dávat nohu z nášlapu až při nízké, téměř nulové rychlosti, jinak může dojít k pádu jezdce. Jezdec pomocí brzdění zpomalí jednokolku do nulové rychlosti a připraví se na sestoupení. Jakmile je připraven sesednout, dá jednu nohu z nášlapu na zem. Jednokolku může dále přidržovat na místě nohou nebo ji může chytit rukou.

### **Zatáčení**

Zatáčení na jednokolce lze provádět několika způsoby. První způsob je tlačáním do pedálů a nakláněním celé jednokolky ve směru zatáčení. Jezdec přenesení více váhy na nohu ve směru, ve

kterém chce zatáčet. Dojde k naklonění jak jezdce, tak celé jednokolky, ve směru zatáčení a projetí požadovaného oblouku. Druhou variantou je přenesení váhy jezdce mimo těžiště jednokolky, ale jednokolku se jezdec snaží udržet v kolmé poloze k zemi. Částečně se jedná o motorkářský oblouk, ale nedochází zde k takovému naklonění stroje.

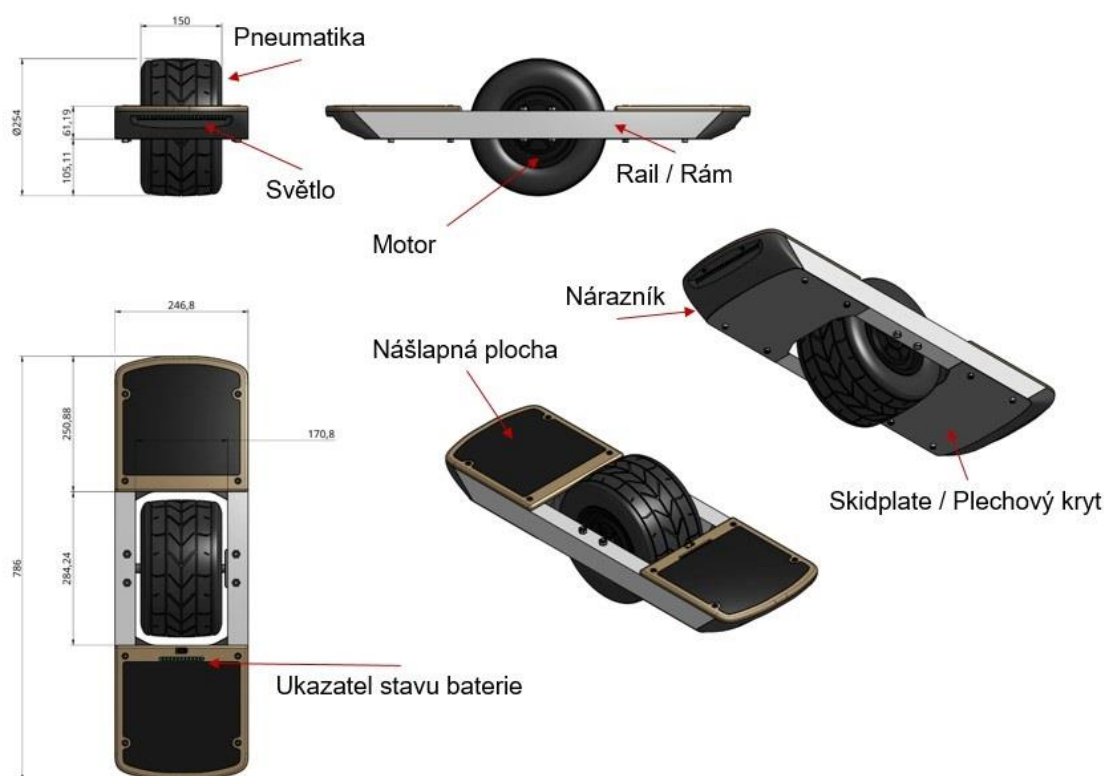


*Obrázek 22 Dva způsoby zatáčení [9]*

## 2.3 ONEWHEEL

Ačkoliv se dle doslovného překladu jedná o jednokolku, je potřeba si ujasnit, že Onewheel je značka, která vyrábí jednokolové přepravníky s jménem onewheel, a proto je nutné rozlišovat onewheel a jednokolky. Zatímco na jednokolce jede jezdec čelem vpřed, na onewheel stojí jezdec podélně, podobně jako na snowboardu nebo skateboardu. Velikostí i tvarem připomíná klasický skateboard.

### 2.3.1 Konstrukce



Obrázek 23 Konstrukce onewheel [18]

#### **Motor**

Speciální „wheel hub“ motor, který byl vyvinut přímo pro Onewheel. Motor zároveň tvoří ráfek samotného kola a pneumatika je umístěna přímo na něm. HyperCore, jak motor nazývají, používají u všech svých modelů. Má výkon 750 W, což jej řadí k nejméně výkonným motorům mezi jednokolovými dopravními prostředky.



Obrázek 24 HyperCore motor [19]

### **Brzdy**

Stejně jako u jednokolek, tady není možné vzhledem ke konstrukci a principu fungování onewheel, umístit mechanické brzdy a brzdění je prováděno jen rekuperací. Popis funkce brzdění je v kapitole [2.2.1 Brzdy](#).

### **Akumulátor a jeho uložení v těle onewheel**

Onewheel využívá novějšího typu článků, kterými jsou 21700 lithium-iontové články. Tyto články dokáží podat vyšší výkon a stabilitu při vrcholovém zatížení. Princip skladby akumulátorů je popsán v kapitole [2.2.1 Akumulátor](#)



Obrázek 25 Onewheel akumulátor [20]

Akumulátor je v těle onewheel uložen pod zadní nášlapnou plochou. Místo pro akumulátor je tedy výrazně limitováno prostorem oproti jednokolkám, proto není možné dosáhnout stejné kapacity jako u jednokolek. Od kapacity akumulátoru se odvíjí dojezd stroje.

## **BMS**

BMS je jednotka, která řídí jednotlivé články akumulátoru a podává informace řídicí elektronice/jednotce. Více o BMS je možné najít v kapitole [2.2.1 BMS](#).

## **Rám**

V technologii rámu je největší rozdíl oproti jednokolkám, protože rám onewheel tvoří pouze dva hliníkové profily, které jsou umístěny po bocích. Jedná se nejčastěji o profily z duralu. Je možné využít i jiné materiály, ale kvůli ušetření hmotnosti je vhodné zvolit co nejlehčí.



Obrázek 26 Profil rámu onewheel [21]

## **Madlo**

Jelikož je onewheel mnohem lehčí a kompaktnější než jednokolky, konstruktéři do jeho těla zabudovali madlo, za které je možné onewheel ve vypnutém stavu přenášet. Madlo má v sobě zabudované magnety, aby při jízdě drželo v poloze a nezavazelo jezdci. Je vyrobeno ze slitiny hliníku a jeho povrch je pogumovaný pro větší komfort uživatele.



Obrázek 27 Onewheel madlo [22]

## **Řídicí elektronika**

Řídicí elektronika je opět podobná té jako u jednokolek. Do celého systému však přibyl tlakový senzor, který informuje řídicí jednotku o tom, že je jezdec přítomen na vozidle. Tento prvek

v sobě však skrývá jednu z nejproblémovějších částí celého onewheel. Objevují se případy, kdy dochází k takzvanému „ghost riding“, při kterém dochází k samovolné nekontrolované jízdě onewheel. V tu chvíli se jedná o nekontrolovaný objekt, pohybující se i 30kilometrovou rychlostí, dokud se o něco nezastaví. Dochází tak k ohrožení ostatních účastníků provozu a vznikají případné újmy na zdraví nebo škody na majetku.

### **Přenos informací k uživateli**

Vzhledem k malým rozměrům těchto strojů, není možné někam bezpečně umístit displej tak, aby byl čitelný a nehrozilo mu poškození. Za přední nášlapnou plochou se nachází „lightbar“, který informuje jezdce o aktuálním stavu nabití akumulátoru. Onewheel zabudoval do elektroniky Bluetooth modul a vytvořil aplikaci, se kterou se onewheel spáruje a lze nastavovat, případně informuje uživatele o statistikách. Jako sekundární displej lze využít chytré hodinky a mít za jízdy přehled například o rychlosti.



Obrázek 28 Onewheel aplikace [23]

### **Ráfek**

U onewheel se nedá mluvit o pojmu ráfek, protože pneumatika je obuta přímo na motor. Oproti pneumatikám, které se používají u jednokolek, je ta na onewheel mnohem širší. Tím zajišťuje větší stabilitu v příčné ose a pro jezdce není tak složité udržet rovnováhu.



Obrázek 29 Pneumatika na Hyper Core motoru [24]

### Pneumatika

Jedná se o motokárovou pneumatiku, která je bezdušová. Samotný Onewheel nabízí 3 různé typy pneumatik, avšak jelikož se jedná o pneumatiky hojně využívané v motokárovém sportu, je možné sehnat pneumatiky různých značek a různých vzorů nebo profilů. Vzhledem k šířce pneumatiky, je na onewheel jednodušší držet stabilitu v příčném směru. Rozměry pneumatiky jsou 28 cm v průměru, šířka 15,24 cm.



Obrázek 30 Onewheel typy pneumatik [25]

## **Odpružení**

Samotný výrobce v konstrukci neuvažoval o implementaci mechanického odpružení, ale firma KillGuards vytvořila systém odpružení, které je možné namontovat do těla onewheel. Na výběr má hned z několika typů tlumičů v různé cenové relaci. Dražší tlumiče umožňují nastavení odskoku. Tlumiče umožní jezdcí projet i náročnější terén, zde však nastává otázka, jestli 750W motor je na toto zatížení stavěný. Onewheel je primárně určen pro jízdu po hladkých površích, bez větších překážek nebo nerovností.



*Obrázek 31 Tlumiče pro onewheel [26]*

## **Osvětlení**

Na přední straně jsou umístěny LED bílé barvy, které osvětlují prostor ve směru jízdy a zároveň upozorňují ostatní účastníky na přítomnost jezdce. Na zadní straně jsou LED červené barvy, takže onewheel splňuje předpisy, které stanovují, že vozidlo musí být označeno zepředu bílým a zezadu červeným světlem.





Obrázek 32 Osvětlení Onewheel [27]

### 2.3.2 Princip jízdy na onewheel

#### ***Nastupování***

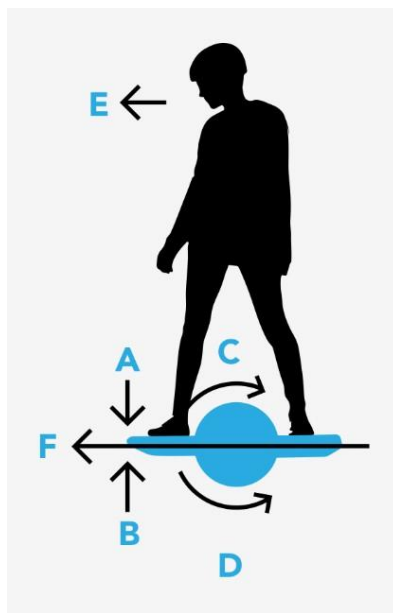
Na onewheel stojí jezdec rameny podélně s osou pohybu a špičkami bot směřuje na levou nebo pravou stranu stroje. Při nastupování je zadní část onewheel na zemi. Na tuto část jezdec umístí nohu jako první. Následně se přední nohou postaví na přední část a pomalu ji skloní do vodorovné polohy. Tlakový senzor, který je umístěn v přední nášlapné ploše detekuje přítomnost jezdce a zapne vyvažování. Je potřeba mít umístěnou nohu na celé ploše nášlapné plochy.



Obrázek 33 Stand by poloha onewheel [9]

### **Akcelerace a brzdění**

Jakýkoliv manévr je na samovyvažovacích strojích proveden přenášením váhy dopředu nebo dozadu, ze špičky na patu a obráceně. Při akceleraci je nutné přenést váhu na přední nohu jezdce. Tento pohyb je zaznamenán gyroskopy, které se pomocí zvýšení výkonu snaží vyrovnat vodorovnou polohu a tím dojde ke zrychlení. Působení jednotlivých sil je znázorněné na obrázku 33. Při přenášení váhy se zvyšuje působící síla A. Gyroskopy zaznamenají změnu a zvýší otáčky motoru. Tím se zvětší točivý moment D, díky kterému se přední část začne vracet do vodorovné polohy díky zvětšení síly B. Po vyrovnání jezdec pokračuje konstantní rychlostí.



Obrázek 34 Působící síly na onewheel [28]

Naopak při brzdění je jezdcem zvyšována síla B. Onewheel se snaží dostat do vodorovné polohy tím, že začne zpomalovat a tím zvyšuje působící sílu A.

### **Zastavení**

Zastavení je dalším krokem po brzdění. Jak již bylo zmíněno v konstrukci, na přední nášlapné ploše se vyskytuje tlakový senzor, který zaznamenává přítomnost jezdce. Při zastavení je nutné dosáhnout prakticky nulové rychlosti a přední nohou stát na tlakovém senzoru pouze špičkou nohy na několik vteřin. Následně dojde k vypnutí samovyvažování a jezdec může sestoupit. Druhou možností, jak zastavit, je seskočením oběma nohama zároveň v nulové rychlosti. Zde nastává riziko, že onewheel může kousek popojet bez přítomnosti jezdce. Jedná se však o velmi malou vzdálenost při nízké rychlosti.

### **Zatáčení**

Zatáčení je prováděno přenášením váhy ze špičky na patu a obráceně. Záleží na jezdcí, kterou nohu preferuje mít na přední nášlapné ploše. Od umístění levé nebo pravé nohy se odvíjí směr zatáčení. Pokud je zvolena pravá noha jako přední, začne onewheel zatáčen na levou stranu při přenesení váhy na špičky a obráceně. Toto chování je stejné jako na skateboardu nebo snowboardu.



*Obrázek 35 Princip zatáčení na skateboardu [29]*

Na Obrázek 35 je možné vidět přenesení váhu na špičky. Díky tomu dojde k naklonění celé desky ve směru zatáčení a částečnému natočení pegů přední osy, které jsou uloženy na pružných silentblocích, které jim umožňují omezený pohyb a napomáhají při zatáčení.

## 2.4 PRÁVNÍ ÚPRAVA

### 2.4.1 Česká právní úprava

Problematikou provozu osobních přepravníků se zabývá zákon o provozu na pozemních komunikacích 361/2000 Sb.

V paragrafu 2, písmeno nn je zaveden pojem osobní přepravník se samovyvažovacím zařízením, nebo obdobné zařízení. [30]

Tento pojem vychází zřejmě z historie, kdy elektrické přepravníky začínaly a jako první zde byla vozítka Segway. Ty ovšem nelze srovnávat s dnešními stroji, které jsou několikanásobně menší, lehčí a dostupnější.

Užívání osobního přepravníku je zpracováno v paragrafu 60a.

#### **Paragraf 60a**

Užívání osobního přepravníku

(1) Na osobním přepravníku se samovyvažovacím zařízením nebo obdobném technickém zařízení (dále jen „osobní přepravník“) se lze na chodníku, stezce pro chodce, stezce pro chodce a cyklisty nebo na odděleném pruhu pro chodce na stezce pro chodce a cyklisty nebo na pěších a obytných zónách pohybovat nejvýše rychlostí srovnatelnou s rychlostí chůze. Pro přejíždění vozovky na osobním přepravníku se § 54 odst. 2 až 4 použijí obdobně. Je-li blíže než 50 m křižovatka s řízeným provozem nebo přechod pro chodce, smí osoba na osobním přepravníku přejíždět vozovku jen na těchto místech. Pro přejíždění železničního přejezdu na osobním přepravníku se § 55 použije obdobně. [30]

Zde se paragraf odkazuje na paragraf 54 odstavec 3, ve kterém je popsáno kdy a jak smí chodec přecházet vozovku. Nutné je zde podotknout, že tady je jezdec na jednokolce brán jako chodec. Byl zaveden termín „rychlost chůze“. K tomuto termínu však není přiřazena konkrétní hodnota. Standardní rychlost je zhruba 4–5 km/h, avšak když člověk spěchá, může docílit rychlosti i 7 km/h. Z hlediska rychlostí, které dosahují jednokolky, nemá v takovém případě význam se pohybovat po chodníku.

(2) Pro užití jízdního pruhu vyhrazeného pro cyklisty, stezky pro cyklisty nebo odděleného pruhu pro cyklisty na stezce pro chodce a cyklisty osobou na osobním přepravníku se § 57 odst. 2, 3 a 8 a § 73 použijí obdobně. [30]

Zde se paragraf odkazuje na paragraf 57, který se zabývá problematikou Jízdy na jízdním kole. Odstavec 2 hovoří o tom, že na pozemní komunikaci se na jízdním kole jezdí při pravém okraji vozovky. Odstavec 3 říká, že cyklisté smějí jet jen jednotlivě za sebou. Odstavec 8 řeší problematiku přejezdů pro cyklisty. Zde je tedy jezdec na jednokolce brán jako cyklista.

(3) Kde není chodník, stezka pro chodce, stezka pro chodce a cyklisty, jízdní pruh vyhrazený pro cyklisty nebo stezka pro cyklisty nebo kde je chodník neschůdný, smí se osoba na osobním přepravníku pohybovat po levé krajnici nebo co nejbližší při levém okraji vozovky. Osoby na osobním přepravníku se v takovém případě smí pohybovat jen jednotlivě za sebou; § 53 odst. 9 se použije obdobně. [30]

Zde se odkazuje paragraf na paragraf 53 který zavádí zvláštní ustanovení pro chůzi, jízdu nemotorových vozidel, jízdu na zvířeti a vedení a hnaní zvířat. Konkrétně na odstavec 9:

Pohybuje-li se chodec mimo obec za snížené viditelnosti po krajnici nebo po okraji vozovky v místě, které není osvětleno veřejným osvětlením, je povinen mít na sobě prvky z retroreflexního materiálu umístěné tak, aby byly viditelné pro ostatní účastníky provozu na pozemních komunikacích. [30]

Zde se může jezdec na osobním přepravníku pohybovat po levém okraji vozovky. Tedy je brán jako chodec na pozemní komunikaci.

(4) Osoba na osobním přepravníku nesmí na chodníku, stezce pro chodce, stezce pro chodce a cyklisty, jízdním pruhu vyhrazeném pro cyklisty nebo stezce pro cyklisty nebo na pěších a obytných zónách ohrozit chodce nebo cyklisty. Při přejíždění vozovky na osobním přepravníku se § 5 odst. 2 písm. f) až h) použijí obdobně. [30]

Zde se odstavec odkazuje na paragraf 5 odstavec 2, který řeší problematiku

(5) Obec může nařízením vymezit na svém území místa, kde je provozování osobního přepravníku na chodníku, stezce pro chodce, stezce pro chodce a cyklisty, na odděleném pruhu pro chodce na stezce pro chodce a cyklisty, na pěších a obytných zónách nebo vozovce zakázáno. [30]

(6) V případě vymezení území místa, kde je provozování osobního přepravníku na chodníku, stezce pro chodce, stezce pro chodce a cyklisty, na odděleném pruhu pro chodce na stezce pro

chodce a cyklisty, na pěších a obytných zónách nebo vozovce zakázáno, je obec povinna vyznačit území dopravní značkou. [30]

(7) Zákaz provozování osobního přepravníku uložený nařízením obce se nevztahuje na Policii České republiky a obecní policii při plnění jejich povinností; osoba užívající osobní přepravník je však povinna neohrozit bezpečnost a plynulost na pozemních komunikacích. [30]

Je zřejmé, že právní úprava ještě zdaleka nemá podchycené tyto nové technologie, které jsou v rozmachu a nemá přesně stanoveno, jak je jezdec na jednokolce z hlediska zákona specifikován.

## **2.4.2 Slovenská právní úprava**

Právní úpravou týkající se jednokolek se zabývá vyhláška 134/2018 Z. z.

### **§ 35 Samovyvažovací vozidla a jiná vozidla**

Samovyvažovací vozidla mohou být provozována v silničním provozu, pouze pokud je zaručena jejich vysoká míra bezpečnosti v silničním provozu. Tato vozidla musí být vybavena takovou reflexní úpravou povrchu nebo svítidly, nebo obsluhující osoby těchto vozidel musí být vybaveny takovými reflexními nebo odrazovými materiály umístěnými na oděvu, 46) že za hustého provozu nebo snížené viditelnosti jsou ostatním účastníkům silničního provozu nepřehlédnutelní.

Dále se touto problematikou zabývá zákon čj. 8/2009 Sb. Zákon o silničním provozu a o změně a doplnění některých zákonů

### **§ 55a Jízda na samovyvažovacím vozidle a na koloběžce s pomocným motorkem**

(1) Samovyvažovací vozidlo smí na silnici s výjimkou cestičky pro cyklisty, polní cesty, lesní cesty a obytné zóny řídit jen osoba starší 15 let.

(2) Řidič samovyvažovacího vozidla smí jezdit po pravé straně chodníku, cestičky pro chodce nebo průchodu pro chodce, jen neohrozí-li a neomezí chodce, přičemž nesmí překročit rychlost chůze.

(3) Řidič samovyvažovacího vozidla smí jezdit po pravé straně vyhrazeného jízdního pruhu pro cyklisty, cestičky pro cyklisty nebo průchodu pro cyklisty, jen neohrozí-li a neomezí cyklisty.

(4) Řidiči samovyvažovacích vozidel smějí jezdit jen jednotlivě za sebou. Řidič samovyvažovacího vozidla je povinen během jízdy oběma rukama držet řídítka s výjimkou případu, kdy dává znamení podle tohoto zákona, nesmí vést během jízdy psa ani jiné zvíře a vozit předměty, které by ztěžovaly řízení nebo ohrožovaly jiné účastníky silničního provozu. Na jednomístném samovyvažovacím vozidle není dovolena jízda více osobám.

(5) Na přejíždění řidiče samovyvažovacího vozidla přes silnici nebo přes vozovku se přiměřeně vztahuje § 53 nebo § 55 odst. 8. Povinnosti řidiče vůči chodci nebo cyklistovi platí i vůči řidiči samovyvažovacího vozidla a řidiči koloběžky s pomocným motorkem.

(6) Ustanovení o jízdě na samovyvažovacím vozidle platí i pro jízdu na koloběžce s pomocným motorkem.

V odstavci 4 je zmíněno, že řidič samovyvažovacího vozidla je povinen během jízdy držet říditka oběma rukama, tudíž je tento zákon zacílen na elektrické koloběžky a segway. Ovšem některá pravidla lze jednoduše uplatnit i v provozu jednokolek.

### **2.4.3 Dánská právní úprava**

Právní úprava, která se zabývá právní úpravou týkající se samovyvažovacích přepravníků se nazývá Prohlášení o zkušebním schématu pro samovyvažovací vozidlo a motorizovaný skateboard.

#### ***Obecná ustanovení pro zkušební schéma***

§ 3. Samovyvažovací vozidlo a motorizovaný skateboard musí mít označení CE, viz prováděcí nařízení o vybavení atd. strojů pro použití v experimentálním schématu.

§ 4. Pravidla silničního zákona, která se vztahují na jízdní kola a cyklisty, se vztahují na samovyvažovací vozidla a motorové skateboardy a jízdu se samovyvažovacími vozidly a motorovými skateboardy, viz však §§ 5-14 a § 15 odst. 2. [31]

#### ***Hmotnost a rozměry***

§ 5. Samovyvažovací vozidlo a motorizovaný skateboard musí mít hmotnost nejvýše 25 kg.

§ 6. Samovyvažovací vozidlo a motorizovaný skateboard musí mít maximální délku 1,2 m a šířku 0,70 m. [31]

#### ***Doprava, spojení atd***

§ 7. Na samovyvažovacím vozidle nebo motorovém skateboardu nesmí být přepravována žádná jiná osoba než řidič. K vozidlu nesmí být připojen žádný přívěs nebo postranní vozík. [31]

§ 8. Minimální a maximální hmotnost pro použití samovyvažovacích vozidel a motorových skateboardů stanovená výrobcem nebo jeho zástupcem musí být vždy dodržena. [31]

#### ***Světla a reflektory***

§ 9. Při jízdě musí být samovyvažovací vozidlo a motorový skateboard nebo řidič vozidla vybaven alespoň jedním předním světlem vyzařujícím bílé nebo žluté světlo a alespoň jedním

zadním světlem vyzařujícím červené světlo. Přední a zadní světla musí vydávat světlo, které je jasně viditelné na vzdálenost nejméně 300 metrů. Přední a zadní světla mohou vydávat blikající světla, pokud je frekvence blikání alespoň 120 záblesků za minuta. [31]

PCS. 2. Při jízdě na motorovém skútru požadovaná světla, viz pododdíl 1, je zachována.

PCS. 3. Kromě světel uvedených v pododdíle 1, samovyvažovací vozidlo a motorizovaný skateboard mohou být vybaveny jinými světly. Tato světla musí vyzařovat pouze bílé nebo žluté světlo a nesmí směřovat dozadu. [31]

PCS. 4. Světla nesmí oslňovat ostatní provoz.

§ 10. Za jízdy musí být samovyvažovací vozidla a motorové skateboardy nebo řidič vybaven alespoň jedním bílým reflexním zařízením viditelným zepředu, alespoň jedním červeným reflexním zařízením viditelným zezadu a alespoň jedním žlutým nebo bílým reflexním zařízením, které je viditelné z obou stran. [31]

PCS. 2. Odrazky pro použití v samovyvažovacích vozidlech a motorových skateboardech mohou být uváděny na trh a prodávány pouze tehdy, pokud splňují požadavky na odrazky v objednávce na vybavení a vybavení jízdních kol atd. [31]

### ***Dopravní pravidla***

§ 11. Samovyvažovací vozidlo a motorový skateboard smí jet pouze na úsecích vozovky, kde je cyklostezka, a v těchto případech musí jet po stezce pro cyklisty, srov. 2.

PCS. 2. Samovyvažovací vozidla a motorové skateboardy mohou jezdit na úsecích silnice v hustší zástavbě, kde není vytyčena cyklostezka, pokud je pro ně stanovena rychlostní omezení nejvýše 50 km za hodinu. dotyčný protáhnout. [31]

### ***Požadavek na věk***

§ 12. Samovyvažovací vozidlo a motorový skateboard mohou řídit pouze osoby, které dosáhly věku 15 let, srov. 2. [31]

PCS. 2. Samovyvažovací vozidlo a motorový skateboard mohou používat osoby mladší 15 let, pokud řízení probíhá pod dohledem a kontrolou dospělé osoby nebo pokud se řídí pouze ve vyznačených hracích a obytných prostorách. [31]

### ***Řízení pod vlivem alkoholu a řízení pod vlivem látek ovlivňujících mysl, nemoci atd***

§ 13. § 53 a 54 zákona o silničním provozu, odst. 1 a 2, platí pro řidiče samovyvažovacího vozidla a motorového skateboardu. [31]



### ***Odškodnění a pojištění atd***

§ 14. U samovyvažovacích vozidel a motorových skateboardů jsou ustanovení o závazcích Dánské asociace pro mezinárodní pojištění motorových vozidel jako garančního fondu ve vztahu ke škodám způsobeným nepojištěnými vozidly v § 22 odst. 3-6, dále § 23 a § 24 prováděcí vyhlášky o pojištění odpovědnosti z provozu motorových vozidel atd. aplikace. [31]

### ***Trest a vstup v platnost***

§ 15. Kdo poruší §§ 1, 2 a 3 a §§ 5-12, bude potrestán pokutou.

PCS. 2. Porušení § 53 a § 54 zákona o silničním provozu. 1 a 2, srovnej § 13 prováděcího nařízení, se trestají podle § 117c odst. 1, č. 1-3 a pododdíl 2.

§ 16. Příkaz nabývá účinnosti dnem 17. ledna 2019. [31]

## **2.4.4 Rakouská právní úprava**

Na oficiálních stránkách webových stránkách rakouské vlády jsou jednokolky definovány jako monorovery.

Monorovery (oxboardy, hoverboardy) jsou elektricky poháněná malá vozidla primárně určená pro použití v terénu. Platí pro ně stejné předpisy jako pro skateboardy. [32]

Segwaye jsou v zásadě považovány za elektrická kola. Pokud výkon Segway překročí 600 wattů nebo konstrukční rychlost překročí 25 km/h, jsou považovány za motorová vozidla a mohou být používány na veřejných komunikacích pouze tehdy, pokud byly schváleny a mají provozní povolení EU. [32]

Vzhledem k výkonu jednokolek by se měli řadit mezi kategorii segway. V tu chvíli jsou tato vozidla považována za motorová vozidla a mohou být používány na veřejných komunikacích pouze tehdy, pokud byly schváleny a mají provozní povolení EU. [32]

## **2.4.5 Německá právní úprava**

Jednokolka je typ vozidla, které německé právo nezná. Dosud nebyla zavedena do žádné kategorie vozidel, protože podle vyhlášky o udělování licencí pro silniční provoz a vyhlášky licencí pro vozidla, musí mít dopravní prostředky, které mají konstrukční rychlost vyšší než 6 km/h, mít sedadlo, řídicí páku, brzdy, osvětlení a zpětné zrcátko. [33]

## 2.4.6 Švýcarská právní úprava

Odlišná pravidla platí pro segway, monokolo a další samovyvažovací zařízení, která jsou upravena v čl. 18 písm. d) VTS. Tyto dopravní prostředky mohou mít výkon až 2 kW a maximální rychlost 20 km/h. Rovněž spadají do kategorie elektrokola. V každém případě však potřebují registrační značku a pojištění odpovědnosti (čl. 34–38 vyhlášky o dopravním pojištění), jestliže mají být používány na veřejných pozemních komunikacích.

[33]

## 2.4.7 Polská právní úprava

### *Osobní přepravní prostředky – UTO*

Osobní přepravní zařízení je elektricky poháněné vozidlo, bez sedadla a pedálů, konstrukčně navrženo tak, aby jej mohl pohybovat pouze řidič na tomto vozidle (např. elektrický skateboard, elektrické samonivelační zařízení). [34]

Řidič osobního přepravního prostředku je povinen užít vozovku pro jízdní kola, je-li určena pro směr, kterým se pohybuje nebo hodlá odbočit – rychlostí 20 km/h. Výjimečně se může pohybovat po chodníku nebo komunikaci pro chodce, chybí-li zde cyklostezka, při dodržení následujících pravidel: jet rychlostí blízkou rychlosti chodce, dbát zvýšené opatrnosti, dávat přednost chodcům a nebránit chodu. [34]

Přemísťování osobního dopravního prostředku na veřejné komunikaci dítětem do 10 let je zakázáno v jakékoli situaci, a to i pod dohledem dospělé osoby. Děti do 10 let budou moci používat osobní dopravní prostředek pouze v obytné zóně pod dohledem dospělé osoby. [34]

K řízení osobního dopravního prostředku osobami ve věku 10 až 18 let budou vyžadována stejná oprávnění jako v případě jízdy na jízdním kole, tedy průkaz na kolo nebo řidičský průkaz skupiny AM, A1, B1 nebo T. Pro osoby starší 18 let se takový doklad nevyžaduje. [34]

## 3 FORMULACE PROBLÉMŮ A STANOVENÍ CÍLŮ ŘEŠENÍ

### 3.1.1 Problémová situace

Při provozování nových technologií na pozemních komunikacích se můžeme setkat s různými faktory, které ovlivňují samotné uživatele těchto technologií, ale také ostatní účastníky provozu na pozemních komunikacích i mimo ně. Jednokolky pro většinu populace představují nová, zvláštní vozidla, u kterých si nejsou jistí, jak fungují, jakých dosahují rychlostí nebo kde mohou být používána. Bohužel ani samotná právní úprava zatím dostatečně toto téma nepokrývá a zatím nikdo nezavedl konkrétní a správné zákony, podle kterých by bylo možné tato vozidla provozovat na pozemních komunikacích nebo například na stezkách. Díky výsledkům této práce by mohlo být jednodušší navrhnout konkrétní zákony, případně postupovat dle naměřených dat při vyšetřování nehod.

S tím také souvisí práce znalců v oboru dopravy, kteří se s postupným rozšiřováním těchto přepravníků budou nuceni vypořádat s řešením dopravních nehod s jejich účastí. K tomu však doposud prakticky neexistují výsledky relevantních měření, ze kterých by byly známy hodnoty vstupních veličin pro takovou analýzu.

### 3.1.2 Problémy a cíle

1. Vytvoření přehledu dostupných jednokolek na trhu a popsání konstrukce jednokolek a onewheel. Cílem je zpracovat detailně konstrukci, materiály a akumulátory použité v elektrických vozítkách.
2. Popsání konstrukce jednokolek a onewheel. Cílem je zpracovat detailně konstrukci, materiály a akumulátory použité v elektrických vozítkách.
3. Návrh metodiky a realizace měření akcelerace jednokolek na rovině. Cílem je zjistit s jakým zrychlením lze uvažovat při případné analýze dopravní nehody.
4. Návrh metodiky a realizace měření výjezdu z křižovatky z nulové rychlosti. Výstupem by měla být závislost rychlosti na ujeté dráze v obloucích o různých poloměrech.
5. Návrh metodiky a realizace měření rychlosti v obloucích o různých poloměrech. Výstupem by měla být maximální rychlost, kterou je možné oblouky projet v rámci zachování bezpečnosti.
6. Návrh metodiky a realizace měření akcelerace a maximálního brzdění na rovině. Výstupem bude délka brzděné dráhy z maximální rychlosti a průměrné zpomalení.

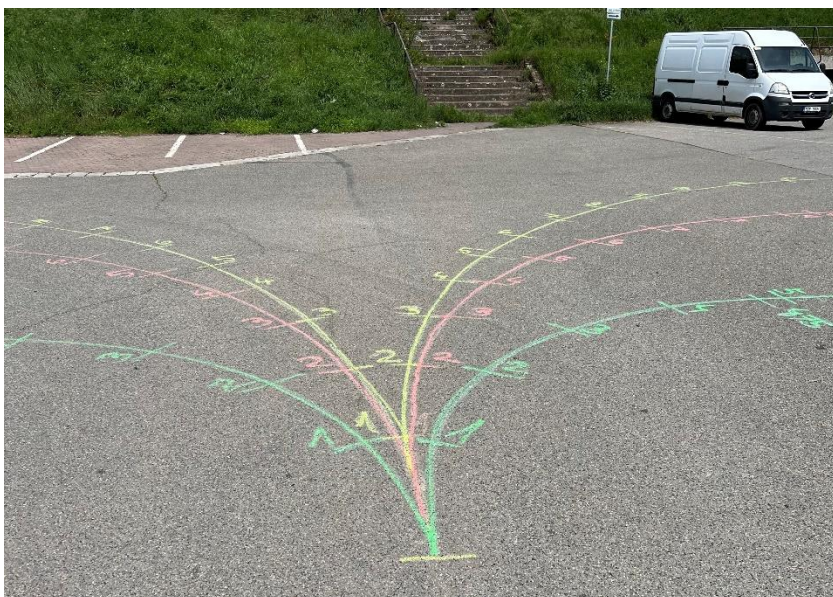
7. Návrh metodiky a realizace měření vychýlení jezdce na jednokolce, při vyhýbacím manévru. Cílem bude zjistit kolik prostoru je potřeba při vyhýbání se překážce při určitých rychlostech.
8. Návrh metodiky a realizace měření vychýlení se od původního směru jízdy při ohlédnutí se přes rameno.

## 4 VLASTNÍ ŘEŠENÍ / DOSAŽENÉ VÝSLEDKY

### 4.1 MÍSTO MĚŘENÍ

#### *Místo pro měření rozjezdu do oblouku a průjezdu obloukem konstantní rychlostí*

Jako vhodné místo pro měření veškerých úkonů byla zvolena plocha, která se nachází kolem bývalého stadionu v Lužánkách. Pro rozjezdy do křižovatky a průjezdy zatáčkou bylo zvoleno místo tvaru stykové křižovatky. Za pomoci značkovacích sprejů různých barev byly vyznačeny jednotlivé oblouky o různých poloměrech.



Obrázek 36 Místo pro měření rozjezdů do oblouku a průjezdů konstantní rychlostí [9]

#### *Místo pro měření vychýlení*

Pro měření vychýlení od původní trajektorie jízdy byla zvolena rovná plocha, na kterou byly značkovacími spreji vyznačeny čáry umístěné 10 cm od sebe.



Obrázek 37 Místo pro měření vychýlení od původní trajektorie jízdy [9]

#### **Místo pro měření příčného přemístění**

Pro měření přemístění dvěma oblouky bylo zvoleno místo na rovině, na kterou byla značkovacími spreji nakreslena mřížka o délce 12,5 m s jednotlivými díly po 0,5 metrech. Ve vzdálenosti 7 m od počátku dráhy byl nakreslen čtverec, který simuloval překážku, které se jezdec musí vyhnout.



Obrázek 38 Místo pro měření příčného přemístění [9]

### ***Místo pro měření akcelerace a brzdění***

Pro měření zrychlení a brzdění bylo potřeba vybrat dlouhou rovinu na kterou byly nakresleny značky po 5 metrech. Po 50 metrech byl vyznačen nápis „BRZDA“, kde dochází ke změně z akcelerace na brzdění.



*Obrázek 39 Místo pro měření zrychlení a brzdění [9]*



*Obrázek 40 Nápis BRZDA na 50 m [9]*

## 4.2 PRŮBĚH MĚŘENÍ

### 4.2.1 Onewheel

Měřený onewheel měl motor o výkonu 2000 W. Jezdec vážil 86 kg a patří mezi rekreační jezdce. Originální modely s 750 W motorem se nepodařilo na měření sehnat, jelikož jsou tato vozítka využívána spíše pro rekreační ježdění, oproti jednokolkám, které lze díky velkému výkonu a dojezdu využít například na práci kurýra nebo na delší výlety.

Při měření se onewheel začal přehřívat a bylo tedy nutné dělat pravidelné přestávky, které prodlužovaly dobu měření.

Před začátkem měření byli na onewheel připevněny Vbox a kamera Garmin Virb. Pomocí Vbox o frekvenci 20 Hz byla zaznamenána data jako rychlost, uražená vzdálenost, případně příčné a podélné zrychlení. Kamera byla připevněna tak, že snímala situaci před onewheel a v obraze byla vidět část onewheel, kvůli pozdější analýze videa.



Obrázek 41 Upevnění kamery a Vbox na onewheel [9]

Vzhledem k malým rozměrům stroje a absenci rovných ploch, kam by bylo možné a vhodné zařízení připevnit, byl zvolen alternativní způsob upevnění. Ten spočíval v upevnění tyče k madlu a rámu onewheel, na kterou byli následně připevněny kamera i Vbox. Po připevnění kamery byla ověřena snímaná oblast a poloha kamery byla upravena tak, aby snímala celkovou situaci tak, jak bylo požadováno.





Obrázek 42 Snímaná situace kamerou Garmin Virb [9]

#### **Měření rozjezdu do oblouku onewheel**

Testovací jezdec byl seznámen s problematikou měření a bylo mu vysvětleno, co se od něj požaduje. Po zkušebních průjezdech bylo přistoupeno k měření. Jezdec se postavil na začátek oblouku a začal se rozjíždět postupně do jednotlivých oblouků o poloměrech 3, 6 a 9 m. U onewheel bylo provedeno více měření, a to z důvodu, že se podařilo sehnat pouze jeden model.

Jelikož se na onewheel stojí rameny podélně s osou pohybu, lze předpokládat, že na jednu stranu bude zatáčení pro jezdce komfortnější a je možné, že bude docíleno vyšších rychlostí.



Obrázek 43 Průjezd levým obloukem na onewheel [9]



*Obrázek 44 Průjezd pravým obloukem na onewheel [9]*

Z obrázků 43 a 44 je patrné, že při umístění pravé nohy na přední nášlap onewheel a průjezdu pravotočivého oblouku, je jezdec nucen se více vytočit, kdežto u průjezdu levého oblouku je jezdec v přirozené poloze. Skutečnost, jestli tento fakt ovlivní výsledky závisí na konkrétním jezdcí a jeho zkušenostech. Testovaný jezdec patří mezi rekreační jezdce onewheel, takže lze předpokládat, že v testech nevyužije maximální potenciál stroje.

#### ***Průjezd obloukem s nájezdovou rychlostí***

Měření probíhalo na stejném místě jako měření rozjezdu do oblouku s tím rozdílem, že jezdec před najetím do oblouku dosáhl maximální rychlosti, kterou bylo v rámci zachování bezpečnosti možné projet oblouk. Dosahovaná rychlost závisí na konkrétním jezdcí a výkonnosti stroje. Maximální rychlost, kterou originální onewheel dosahují se pohybuje okolo 30 km/h. Na obrázku 45 je možné vidět, jak si jezdec kontroluje rychlost na mobilu, kterou do oblouku najíždí.



Obrázek 45 Průjezd obloukem v maximální bezpečné rychlosti [9]

#### **Měření vychýlení od středové osy**

Jezdec najížděl do vyznačené oblasti provozní rychlostí, která se pohybovala okolo 15 km/h a při každém průjezdu se otáčel přes rameno na osobu, která stála na dané straně za ním. Při ohlédnutí bylo cílem udržet stroj co nejbližně středové ose. Výsledky měření velmi záleží na zkušenostech jezdce.



Obrázek 46 Ohlédnutí jezdce přes levé rameno [9]



*Obrázek 47 Navrácení pohledu jezdce do směru jízdy [9]*

Z obrázku 47 je vidět, že bylo nutné se při měření vyrovnat s překážkami, které znemožňovali pokračování jízdy v přímém směru. Měření to však neovlivnilo.

### **Měření příčného přemístění**

Jezdec najížděl do oblasti s vyznačenou mříží v určité rychlosti. Podélné a příčné čáry jsou ve vzdálenosti 0,5 m. Ve vzdálenosti 7 m je vyznačena překážka, které se jezdec musí vyhnout. Po provedení příčného přemístění se jezdec snaží co nejméně vychýlit do levé části mříže.



*Obrázek 48 Nájezd onewheel před vyhýbáním [9]*

Na obrázku 47 je vidět nájezd do měřené zóny. Jezdec se snaží co nejvíce udržet se najížděcí osy.



*Obrázek 49 příčné přemístění onewheel [9]*

### ***Měření akcelerace a brzdění***

Jezdec se postaví na začátek měřeného úseku. Následně se rozjede na maximální rychlost, kterou je schopen vyvinout na 50 metrech. Na značce 50 m začne intenzivně brzdit.



*Obrázek 50 Výhled jezdce na měřený úsek [9]*

#### 4.2.2 Jednokolka

Před měřením byli na stroj připevněny měřicí přístroje, konkrétně Vbox sport s frekvencí 20 Hz a kamera Garmin Virb. Umístění přístrojů je možné vidět na obrázku 50.



Obrázek 51 Umístění měřících přístrojů na jednokolce [9]

Kamera byla umístěna na přední madlo jednokolky tak, aby snímala situaci před jednokolkou a zároveň zde byla vidět část jednokolky jako referenční bod pro následné vyhodnocování. Vbox sport byl přilepen oboustrannou páskou na displej jednokolky, který se nachází na horní straně. Vzhledem ke konstrukci této konkrétní jednokolky, bylo mnohem jednodušší umístit a připevnit přístroje tak jak bylo vyžadováno.

Při měření jednokolek nedošlo ani jednou se selháním techniky.

Všichni jezdci, kteří se účastnili měření vážili okolo 85 kg. Jednotlivé jednokolky jsou popsány v příloze Seznam strojů.



Obrázek 52 Pohled kamery na situaci [9]

### **Měření rozjezdu do oblouku na jednokolce**

Testovací jezdec byl seznámen s problematikou měření a bylo mu vysvětleno co se od něj požaduje. Po zkušebních průjezdech bylo zahájeno měření. Jezdec se postavil na začátek oblouku a začal se rozjíždět postupně do jednotlivých oblouků o poloměrech 3, 6 a 9 m. Zastavení na místě bylo na první pohled jednodušší než s měřeným onewheel.

Jelikož se na jednokolce stojí čelem ve směru jízdy se dá předpokládat, že rychlosti na pravou i levou stranu budou přibližně stejné. Jakou rychlost bude schopen jezdec vyvinout na měřeném úseku závisí na jeho schopnostech a zkušenostech.





*Obrázek 53 Pozice jezdce na začátku měřeného úseku [9]*

Na obrázku 53 je vidět jezdec, který bude zahajovat průjezd obloukem. Jednu nohu má umístěnou na zemi, stejně jako kdyby zastavil na křižovatce se značkou stop nebo zastavil na červenou na křižovatce řízené světelnými signály. Následně se jezdec odrazí levou nohou a zrychluje do oblouku o konkrétním poloměru.



*Obrázek 54 Rozjezd do oblouku o poloměru 3 m [9]*

Na obrázku 54 je vidět, že si jezdec s držením rovnováhy napomáhá celým tělem včetně horních končetin. Ruce hrají často velkou roli při držení rovnováhy v rychlých a ostrých manévrech.

#### ***Průjezd obloukem s nájezdovou rychlostí***

Měření probíhalo na stejném místě jako měření rozjezdu do oblouku s tím rozdílem, že jezdec před najetím do oblouku dosáhl maximální rychlosti, kterou bylo v rámci zachování bezpečnosti možné projet oblouk o konkrétním poloměru. Dosahovaná rychlost závisí na konkrétním jezdcí a výkonnosti stroje. Maximální rychlost, kterou je možné oblouky na jednokolce projet je limitována převážně schopnostmi, a odvahou jezdce a také důvěrou v konkrétní stroj.



*Obrázek 55 Průjezd oblouku o poloměru 9 m s nájezdovou rychlostí [9]*

Na obrázku 55 je opět vidět, že si jezdec napomáhá při držení rovnováhy horními končetinami. Při měření bylo dbáno na bezpečnost všech jezdců a všichni prováděli úkony s patřičnou ochrannou výbavou, mezi kterou patří helma, kolenní chrániče a rukavice.

#### ***Měření vychýlení od původní trajektorie***

Jezdec najížděl do vyznačené oblasti provozní rychlostí, která se pohybovala okolo 20 km/h a při každém průjezdu se otáčel přes rameno na osobu, která stála na dané straně za ním. Na první pohled je zřejmé, že otáčení na jednokolce je možné na obě strany a je jednodušší udržet stroj na středové ose. Při ohlédnutí bylo cílem udržet stroj co nejbližší středové ose. Výsledky měření velmi záleží na zkušenostech jezdce.



*Obrázek 56 Ohlédnutí jezdce na jednokolce při měření vychýlení z osy [9]*

Z obrázku je patrné, že díky pozici, ve které se jezdec vyskytuje, má možnost otáčet se na obě strany, na rozdíl od jezdce na onewheel, který je omezen otáčením na jednu stranu. Tento faktor značně přidává na bezpečnosti, o které většina neznalých lidí pochybuje.

#### ***Měření příčného přemístění dvěma oblouky***

Jezdec najížděl do oblasti s vyznačenou mříží v určité rychlosti. Podélné a příčné čáry jsou ve vzdálenosti 0,5 m. Ve vzdálenosti 7 m je vyznačena překážka, které se jezdec musí vyhnout. Po provedení příčného přemístění se jezdec snaží co nejméně vychýlit do levé části mříže. Jednokolka patří mezi nejhbitější osobní přepravníky a je možné se na ní otočit i na místě, proto je při tomto manévru dosaženo malého vychýlení i při vysokých rychlostech.



*Obrázek 57 Nájezd do měřené oblasti [9]*



*Obrázek 58 Provádění příčného přemístění na jednokolce [9]*

Na obrázku 57 je vidět, že si jezdec opět napomáhá v prudkém manévru horní částí těla.



*Obrázek 59 Srovnání jednokolky do směru jízdy [9]*

Na obrázku 58 je vidět, že při vyhýbacím manévru došlo k vychýlení pouze o 0,4 m a následné srovnání do směru jízdy nečiní zkušeným jezdcům žádný problém.

#### ***Měření akcelerace a brzdění***

Jezdec se postaví na začátek měřeného úseku. Následně se rozjede na maximální rychlost, kterou je schopen vyvinout na 50 metrech. Na značce 50 m začne intenzivně brzdit. Jezdec postupuje podobně jako při rozjezdu z místa do oblouku. Postaví se na začátek měřené oblasti s jednou nohou na zemi a následně se odrazí a snaží se o maximální zrychlení, kterého je schopen stroj a jezdec dosáhnout.



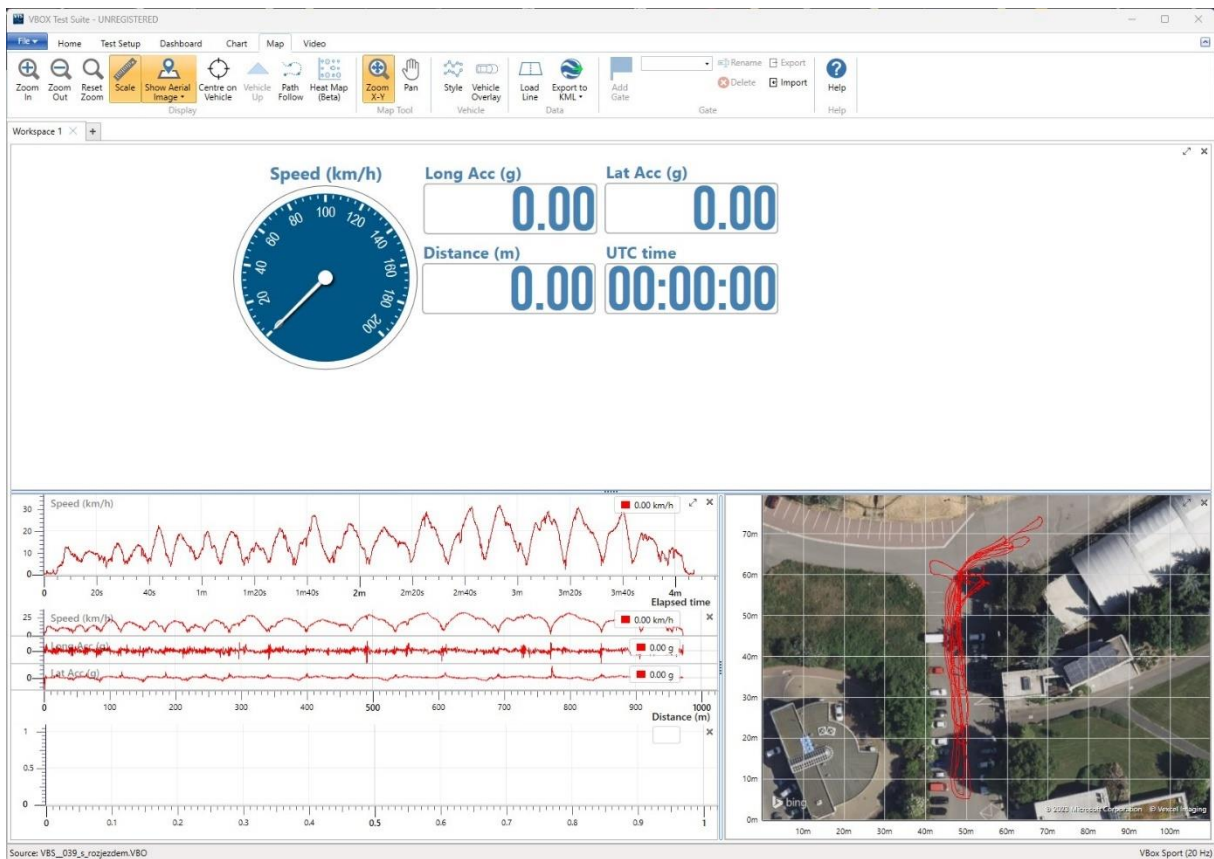
Obrázek 60 Výhled jezdce na měřený úsek akcelerace [9]

### 4.3 VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ

V následujících kapitolách jsou ukázky vyhodnocení jednotlivých scénářů měření. S ohledem na celkový objem naměřených dat jsou kompletní naměřené a vyhodnocené hodnoty součástí přílohy této práce v elektronické podobě.

#### 4.3.1 Rozjezd do oblouku z místa

Data naměřená pomocí Vbox Sport o frekvenci 20 Hz byla přenesena z SD karty pomocí čtečky SD karet do stolního PC, kde byla následně otevřena v programu Vbox Test Suite. Z dat je zde možné vytvořit požadované grafy a závislosti a postupně data procházet. V pravém dolním rohu je možné zobrazit mapu se zaznamenanými daty GPS, podle kterých je možné určit o jaká data se jedná a data přiřadit ke konkrétnímu měření a stroji. Pro rozjezd do oblouku je podstatná rychlost, čas a uražená vzdálenost. Cílem měření bylo zjistit jakou dráhu je jezdec schopen na jednokolce nebo na onewheel urazit při různých rychlostech.



Obrázek 61 Ukázka otevřených dat ve VBOX Test Suite [9]

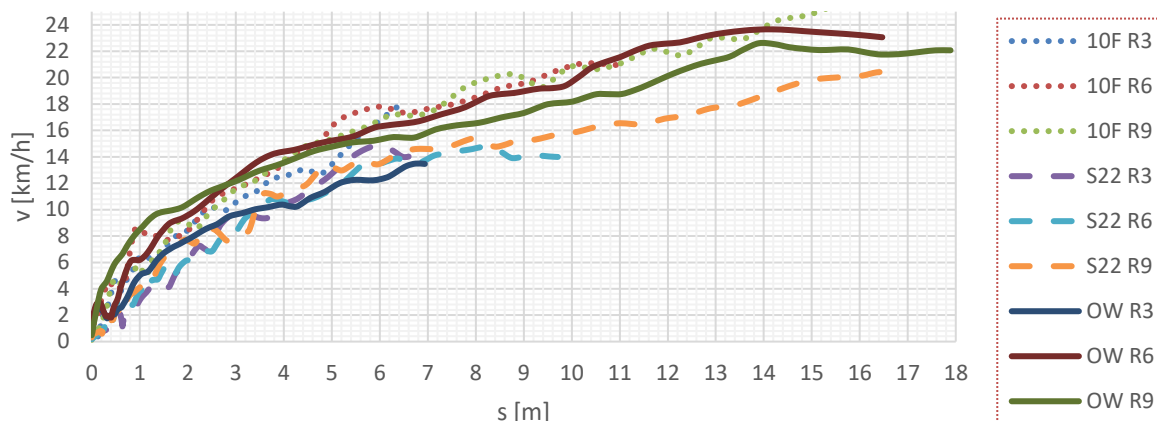
Data je možné dále exportovat ve formátu CSV a importovat do programu excel, kde je možné podrobněji data zpracovat a vytvořit požadované grafy a závislosti.

Pro analýzu rozjezdu do oblouku byla vybrána data rychlosti a ujeté dráhy. Pro výpočet zrychlení byl využit vztah:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Kde  $\Delta v$  vyjadřuje změnu rychlosti za časový úsek  $\Delta t$ .

## Porovnání rychlostí jednotlivých elektrických vozidel při rozjezdu do oblouku



Graf 1 Porovnání rozjezdů do oblouku jednotlivých strojů do oblouků  $R = 3, 6, a 9 m$

Z grafu 1 je patrné, že při rozjezdu do oblouků dosahují jednotlivá vozidla podobných rychlostí. Pro lepší představu byla vybrána rychlost dosažená po ujetí dráhy 6 m na oblouku o poloměru 3 m, rychlost po ujetí 9 m na oblouku o poloměru 6 m a rychlost po ujetí 12 m na oblouku o poloměru 9 m.

Pro přehlednost byly rychlosti a dráhy pro jednotlivé oblouky a vozidla zpracována do tabulek.

Model	S22 Pro	V10F	Onewheel
s [m]	6,09	6,03	6,03
v [km/h]	14,86	16,81	12,32

Tabulka 1 Rychlosti dosažené ve vzdálenosti 6 m na oblouku o poloměru 3 m

Model	S22 Pro	V10F	Onewheel
s [m]	9,12	9,09	9,06
v [km/h]	14,11	19,65	19,01

Tabulka 2 Rychlosti dosažené ve vzdálenosti 9 m na oblouku o poloměru 6 m



Model	S22 Pro	V10F	Onewheel
s [m]	11,93	12,01	12,12
v [km/h]	16,89	21,92	20,31

*Tabulka 3 Rychlosti dosažené ve vzdálenosti 12 m na oblouku o poloměru 9 m*

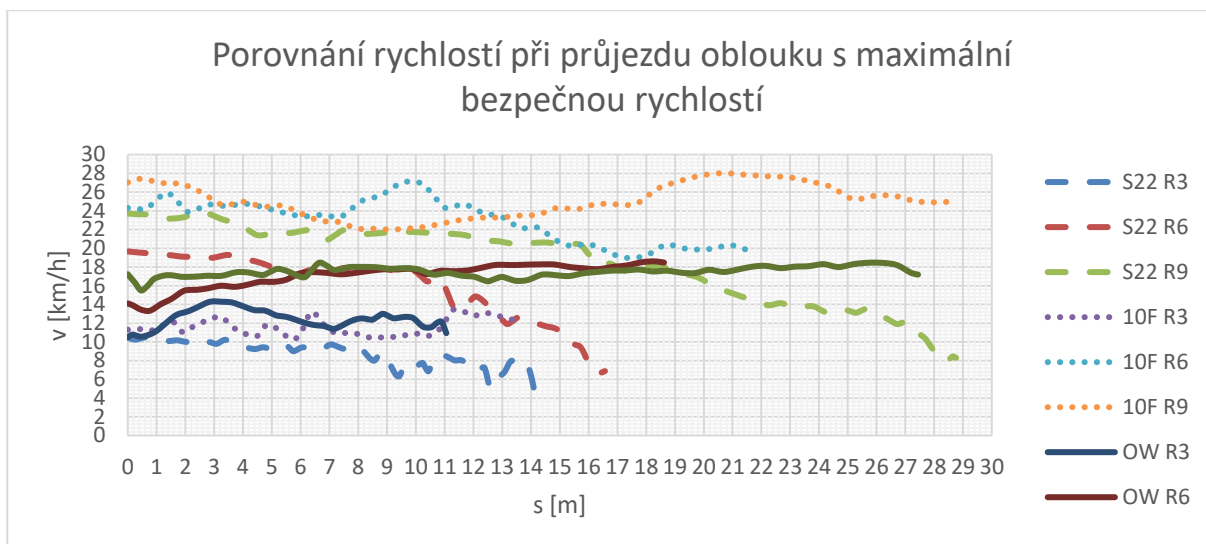
Model S22 Pro byl řízen jezdcem s menšími zkušenostmi, z naměřených hodnot je vidět, že tato skutečnost má velký vliv na naměřené rychlosti, které jsou nižší než u modelu V10F, který byl řízen jezdcem, který jednokolku využívá při práci téměř každý den a má tedy více zkušeností. Jezdec na onewheel se považuje za rekreačního jezdce a dosahoval rychlostí, které jsou mu pohodlné při rekreačním ježdění.

### **4.3.2 Průjezd obloukem s nájezdovou rychlostí**

Data naměřená pomocí Vbox Sport o frekvenci 20 Hz byla přenesena z SD karty pomocí čtečky SD karet do stolního PC, kde byla následně otevřena v programu Vbox Test Suite. Z dat je zde možné vytvořit požadované grafy a závislosti a postupně data procházet. V pravém dolním rohu je možné zobrazit mapu se zaznamenanými daty GPS, podle kterých je možné určit o jaká data se jedná a data přiřadit ke konkrétnímu měření a stroji. Pro průjezd obloukem s nájezdovou rychlostí je podstatná rychlost, čas, uražená vzdálenost a příčné zrychlení. Cílem měření bylo zjistit jakou maximální rychlostí je možné projet jednotlivé oblouky při zachování bezpečnosti jezdce a okolí. Jako sekundární parametr bylo zjištěno příčné zrychlení, které působí na jednokolku během průjezdu obloukem.

Data byla otevřena v programu Vbox Test Suite a následně exportována ve formátu CSV a importována do programu excel. Podle dat GPS byly vybrány konkrétní úseky průjezdů obloukem a pro jednotlivé průjezdy byla vybrána data rychlostí a příčného zrychlení.

Rychlost, kterou je možné oblouky bezpečně projet se odvíjí od zkušenost, odvahy jezdce a jeho zkušeností, takže není možné stanovit konkrétní rychlosti pro jednotlivé jednokolky.

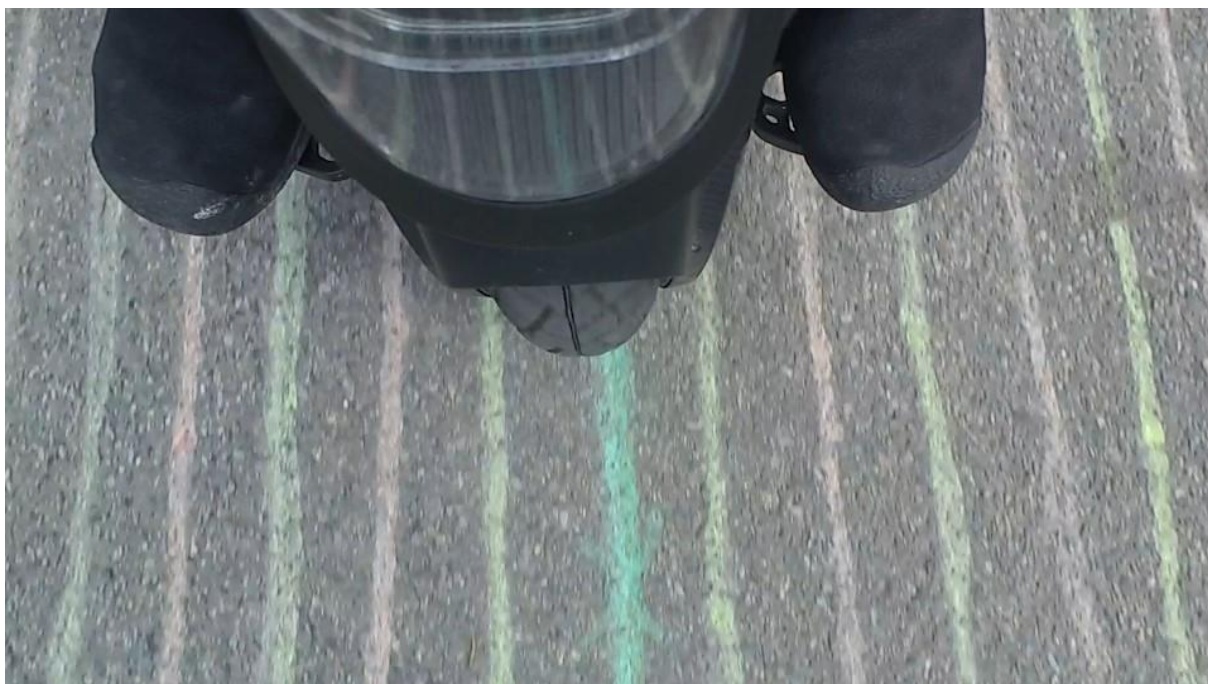


Graf 2 Porovnání průjezdových rychlostí jednotlivých vozidel v daných obloucích

Z grafu 2 je patrné, že při průjezdu obloukem o poloměru 3 m se rychlost pohybuje kolem 10 km/h. Pro průjezd obloukem o poloměru 6 m se rychlosti jednokolek pohybují mezi 19 až 24 km/h a onewheel dosahoval rychlosti kolem 17 km/h. Při průjezdu obloukem o poloměru 9 m se rychlost jednokolek pohybuje mezi 20 až 25 km/h a onewheel dosahoval rychlosti kolem 18 km/h.

### 4.3.3 Vychýlení od původní trajektorie

Data naměřená pomocí Vbox Sport o frekvenci 20 Hz byla přenesena z SD karty pomocí čtečky SD karet do stolního PC, kde byla následně otevřena v programu Vbox Test Suite. Z dat je zde možné vytvořit požadované grafy a závislosti a postupně data procházet. V pravém dolním rohu je možné zobrazit mapu se zaznamenanými daty GPS, podle kterých je možné určit o jaká data se jedná a data přiřadit ke konkrétnímu měření a stroji. Pro vychýlení od středové osy byla z Vbox Sport využita pouze rychlost, kterou se jezdec na měřeném úseku pohyboval.



*Obrázek 62 Pohled kamery z jednokolkou při měření vychýlení z původní trajektorie [9]*

Z kamery Garmin Virb byl vyhodnocen záznam, který byl do PC přenesen pomocí čtečky SD karet. Ze záznamu je patrné vychýlení od středové osy, díky záběru situace před jednokolkou nebo onewheel a částí stroje, který je na obrazu vůči vozovce statický.

		Ohlédnutí přes levé rameno		
Jezdec		$\varnothing v$ [km/l]	Vychýlení [m]	Směr vychýlení
1	OW	14,36	0,15	Vpravo
		16,16	0,2	Vpravo
		12,43	0,2	Vpravo
2	S22 Pro	23,43	0,1	Vlevo
		22,35	0,2	Vpravo
		23,09	0,4	Vpravo
3	V10F	23,29	0,05	Vpravo
		24,89	0	-
		23,74	0,2	Vpravo

*Tabulka 4 Přehled rychlostí průjezdů, vzdálenosti a směru vychýlení*

Z přehledové tabulky 5 je možné vidět, že docházelo k minimálnímu vychýlení od původní trajektorie. Ohlédnutí přes levé rameno bylo vybráno, protože na pozemních komunikacích, na kterých se jezdí po pravé straně, dochází právě k ohlížení přes levé rameno směrem dozadu, například při objíždění překážky.

Dále je vidět, že při ohlédnutí dochází častěji k vychýlení vpravo. Zde opět hraje důležitou roli jezdec, který na daném vozidle jede. Nelze tedy jednoznačně stanovit, že při ohlédnutí vlevo bude vždy docházet ke stejnému vychýlení, které bude probíhat na stranu, která je uvedena v této práci.

#### **4.3.4 Příčné přemístění**

Data naměřená pomocí Vbox Sport o frekvenci 20 Hz byla přenesena z SD karty pomocí čtečky SD karet do stolního PC, kde byla následně otevřena v programu Vbox Test Suite. Z dat je zde možné vytvořit požadované grafy a závislosti a postupně data procházet. V pravém dolním rohu je možné zobrazit mapu se zaznamenanými daty GPS, podle kterých je možné určit o jaká data se jedná a data přiřadit ke konkrétnímu měření a stroji. Pro příčné přemístění dvěma oblouky byla využita data o rychlosti a příčném zrychlení.



Obrázek 63 Pohled kamery na mříž s jednokolkou [9]

Z kamery Garmin Virb byl použit a vyhodnocen záznam, který byl do PC přenesen pomocí čtečky SD karet. Na záznamu je zachycena situace před jednokolkou s částí jednokolky. Díky tomu lze vyhodnotit pozici na vyznačené mříži a zjistit vzdálenosti při kterých došlo k zahájení příčného přemístění, maximálnímu vychýlení došlo, v jaké vzdálenosti a jakém čase.

Model	S22 Pro	V10F	OW
Čas na vjezdu [s]	11,61	8,02	46,08
Čas zahájení manévru [s]	12,23	9,01	46,41
Vzdálenost zahájení manévru [m]	1,5	2,8	2
Příčné přemístění [m]	1,2	1	1
Čas ukončení [s]	13,39	9,73	47,19
Vzdálenost ukončení manévru [m]	7	6	6,5
Celkový čas manévru [s]	1,16	0,72	0,78
Dráha potřebná pro manévr [m]	5,5	3,2	4,5

Tabulka 5 Potřebné časy a dráhy při příčném přemístění dvěma oblouky

V tabulce 6 je možné vidět časy a dráhy potřebné k přemístění dvěma oblouky. Byla vybrána data pro stejnou nájezdovou rychlost, která v tomto případě byla přibližně 20 km/h.

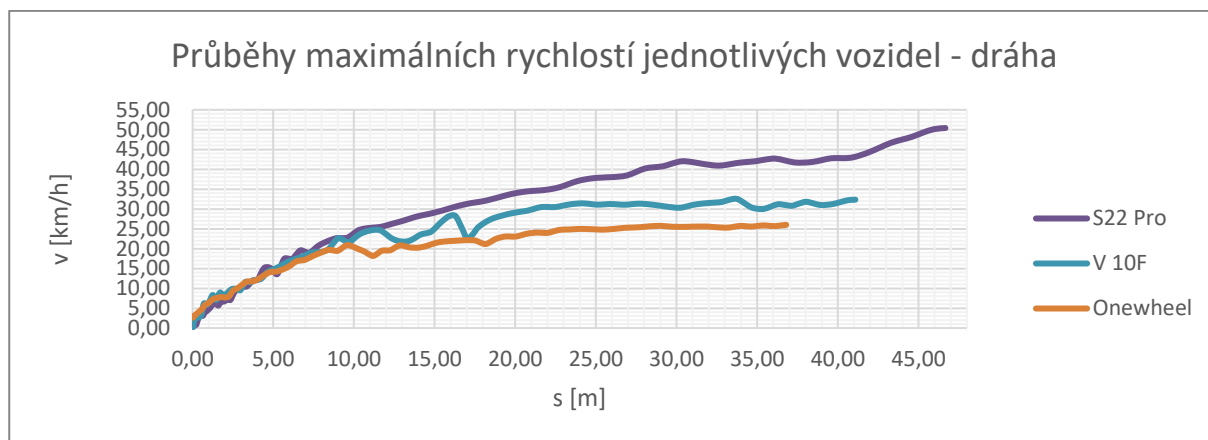
Z tabulky 6 je patrné, že model S22 Pro vykazuje největší hodnoty, nutné je však podotknout, že stroj byl ovládán mírně pokročilým jezdcem. Opět se zde potvrzuje, že na změřené hodnoty má velký vliv konkrétní jezdec, který daný stroj ovládá.

#### 4.3.5 Akcelerace a brzdění

Data naměřená pomocí Vbox Sport o frekvenci 20 Hz byla přenesena z SD karty pomocí čtečky SD karet do stolního PC, kde byla následně otevřena v programu Vbox Test Suite. Z dat je zde možné vytvořit požadované grafy a závislosti a postupně data procházet. V pravém dolním rohu je možné zobrazit mapu se zaznamenanými daty GPS, podle kterých je možné určit o jaká data se jedná a data přiřadit ke konkrétnímu měření a stroji. Pro akceleraci a brzdění byl využit čas, respektive snímkovací frekvence, rychlost a dráha.

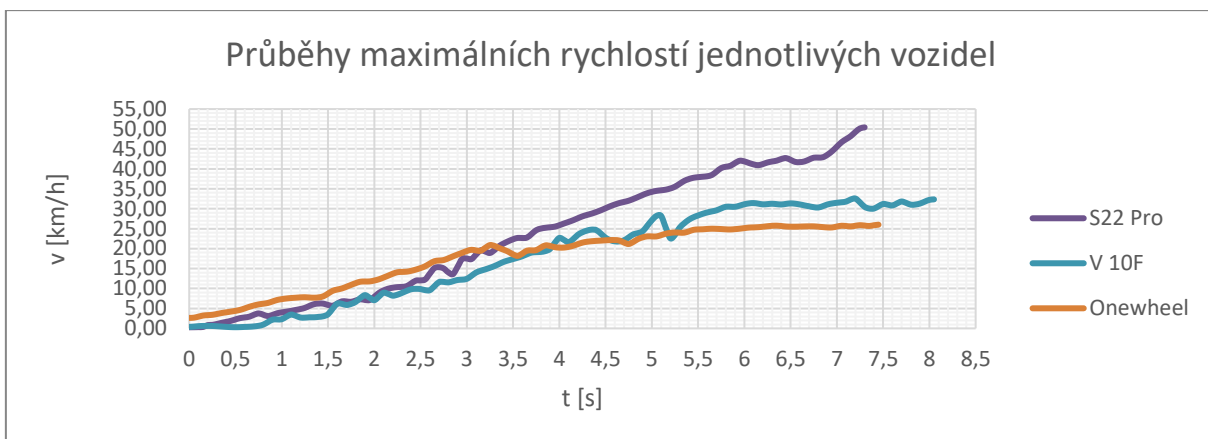
Z dat byly vybrány úseky, na kterých docházelo k akceleraci a případné ustálení rychlosti na 50 m. Po 50 metrech byly vyhodnoceny hodnoty zpomalení ze kterého se následně spočítalo MFDD (mean fully developed deceleration).

$$d_m = \frac{v_b^2 - v_e^2}{25,92 * (S_e - S_b)} [m * s^{-2}]$$

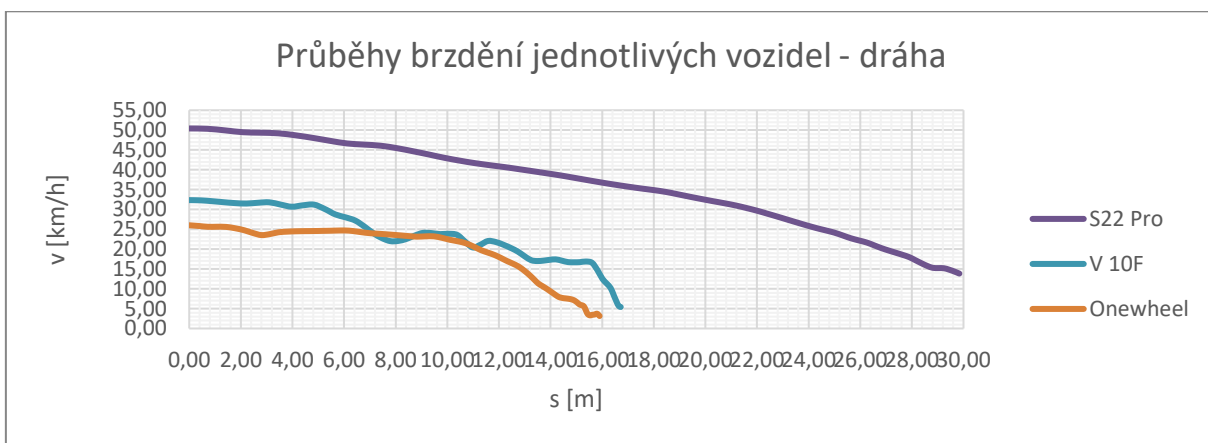


Graf 3 Průběh maximálních rychlostí v závislosti na dráze

Z grafu 3 je patrné, že charakteristika zrychlení na prvních 10 metrech je podobná pro jednotlivé stroje. Na 25 metrech dosahují V10F a onewheel své maximální rychlosti a S22 Pro vykazuje nejvyšší dosaženou rychlost ze všech vozidel. To odpovídá předpokladům, protože S22 Pro je poháněna 4000 W motorem, V10F je poháněna 2000 W a měřený onewheel je poháněn 2000 W.

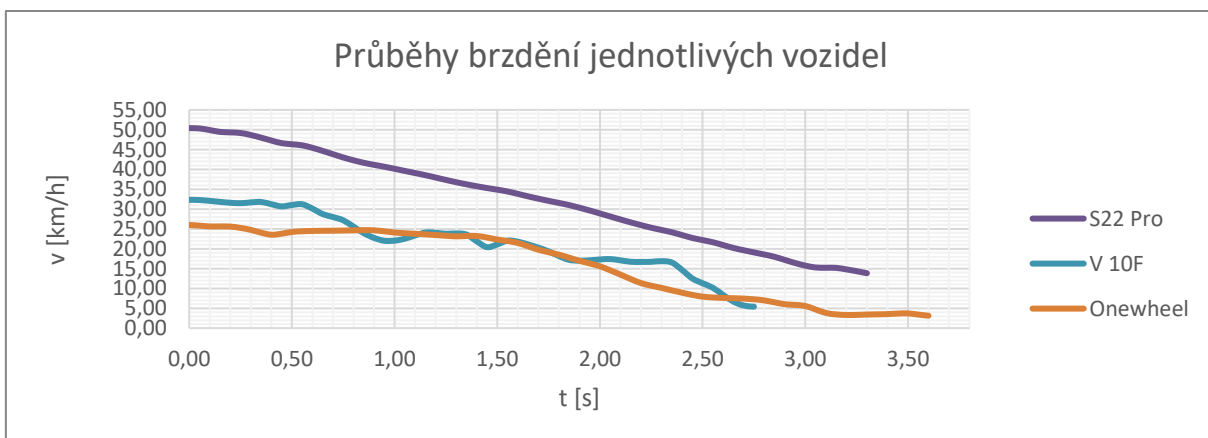


Graf 4 Průběh maximálních rychlostí v závislosti na čase



Graf 5 Průběhy brzdění v závislosti na dráze

Na grafu 4 jsou vidět průběhy brzdění z maximálních rychlostí. Onewheel a V10F zastavili na dráze 17 m. S22 Pro zpomalila z rychlosti 50 km/h na 14 km/h na dráze 29,84m. O tomto stroji je známo, že se jedná o jednu z nejhůře brzdících jednokolek vůbec. Měření tedy odpovídá předpokladu, že tato jednokolka vzhledem ke svojí váze 35 kg dosahuje dlouhých brzdných drah.



Graf 6 Průběhy brzdění v závislosti na čase

Stroj	MFDD [ $m*s^{-2}$ ]
S22 Pro	3,21
V10F	2,43
Onewheel	3,29

*Tabulka 6 Hodnoty MFDD pro maximální rychlosti*

Pro jednotlivé stroje byly spočítány hodnoty MFDD, které je uvedeny v tabulce 7.



## 5 ZÁVĚR

V diplomové práci byla představena problematika pohybu vybraných elektricky poháněných dopravních prostředků, kdy cílem bylo představit problematiku, popsat specifika právní úpravy v různých zemích, popsat podrobně jednotlivé druhy a typy a zejména podstatné odlišnosti elektrických přepravníků s automatickou stabilizací, připravit a realizovat komplexní měření vybraných jízdních manévřů a formulovat doporučení, vlivy a specifika pro znalecké posuzování nehod za účasti těchto prostředků.

V úvodu práce je rešerše, která se zabývá konstrukcí jednotlivých vozidel a jejich odlišností, následuje rozbor právní úpravy v různých zemích a následně je popsán princip jízdy na těchto vozidlech.

Praktická část se zabývá návrhem jednotlivých měření, které zahrnují vybrané jízdní manévry, jako je jízda obloukem, rozjezd do oblouku, vychýlení od středové osy, přemístění dvěma oblouky, akceleraci a brzdění.

Měřeními se potvrdilo, že záleží na typu vozidla, resp. je velký rozdíl mezi onewheel a jednokolkou. Jednokolka je oproti onewheel mnohem obratnější a rychlejší, navíc při jízdě na jednokolce mnohem lépe vnímá jezdec své okolí, protože se může otáčet hlavou rovnoměrně na obě strany ve směru jízdy. Na vozidlu onewheel musí být jezdec celou dobu otočený hlavou ve směru jízdy, přestože tělo je ke směru jízdy bokem. To je velmi nepřírozená a nekomfortní poloha, která také velmi omezuje rozhled na stranu, která se nachází za jeho zády.

I přes omezený rozhled však onewheel oproti jednokolkám přinesl lepší výsledky při příčném přemístění, což je způsobeno především nižší maximální konstrukční rychlostí oproti jednokolkám, nicméně i omezená rychlost zařízení onewheel může přispět k větší bezpečnosti a ke zmírnění následků na zdraví a majetku v případě ztráty kontroly nad tímto typem vozidla.

Jednokolky dosahují obecně vyšších rychlostí, což však při zachování a uživatelské svévolnosti současného výkladu zákona může být nebezpečné např. při jízdě po chodníku nebo v pěší zóně. S rostoucí rychlostí navíc narůstá brzdná dráha, a především dochází ke zhoršení obratnosti vozidla – roste poloměr oblouku, kterým je možné bezpečně projet v případě, kdy je nutné z nějakého důvodu náhle měnit směr jízdy.

Měřeními bylo zjištěno, že hlavním ovlivňujícím faktorem jízdy je faktor lidský. Podstatné jsou nejen zkušenosti jezdce, ale také zkušenosti s daným vozidlem, a především odvaha a do jisté míry i pud sebezáchovy daného jezdce. To ovlivňuje jak jízdu vyšší rychlostí, tak vybrané jízdní manévry.

Měření taktéž odhalilo různorodost mezi jednotlivými vozidly, kdy každé má jinou maximální konstrukční rychlost, dosahuje jiné brzdné dráhy i jiné obratnosti. Právě širokou škálu maximálních rychlostí různých jednokolek by bylo vhodné taktéž upravit v zákonech, neboť rozdíly mezi nimi činí až 65 km/h. V současné chvíli dle platné legislativy v České republice není na tyto rozdíly nijak pohlíženo, tedy stejná pravidla platí jak pro spíše rekreační onewheel, který dosahuje rychlostí okolo 30 km/h, tak pro sportovnější jednokolky, které v dnešní době mohou jezdit až 90 km/h.

Z tohoto důvodu by bylo vhodné stanovit pravidla pro jízdu po chodnících, kdy výkonnější zařízení nejsou příliš vhodná na jízdu po chodníku a lze předpokládat, že uživatel bude rychlost stanovenou zákonem překračovat, ať už vědomě nebo nevědomě. Stejný problém nastává i na cyklostezkách, kde není stanovena maximální povolená rychlost, avšak jednokolky mohou snáze dosáhnout mnohem vyšších rychlostí než běžná kola nebo elektrokola, případně bruslaři a další osoby, které se na cyklostezkách mohou vyskytnout.

Dle platné právní úpravy v současné chvíli se smí řidič přepravníku tam, kde není chodník, stezka pro chodce, stezka pro chodce a cyklisty, jízdní pruh vyhrazený pro cyklisty nebo stezka pro cyklisty nebo kde je chodník neschůdný, pohybovat po levé krajnici nebo co nejbližší levému okraji vozovky. I zde může díky svévolnosti výkladu zákona dojít při jízdě po levém okraji vozovky k čelní srážce s protijedoucím vozidlem. Zvláště pak, když některé jednokolky dosahují rychlosti až 90 km/h, mohou být následky fatální. S ohledem na absenci jakékoliv ochrany jezdce na jednokolce či deformačních zón samotné jednokolky a také s ohledem na značný nepoměr hybností budou v takovém střetu následky prakticky stejné, jako kdyby řidič jednokolky narazil do pevné překážky rychlostí 180 km/h.

Obecně lze shrnout, že hlavními faktory, které mají vliv na pohyb těchto vozidel na pozemních komunikacích jsou především lidský faktor, druh vozidla a jeho konkrétní parametry. Nelze tedy obecně stanovit průběh jízdy na jednokolovém vozidle pouze v závislosti na jeho parametrech, protože rozhodujícím faktorem jsou zkušenosti a odvaha jezdce. Současná právní úprava navíc nedokáže zabránit nebezpečné jízdě, případně zamezit zbytečným rizikovým situacím.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] TVRDOŇ PH.D., *ALOG, Ing. Leo a Ing. Jaroslav BAZALA PH.D., ALOG*. Rozdělení a charakteristika dopravy. *Doprava logistika Profi* [online]. 2017, **2017(-)**, 3 [cit. 2023-01-08]. Dostupné z: <https://www.dlprofi.cz/a3u0b>
- [2] MAXERA, PH.D., *Ing. Pavel. Podnikání v silniční dopravě*. 2022. Brno: Ing. Pavel Maxera, Ph.D., 2022. ISBN -. ISSN -.
- [3] Inmotion V13. In: *Speedyfeet* [online]. Velká Británie: -, - [cit. 2023-01-31]. Dostupné z: <https://www.speedyfeet.co.uk/products/inmotion-v13-challenger>
- [4] Inmotion challenger [online]. -: *Inmotion*, - [cit. 2023-01-08]. Dostupné z: <https://www.inmotionworld.com/v13-electric-unicycle>
- [5] 21700 vs 18650 *battery, battle on LEV*. In: *Tritek* [online]. Čína: Tritek, - [cit. 2023-01-08]. Dostupné z: <https://tritekbattery.com/21700-or-18650-battle-of-batteries-on-lev/>
- [6] V13 umístění akumulátoru. In: *Vrooomin* [online]. -: -, 2023 [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: <https://www.vrooomin.com/personal-electric-vehicles/electric-unicycle/inmotion-v13-challenger-electric-unicycle-tracker-news-updates/>
- [7] Veteran Sherman Max. In: *Oneride* [online]. Lotyšsko: -, - [cit. 2023-01-31]. Dostupné z: <https://oneride.eu/en/electric-unicycles/155-in-stock-veteran-sherman-max-3600wh-100v-electric-unicycle-black.html>
- [8] Inmotion V12. In: *Hopsej* [online]. Česká republika: -, - [cit. 2023-01-31]. Dostupné z: [https://www.hopsej.cz/p/25390/inmotion-v12?gclid=CjwKCAiAleOeBhBdEiwAfgmXf41qC4n24UPTztOalhbdHlpNRbKoPeRGONq3jdcy7\\_H4re105R3SLRoC54kQAvD\\_BwE](https://www.hopsej.cz/p/25390/inmotion-v12?gclid=CjwKCAiAleOeBhBdEiwAfgmXf41qC4n24UPTztOalhbdHlpNRbKoPeRGONq3jdcy7_H4re105R3SLRoC54kQAvD_BwE)
- [9] SVOBODA, Daniel. *Vlastní obrázky*. In: *Vlastniobrazky* [online]. -: -, 2023 [cit. 2023-05-23]. Dostupné z: [www.vlastniobrazky.cz](http://www.vlastniobrazky.cz)
- [1] Inmotion V13 Challenger *elektronika*. In: *Inmotion* [online]. Čína: -, - [cit. 2023-01-31]. Dostupné z: <https://www.inmotionworld.com/v13-electric-unicycle>
- [1] Inmotion V13 chlazení. In: *Inmotionworld* [online]. Čína: -, - [cit. 2023-01-31]. Dostupné z: <https://www.inmotionworld.com/v13-electric-unicycle>
- [2] V12 displej. In: *Inmotionczech* [online]. Česká republika: -, - [cit. 2023-01-31]. Dostupné z: <https://www.inmotionczech.cz/jednokolka-inmotion-v12/>
- [3] Inmotion V12 kolo. In: *Inmotionworld* [online]. Čína: -, - [cit. 2023-01-31]. Dostupné z: <https://www.inmotionworld.com/v13-electric-unicycle>
- [4] Pneu pro jedkolky. In: *Dam Store* [online]. -: -, - [cit. 2023-05-21]. Dostupné z: <https://www.dam-4sport.net/pneu-pirelli-angel-80-80-14-tl-43s-renforce.html>

- [1 AO-38RC. In: *Dnmshock [online]*. Taiwan: -, - [cit. 2023-01-31]. Dostupné z: 5] [https://www.dnmshock.com/products.php?func=p\\_detail&p\\_id=18&pc\\_parent=13](https://www.dnmshock.com/products.php?func=p_detail&p_id=18&pc_parent=13)
- [1 King Song KS-S18. In: *Mykingsong [online]*. USA: -, - [cit. 2023-01-31]. Dostupné z: 6] <https://www.mykingsong.com/king-song-s18-electric-unicycle>
- [1 V13 osvětlení. In: *Inmotion-france [online]*. Francie: -, - [cit. 2023-01-31]. Dostupné z: 7] <https://www.inmotion-france.fr/en/v13-challenger>
- [1 A DIY (VESC) Onewheel I'm building as an engineering college project... In: *Reddit [online]*. -: -, 8] 2022 [cit. 2023-01-23]. Dostupné z: [https://www.reddit.com/r/onewheel/comments/y1g2jd/a\\_diy\\_vesc\\_onewheel\\_im\\_building\\_as\\_an\\_engineering/](https://www.reddit.com/r/onewheel/comments/y1g2jd/a_diy_vesc_onewheel_im_building_as_an_engineering/)
- [1 HyperCore motor. In: *Witzwheel [online]*. -: -, - [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: 9] <https://witzwheel.com/products/complete-onewheel-xr-motor-assembly-free-shipping-in-the-us>
- [2 Onewheel akumulátor. In: *Floatgang [online]*. Orlando, Florida: Floatgang, 2022 [cit. 2023-05-0] 16]. Dostupné z: <https://floatgang.com/2022/05/31/is-the-onewheel-gt-worth-it/>
- [2 Profil rámu onewheel. In: *The Sideways Movement [online]*. -: -, - [cit. 2023-05-21]. Dostupné z: 1] <https://thesidewaysmovement.com/flightfins-flightframe-first-look/>
- [2 Onewheel madlo. In: *Onewheel [online]*. -: Onewheel, - [cit. 2023-05-17]. Dostupné z: 2] <https://onewheel.com/products/xr-maghandle-mount>
- [2 Onewheel app. In: *Onewheel [online]*. -: Onewheel, - [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: 3] <https://onewheel.com/pages/using-the-app-pint>
- [2 Motor s pneumatikou. In: *Reddit [online]*. -: -, 2019 [cit. 2023-05-17]. Dostupné z: 4] [https://www.reddit.com/r/onewheel/comments/d27yg2/onewheel\\_xr\\_new\\_motor\\_with\\_treaded\\_tire\\_609\\_ff/](https://www.reddit.com/r/onewheel/comments/d27yg2/onewheel_xr_new_motor_with_treaded_tire_609_ff/)
- [2 Onewheel pneumatiky. In: *The Sideways Movement [online]*. -: The Sideways Movement, 2019 [cit. 5] 2023-05-16]. Dostupné z: <https://thesidewaysmovement.com/onewheel-tire-upgrade/>
- [2 Tlumiče onewheel. In: *KiiL Guards [online]*. -: -, - [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: 6] <https://www.kiilguards.com/shop/kr-65-bolt-on-onewheel-suspension>
- [2 WHITE, Annie. *Onewheel osvětlení*. In: *Carandriver [online]*. -: -, 2018 [cit. 2023-05-19]. Dostupné 7] z: <https://www.carandriver.com/features/a24103539/riding-electric-onewheel-skateboard-in-the-office/>
- [2 Síly působící na onewheel. In: *Shredlabs [online]*. -: -, 2019 [cit. 2023-05-21]. Dostupné z: 8] <https://shredlabs.com/2019/07/12/nosedives/>

- [2] Zatáčení na skateboardu. In: *Sidewalkmag [online]*. -: -, 2013 [cit. 2023-05-21]. Dostupné z: 9] <https://sidewalkmag.com/skateboard-gear/advice/skateboard-basics-sidewalk-basics.html>
- [3] ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon o *provozu na pozemních komunikacích* a o změnách některých zákonů 0] (zákon o silničním provozu). In: . Česká republika: -, 2000, ročník 2000, číslo 361. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-361?text=p%C5%99epravn%C3%ADk>
- [3] DÁNSKO. Prohlášení o *zkušebním schématu pro samovyvažovací vozidlo* a motorizovaný 1] skateboard. In: . Dánkso: Carsten Falk Hansen, 2019, ročník 2019, číslo 41.
- [3] Aktuální informace o *streetových hrách, mikrokoloběžkách, koloběžkách*, skateboardech, 2] dětských kolech. In: Oesterreich.gv.at [online]. Rakousko: -, 2023 [cit. 2023-05-21]. Dostupné z: [https://www.oesterreich.gv.at/themen/freizeit\\_und\\_strassenverkehr/spielen\\_auf\\_der\\_strasse.html](https://www.oesterreich.gv.at/themen/freizeit_und_strassenverkehr/spielen_auf_der_strasse.html)
- [3] Právní úprava mikromobility ve *vybraných evropských státech*. In: . Česká republika: Kancelář 3] Poslanecké sněmovny, Sněmovní 4, 118 26 Praha 1, 2021, ročník 2021, 5.406. Dostupné také z: <http://www.psp.cz/sqw/ppi.sqw?d=1>
- [3] Nowe przepisy dotyczące *hulajnóg elektrycznych i urzędzeń transportu osobistego*. In: . Polsko: 4] Ministerstwo infrastruktury, 2021, ročník 2021, UD51.

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Rychlosti dosažené ve vzdálenosti 6 m na oblouku o poloměru 3 m .....	72
Tabulka 2 Rychlosti dosažené ve vzdálenosti 9 m na oblouku o poloměru 6 m .....	72
Tabulka 3 Rychlosti dosažené ve vzdálenosti 12 m na oblouku o poloměru 9 m .....	73
Tabulka 4 Přehled rychlostí průjezdů, vzdálenosti a směru vychýlení.....	76
Tabulka 5 Potřebné časy a dráhy při příčném přemístění dvěma oblouky.....	77
Tabulka 6 Hodnoty MFDD pro maximální rychlosti.....	80

## SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Porovnání rozjezdů do oblouku jednotlivých strojů do oblouků R = 3, 6, a 9 m .....	72
Graf 2 Porovnání průjezdových rychlostí jednotlivých vozidel v daných obloucích.....	74
Graf 3 Průběh maximálních rychlostí v závislosti na dráze .....	78
Graf 4 Průběh maximálních rychlostí v závislosti na čase .....	79
Graf 5 Průběhy brzdění v závislosti na dráze .....	79

Graf 6 Průběhy brzdění v závislosti na čase .....	79
---	----

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Konstrukce Inmotion V13 Challenger [3] .....	17
Obrázek 2 Konstrukce motoru [4] .....	18
Obrázek 3 Srovnání rozměrů akumulátorů 18650 vs 21700 [5].....	20
Obrázek 4 Bodové svařování akumulátorů [5] .....	20
Obrázek 5 Inmotion V13 uložení akumulátoru [6] .....	21
Obrázek 6 Veteran Sherman Max [7] .....	22
Obrázek 7 Inmotion V12 [8].....	23
Obrázek 8 Inmotion V13 Challenger [3].....	23
Obrázek 9 Motor S22 Pro a umístění hallova senzoru [9].....	25
Obrázek 10 Inmotion V13 řídicí elektronika [10] .....	25
Obrázek 11 Inmotion V13 chlazení [11] .....	26
Obrázek 12 Inmotion V12 displej [12] .....	27
Obrázek 13 Inmotion V13 ráfek [13] .....	27
Obrázek 14 Pneumatika pro jednokolky [14].....	28
Obrázek 15 King Song KS-S18 tlumič [15] [16] .....	29
Obrázek 16 Inmotion V13 Challenger osvětlení [17].....	29
Obrázek 17 Umístění powerpadů na jednokolce Kingsong S22 Pro [9] .....	30
Obrázek 18 Nastupování na jednokolku [9] .....	31
Obrázek 19 Umístění druhé nohy na nášlap [9] .....	32
Obrázek 20 Dva způsoby akcelerace [9] .....	33
Obrázek 21 Dva způsoby brzdění [9] .....	33
Obrázek 22 Dva způsoby zatáčení [9] .....	34
Obrázek 23 Konstrukce onewheel [18] .....	35
Obrázek 24 HyperCore motor [19] .....	36
Obrázek 25 Onewheel akumulátor [20].....	36
Obrázek 26 Profil rámu onewheel [21] .....	37
Obrázek 27 Onewheel madlo [22] .....	37
Obrázek 28 Onewheel aplikace [23] .....	38
Obrázek 29 Pneumatika na Hyper Core motoru [24] .....	39
Obrázek 30 Onewheel typy pneumatik [25].....	39
Obrázek 31 Tlumiče pro onewheel [26] .....	40

Obrázek 32 Osvětlení Onewheel [27] .....	41
Obrázek 33 Stand by poloha onewheel [9].....	41
Obrázek 34 Působící síly na onewheel [28] .....	42
Obrázek 35 Princip zatáčení na skateboardu [29] .....	43
Obrázek 36 Místo pro měření rozjezdů do oblouku a průjezdů konstantní rychlostí [9] .....	53
Obrázek 37 Místo pro měření vychýlení od původní trajektorie jízdy [9].....	54
Obrázek 38 Místo pro měření příčného přemístění [9] .....	54
Obrázek 39 Místo pro měření zrychlení a brzdění [9].....	55
Obrázek 40 Nápis BRZDA na 50 m [9] .....	55
Obrázek 41 Upevnění kamery a Vbox na onewheel [9] .....	56
Obrázek 42 Snímaná situace kamerou Garmin Virb [9].....	57
Obrázek 43 Průjezd levým obloukem na onewheel [9] .....	57
Obrázek 44 Průjezd pravým obloukem na onewheel [9] .....	58
Obrázek 45 Průjezd obloukem v maximální bezpečné rychlosti [9] .....	59
Obrázek 46 Ohlédnutí jezdce přes levé rameno [9] .....	59
Obrázek 47 Navrácení pohledu jezdce do směru jízdy [9] .....	60
Obrázek 48 Nájezd onewheel před vyhýbáním [9].....	61
Obrázek 49 příčné přemístění onewheel [9] .....	61
Obrázek 50 Výhled jezdce na měřený úsek [9] .....	62
Obrázek 51 Umístění měřících přístrojů na jednokolce [9] .....	63
Obrázek 52 Pohled kamery na situaci [9] .....	64
Obrázek 53 Pozice jezdce na začátku měřeného úseku [9] .....	65
Obrázek 54 Rozjezd do oblouku o poloměru 3 m [9].....	65
Obrázek 55 Průjezd oblouku o poloměru 9 m s nájezdovou rychlostí [9] .....	66
Obrázek 56 Ohlédnutí jezdce na jednokolce při měření vychýlení z osy [9].....	67
Obrázek 57 Nájezd do měřené oblasti [9] .....	68
Obrázek 58 Provádění příčného přemístění na jednokolce [9] .....	68
Obrázek 59 Srovnání jednokolky do směru jízdy [9] .....	69
Obrázek 60 Výhled jezdce na měřený úsek akcelerace [9].....	70
Obrázek 61 Ukázka otevřených dat ve VBOX Test Suite [9] .....	71
Obrázek 62 Pohled kamery z jednokolky při měření vychýlení z původní trajektorie [9] .....	75
Obrázek 63 Pohled kamery na mříž s jednokolkou [9] .....	77