



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**FAKULTA DOPRAVNÍ**

**Ústav soudního znalství v dopravě**

Bc. Tomáš Fogl

**OSOBNÍ PŘEPRAVNÍK A BEZPEČNOST JEHO PROVOZU**

Diplomová práce

**2017**



**K622 ..... Ústav soudního znelectví v dopravě**

**ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Bc. Tomáš Fogl**

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

**N 3710 – DS – Dopravní systémy a technika**

Název tématu (česky): **Osobní přepravník a bezpečnost jeho provozu**

Název tématu (anglicky): Personal transporter safety

**Zásady pro vypracování**

Při zpracování diplomové práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Úvod do problematiky
- Legislativa v ČR a ve světě
- Popis osobního přepravníku a osazení měřicí techniky
- Měření dynamiky osobního přepravníku
- Měřicí experiment
- Vyhodnocení naměřených dat
- Závěr






- Rozsah grafických prací: dle doporučení vedoucího práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: 1) ŠACHL, Jindřich. Analýza nehod v silničním provozu. Praha : Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2010.  
2) FIRST, Jiří. Zkoušení automobilů a motocyklů : příručka pro konstruktéry. Praha : S&T CZ, 2008.  
3) POHL, Rudolf. Dopravní prostředky. Praha : Nadace Kristiána Josefa Willenberga, 1999.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Tomáš Mičunek, Ph.D.**

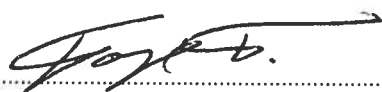
Datum zadání diplomové práce: **30. srpna 2016**  
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce: **30. května 2017**  
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia  
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

  
.....  
doc. Ing. Tomáš Mičunek, Ph.D.  
vedoucí  
Ústavu soudního znalectví v dopravě

  
  
.....  
prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. h. c.  
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.

  
.....  
Bc. Tomáš Fogl  
jméno a podpis studenta

V Praze dne.....30. srpna 2016

## Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této práce. Zejména děkuji doc. Ing. Tomáši Mičunkovi, Ph.D. a Ing. Luboši Nouzovskému za odborné vedení a konzultování diplomové práce, jejich rady mi byly přínosem po celou dobu mého studia. Dále bych chtěl poděkovat všem osobám, které se účastnily experimentu.

V neposlední řadě bych chtěl poděkovat své rodině a blízkým za morální a materiální podporu, které se mi dostávalo po celou dobu studia.

Tato práce byla podpořena grantem Studentské grantové soutěže ČVUT č. SGS16/255/OHK2/3T/16 Jednostopá vozidla a osobní přepravník - měření dynamiky a vlivu různých faktorů.

## Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci zpracovanou na Fakultě dopravní ČVUT v Praze.

Nemám závažný důvod proti užívání tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s metodickým pokynem O etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 25. května 2017

.....

Podpis

## **Anotace diplomové práce**

Název práce:	Osobní přepravník a bezpečnost jeho provozu
Autor:	Bc. Tomáš Fogl
Typ práce:	Diplomová práce
Rok obhajoby:	2017
Vedoucí práce:	doc. Ing. Tomáš Mičunek, Ph.D.  Ústav soudního znalectví v dopravě K622  České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní

**Abstrakt:** Předmětem této diplomové práce „Osobní přepravník a bezpečnost jeho provozu“ je rešerše na legislativní zařazení tohoto typu dopravního prostředku v ČR. Dále porovnání legislativ ohledně jeho užívání v různých zemích. Praktická část sestává z experimentu, kde je zaznamenávána dynamika jízdy různých osob na osobním přepravníku a následného vyhodnocení jízd testovaných osob. Z výsledků je potvrzena intuitivnost ovládní.

**Klíčová slova:** Osobní transportér, bezpečnost, akcelerometr, gyroskop, chodec, chodník, legislativa, elektromobil.

## **Master's thesis abstract**

Title: Personal transporter safety

Author: Bc. Tomáš Fogl

Document type: Master thesis

Year of presentation: 2017

Supervisor: doc. Ing. Tomáš Mičunek, Ph.D.

Department of Forensic Experts in Transportation

Czech Technical University in Prague, Faculty of  
Transportation Sciences

Abstract: The master thesis „Personal transporter safety“ is dealing with this specific mean of transportation and corresponding legislation in the Czech Republic. Furthermore the legislation is compared with legislation and restrictions abroad. The thesis is accompanied by test study with an aim to evaluate the control intuitiveness and learning speed of the personal transporter. The movement dynamics of various age groups were measured and assessed. Based on the results, the intuitiveness was confirmed.

Key words: Personal transporter, safety, accelerometer, gyroscope, walker, walkway, legislation, electromobile

## Obsah

1. Úvod .....	9
2. Legislativa v ČR a ve světě .....	16
2.1. Legislativa v ČR .....	16
2.2. Legislativa ve světě .....	24
2.2.1. Německo .....	24
2.2.2. Slovensko .....	25
2.2.3. Polsko .....	25
2.2.4. Rakousko .....	26
2.2.5. Francie .....	26
2.2.6. Velká Británie .....	27
2.2.7. Irsko .....	27
2.2.8. Nizozemsko a Dánsko .....	27
2.2.9. Itálie .....	28
2.2.10. Spojené státy americké .....	28
2.2.11. Španělsko .....	28
2.2.12. Švýcarsko .....	28
2.2.13. Čínská lidová republika .....	29
3. Nezávislé výzkumy .....	30
4. Popis osobního přepravníku a osazení měřicí techniky .....	32
4.1. Popis osobního přepravníku .....	32
4.1.1. Obecný popis .....	32
4.1.2. Baterie .....	33
4.1.3. Řídítka .....	34
4.1.4. Pneumatiky .....	34
4.1.5. Konstrukce přístroje .....	35
4.2. Osazení měřicí techniky .....	35
4.3. Nastavení inerciální jednotky .....	38

5. Měření dynamiky osobního přepravníku.....	42
6. Vyhodnocení naměřených dat.....	48
6.1. Technické parametry daného OP .....	56
6.2. Vyhodnocení jezdců kategorie 0-15 let.....	56
6.3. Vyhodnocení jezdců kategorie 16-21 let.....	58
6.4. Vyhodnocení jezdců kategorie 22-30 let.....	59
6.5. Vyhodnocení jezdců kategorie 31-50 let.....	61
6.6. Vyhodnocení jezdců kategorie 51+ let.....	62
7. Závěr.....	64
8. Seznam použité literatury .....	69
9. Seznam obrázků .....	73
10. Seznam tabulek .....	76
11. Seznam příloh .....	77



## Seznam použitých jednotek a zkratk

Tabulka 1 - Seznam použitých jednotek a zkratk

Zkratka/jednotka	Význam
OP	osobní přepravník
m/s	metry za sekundu
km/h	kilometry za hodinu
min	minuta
SS	souřadnicový systém

Obrázky, které nejsou označené, jsou vytvořeny či pořízeny autorem práce.

# 1. Úvod

Potřeba přepravovat se provází lidstvo již od samotného počátku věku. Pokud je tvor inteligentní, nespokojí se pouze se znalostí svého blízkého okolí a touha po poznání ho nutí se přemisťovat. Přemisťovat se za účelem nalezení úkrytu, rozmnožování či obstarání si potravy. Pokud má jedinec rozvinutý mozkový systém, uvědomí si, že v samotné ruce unese o mnoho méně, než je tomu třeba ve vaku. A pokud umístí vak na dvojkolí, uveze ještě mnohem více a především o mnoho těžší předměty. Vše započal vynález jednoduchého předmětu, jež nazýváme kolo. Jeho vynalezení se datuje do období přibližně 4000 př. n. l., kdy se v Mezopotámii, údolí Indu, na Severním Kavkaze a ve Střední Evropě nezávisle na sobě začaly objevovat první pokusy o nejpraktičtější vynález, kterým kolo beze sporu je. Tento vynález je dnes s různými obměnami využíván ve všech oblastech, jež si lze jen představit. [1]

S jednotlivými etapami lidstva se liší i druh používané energie, kterou využíváme k pohonu nejrůznějších předmětů. Zprvu šlo o lidskou sílu, postupem času se využívala síla zvířecí, parní stroj, spalovací motor, větrná energie, jaderný pohon atd. V dnešní době začíná éra elektromotorů. Elektromotory mají mnoho výhod oproti spalovacímu motoru, například při samotné jízdě nedochází k uvolňování imisí a jízda se na první pohled může jevit ekologičtější, efektivnější a ekonomičtější. V tomto případě hovoříme o lokálních emisích. V srdci elektromotorického zařízení nedochází také k takovému teplotnímu vyzařování, jako je tomu u spalovacích motorů, které používají současné automobily. Ovšem je tu i negativní stránka elektromobilu. Pokud bychom chtěli dosáhnout toho, aby byl elektromobil ve výsledku ekologicky a ekonomicky úspornější než současné automobily, je potřeba, aby energetické a ekonomické nároky na výrobu a poté recyklaci byly menší než na výrobu a recyklaci běžného automobilu, zde se jedná o globální emise. V elektromobilu se vyskytují elektromotory, baterie a více elektroniky než v klasickém automobilu. Je tedy důležité se na celou problematiku podívat v globálu a začít uvažovat, jestli nedojde k zamoření světa elektroodpadem a těžkými kovy, které se využívají nejen k výrobě baterií. Musí se začít recyklovat v ideálním případě až 100% používaného materiálu, k tomu doposud není možné přistoupit, jelikož lidstvo nemá takové technologie. I v dnešních automobilech se vyskytují součástky, které se po recyklaci jednoduše odloží, protože je prostě neumíme zpracovat. Je tedy třeba investovat do rozvoje recyklačních linek, které budou schopny pojmout množství produkovaných aut, protože současné elektromobily nemají takovou životnost jako automobily, které se vyráběly dříve.

Troufám si říci, že celková spotřebovaná energie na elektromobil a s tím i spojená uhlíková stopa prozatím v současné době převyšuje náklady na výrobu klasického automobilu. To není ale nic neobvyklého, vždy je potřeba investovat do neznáma, bez prvních průkopníků, kteří mnohdy nebyli i třeba zcela úspěšní, by se nikdy nic neobjevilo. Musíme se naučit využívat a pracovat s tím, co nám planeta Země poskytuje a využít veškeré možnosti při hospodaření s nerostným bohatstvím.

Pokud se zaměříme na elektromobil, představíme si jeho konstrukci a budeme hledat takové řešení, které se vždy hodí do dané lokality, kde budeme předpokládat jeho výskyt, dojdeme k následujícím závěrům. Největší koncentrace automobilů je ve městech, kde se také nejčastěji lidé přepravují na krátkou vzdálenost. A právě v tomto případě by se nám hodilo mnohem více mít dopravní prostředek, který nebude zabírat takový prostor, pokud ho budeme chtít odstavit, či zaparkovat. Protože pokud bychom porovnali čas, kdy je automobil využíván a kdy není využíván, dojdeme k závěru, že ve většině času pouze stojí zaparkován či odstaven. Vize by byla tedy, zmenšit osobní automobil na co nejmenší tvar se zachováním pocitu bezpečnosti a komfortu osob, které ho využívají a zároveň brát ohledy na ekologii. Zde přichází na scénu osobní přepravník, který je lidstvu znám přibližně 15 let. V roce 2001, konkrétně 3. prosince v pořadu americké televize ABC News, byl představen osobní přepravník, který je lidstvu znám přibližně 15 let. V roce 2001, konkrétně 3. prosince v pořadu americké televize ABC News byl představen osobní přepravník nesoucí označení Segway PT p133. [2]

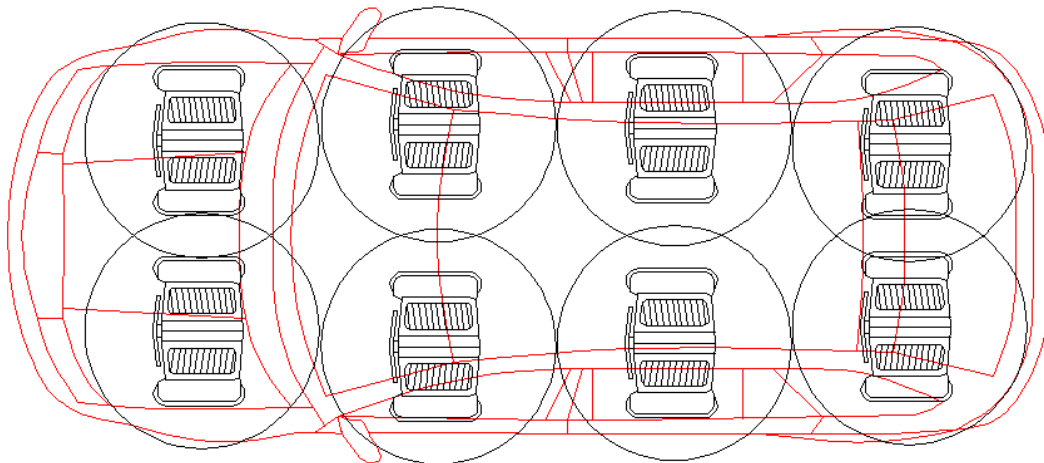


Obrázek 1 - Segway PT p133 [3]

A ukázal jistý směr, kterým by se toto odvětví mohlo vyvíjet. Osobní přepravník (dále OP) využívá principu dynamické stabilizace a dá se jednoduše říci, že funguje jako lidské tělo. Pokud se osoba předkloní vpřed, lidské tělo bezmyšlenkovitě zareaguje. Ve vnitřním uchu se nachází tekutina, která pomocí vlásků vyhodnotí náklon těla a dá impuls nervové soustavě, která předá zprávu mozku a ten provede předkročení nohy, většinou té, ke které máme větší důvěru. Tím osoba vyrovná náklon a nepadne na zem, takto je tomu i v případě zaklonění dozadu, zde dá mozek povel k zaklonění nohy a předcházení pádu vzad.

OP má místo středního ucha soustavu elektronických gyroskopů, které vyhodnocují svoji polohu a náklon několikrát za sekundu. Pokud OP vyhodnotí, že se na něm vyskytuje osoba, která se předklonila, snaží se ji „podjet“ a navrátit OP do vzpřímené polohy. Takto je tomu i při záklonu.

Osobní přepravník je o mnoho kompaktnější a jeho nároky na infrastrukturu jsou o mnoho menší v porovnání s dnešními automobily. Lokální emise jsou nulové a problém s automobily, které zabírají poměrně velké plochy, by mohl být vyřešen. Na plochu, kterou zabírá automobil, se dá umístit cca 8 osobních přepravníků, aby bylo každému umožněno volně odjet a přijet, jak je patrné z obrázku níže (Obrázek 2 - Pohled na osobní automobil značky Škoda fabia 1 gen. a OP seshora).



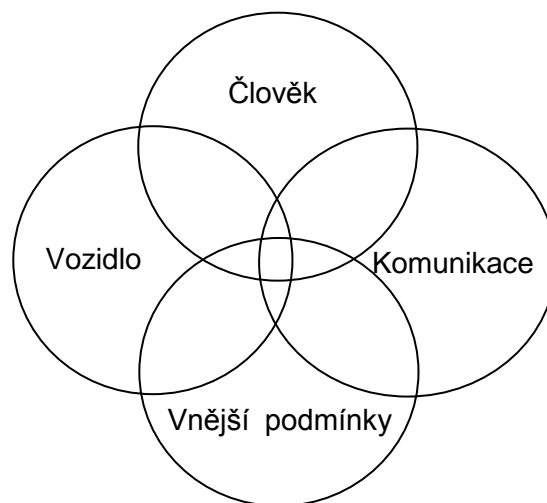
**Obrázek 2 - Pohled na osobní automobil značky Škoda fabia 1 gen. a OP seshora**

Problém by nastal v případě nepříznivého počasí, ale toto je otázka, kterou by se měly zabývat společnosti působící v tomto odvětví. Je určitě možné dovybavit základní modely různými nadstavbami, které by mohly mít jak zavazadlový prostor, tak i karoserii, a dalo by se na osobním přepravníku pohybovat bez ohledu na počasí.

Ať už se jedná o automobil se spalovacím motorem, elektromobil, či osobní přepravník, spojuje je jedna společná věc, a tou je jejich nadřazené odvětví, které se nazývá doprava.

Doprava je atributem lidské činnosti. Zahrnuje jednoduchý pohyb, kterým je chůze, až po komplikovanou činnost za pomoci různých prostředků. Doprava je vykonávána téměř nepřetržitě v čase a prostoru. Jelikož doprava je odvětvím, které je velmi rozvinuté, nabyla na významu i její organizace. [4]

Aby na silnici nevznikal chaos a byly jasně definované pravidla, jsou nedílnou součástí infrastruktury i pravidla pro její používání. Každý uživatel se jimi musí bezpodmínečně řídit. V každé zemi proto existují jasně definované zákony, které se místně liší a pokud se nedodržují, může být osoba pokutována. V České republice je to například zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích. V zákoně je v několika částech jasně definováno, jak se může buďto samotná osoba, či osoba užívající nějaký dopravní prostředek pohybovat na komunikacích. Dále je v zákoně definováno, čím lze provoz řídit a jaká je pravomoc jednotlivých orgánů státní správy a Policie České republiky ve věcech provozu na pozemních komunikacích.



**Obrázek 3 - Schéma diagramu bezpečnosti dopravy [5]**

Do přepravy samotného jedince vstupuje však ještě několik dalších dílčích členů, které jsou znázorněny na předchozím diagramu (Obrázek 3 - Schéma diagramu bezpečnosti dopravy [5] ), znázorňující vzájemné propojení všech množin.

Člověk je nejdůležitějším článkem celého přepravního cyklu, i když v dnešní době je již mnoho pokusů o autonomní řízení vozidla, to ovšem nepracuje se 100% spolehlivostí.

Lidská bytost je tedy doposud nejlepší řídicí člen, který se dokáže v okamžiku přizpůsobit náhlé nečekané situaci.

Pokud bychom porovnali reakční doby mezi jednotlivými dopravními prostředky, měl by na tom OP být nejlépe. Stroj totiž komunikuje s osobou pomocí pohybů samotného těla a nevnáší se do reakční doby prodleva jednotlivých dalších členů. Například celková reakční doba brzdění v automobilu se skládá z těchto jednotlivých částí:

- Optická reakce
- Psychická reakce
- Svalová reakce
- Prodleva brzd
- Náběh brzdného účinku [6]

U OP by se dalo usuzovat o možném sloučení některých částí reakční doby v porovnání s prozatím uvažovanou celkovou reakční dobou a o nepatrné zmenšení celkové doby:

- Optická reakce
- Psychická reakce
- Svalová reakce
- Reakce vozidla

V celkovém součtu dojde ke zlepšení v řádech desetin sekundy, ale i toto nepatrné zlepšení má v krizovém rozhodovacím okamžiku velkou váhu.

Na následujících fotografiích je s odstupy zaznamenáno kritické brzdění jezdce, který musel náhle zastavit. Jeho hlavní výhodou je v tom, že ovládá vozidlo svým vlastním tělem a jak již bylo zmíněno, není třeba přehmatávat ruku na jinou ovládací páčku, či přešlapávat na jiný pedál. Lidé, kteří vyvíjejí OP, tak musí zároveň navrhovat takové stroje, aby ovládání vždy mělo ten samý princip, ať už se na něm chce přepravovat osoba, která má 40 kg nebo osoba s maximální dovolenou hmotností (např. 120 kg pro většinu typů OP). Jde o širokou škálu jedinečných pohybů každého jezdce, které musí stroj rozpoznat a správně zareagovat, jelikož by během chvíle mohlo dojít k pádu uživatele kvůli jinému umístění těžiště.



Obrázek 4 - Snímek č. 1, 2, 3 z brzdění jezdce



Obrázek 5 - Snímek č. 4, 5, 6 z brzdění jezdce



Obrázek 6 - Snímek č 7 a 8 z brzdění jezdce

V kritickém stavu, kdy dochází k extrémnímu brzdění, by bylo vhodné zavést už i do této oblasti dopravy prvky pasivní bezpečnosti.

Pasivní bezpečnost má za cíl co nejvíce zmírnit následky nehodového děje. U automobilů se tak třeba jedná o deformovatelnou část karoserie, airbag, bezpečnostní pásy a mnohé další prvky. A jelikož doposud OP nedisponuje prvky pasivní bezpečnosti, bylo by dobré se touto problematikou zabývat. Pokud budeme věřit, že v budoucnu nahradí dopravu ve městech, pravděpodobně se budou pohybovat i rychleji než je tomu doposud. A s rostoucí rychlostí nám stoupá i riziko závažnějšího zranění. Z OP by mohla být v případě rozpoznání velkého náklonu nášlapné plošiny vysunuta stabilizační kolečka, která by zabránila překlopení stroje vpřed, či vzad. Další možná varianta ochrany jezdce, by mohla být v ochranném pytli, který by fungoval na stejném principu jako je airbag u automobilů, a v případě rozpoznání nárazu do překážky, by se kolem jezdce vytvořil vzduchový obal, který by ho po dobu střetu ochránil.

Tato práce se tedy bude věnovat tématu osobního přepravníku. V první řadě se bude zabývat dosavadní legislativou v České republice, kde bude podrobně popsán zákon, který upravuje podmínky používání tohoto druhu přepravy. Pro porovnání budou zahrnuty i ostatní vhodné země. Následně se práce bude věnovat měřicí technice k zaznamenání jízdních charakteristik, na které naváže experiment. Z daného experimentu se autor práce bude snažit odvodit různé spojitosti mezi věkem, odhodláním a dalšími dílčími parametry, které charakterizují daného jedince.



## 2. Legislativa v ČR a ve světě

Tato kapitola předkládané diplomové práce je zaměřena na současnou právní úpravu pohybu na osobním přepravníku v dopravním prostoru v českém prostředí a její porovnávání s legislativním rámcem zemí jak sousedních, tak geograficky i právně více vzdálených. Nová česká úprava je také na několika místech opatřena komentářem nebo jsou doplněny informace v místech, kde se tato ustanovení odkazují na jiné části téže či jiné právní normy.

### 2.1. Legislativa v ČR

Problém zařazení osobního přepravníku (dále jen OP) do určité kategorie uživatele veřejných komunikací byl v poslední době v České republice velice frekventovaným tématem. Nabízelo se mnoho možností pohledu na tuto veřejně diskutovanou otázku. Například nahlížet na něj jako na chodce, poté by se mohl uživatel volně pohybovat všude tam, kde mohou chodci, OP by však neměl jet rychlostí větší, než je rychlost chůze. Druhý pohled byl takový, že se jedná o dopravní prostředek na úrovni jízdního kola. Jelikož OP není typickým prostředkem a v budoucnu se počítá s nárůstem tohoto typu přepravy lidí, bylo nutné se jím zabývat samostatně. Ministerstvo dopravy ČR se rozhodlo následovně a zavedlo do § 2 „Vymezení základních pojmů“ v zákoně 361/2000 Sb., zákon o provozu na pozemních komunikacích, pod písmeno nn) pojem osobní přepravník: [7]

- *„Osobní technický prostředek je osobní přepravník se samovyvažovacím zařízením nebo obdobné zařízení.“ [7]*

Ve výsledku to znamená, že uživatel pohybující se na osobním přepravníku spadá do samostatné kategorie, nepovažuje se tedy ani za chodce a ani za cyklistu, a musí se řídit zvláštními podmínkami užívání pozemních komunikací. Ty jsou stanoveny v § 60a téhož zákoně následovně:

- *„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.“ [7]*

Dle § 54 odst. 2 se smí přecházet vozovka jen kolmo k její ose, před vstupem na vozovku se osoba musí přesvědčit, že neohrozí sebe a ani ostatní účastníky provozu. Nesmí také donutit ostatní účastníky k náhlé změně směru nebo rychlosti jízdy. Dle odst. 3 se nesmí osoba bezdůvodně zastavovat, či zdržovat na přechodu pro chodce. Musí dát přednost vozidlům s právem předností jízdy. Chodec také nesmí vstupovat bezprostředně před blížícím se autem a také musí dát přednost tramvaji. [7]

Dle § 54 odst. 4 nesmí chodec překonávat zábradlí a jiné zábrany, které usměřují dopravní proud.

- *„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.“ [7]*

Dle § 57 odst. 2 se osoba pohybující se na jízdním kole musí zdržovat při pravém okraji vozovky, jízdním kolem se rozumí i koloběžka. Dle odst. 3 téhož paragrafu se mohou cyklisté pohybovat pouze za sebou. Odstavec 8 § 57 stanovuje, že se musí osoba na jízdním kole přesvědčit, zda při přejetí přejezdu pro cyklisty neohrozí jak sebe tak ani ostatní účastníky provozu. Nesmí také donutit ostatní účastníky k náhlé změně směru nebo rychlosti jízdy. [7]

Dle § 73 odst. 2 se musí osoba řídit světelným signalizačním zařízením tak jako cyklista. [7]

- *„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.“ [7]*

Pokud se bude osoba na OP pohybovat jako chodec, tedy při levém okraji vozovky, je jeho šířkový rozměr v porovnání se samotnou osobou mnohem větší (pro příklad u konkrétního typu OP Segway X2 je jeho šířka 840 mm). Samotná osoba také může jednoduše ustoupit do boku, osoba pohybující se na OP nikoli. Lze se tedy domnívat, zda

by nebylo v tomto případě lepší povolit pohyb osob na OP na pravé krajnici, i vzhledem k tomu, že se jedná o dvoustopý dopravní prostředek.



Obrázek 7 – Porovnání osoby stojící na OP a samostatně

Dle § 53 odst. 9 musí mít osoba, pohybující se mimo obec za snížené viditelnosti v místech, kde není veřejné osvětlení, na sobě retroreflexní prvky. [7]

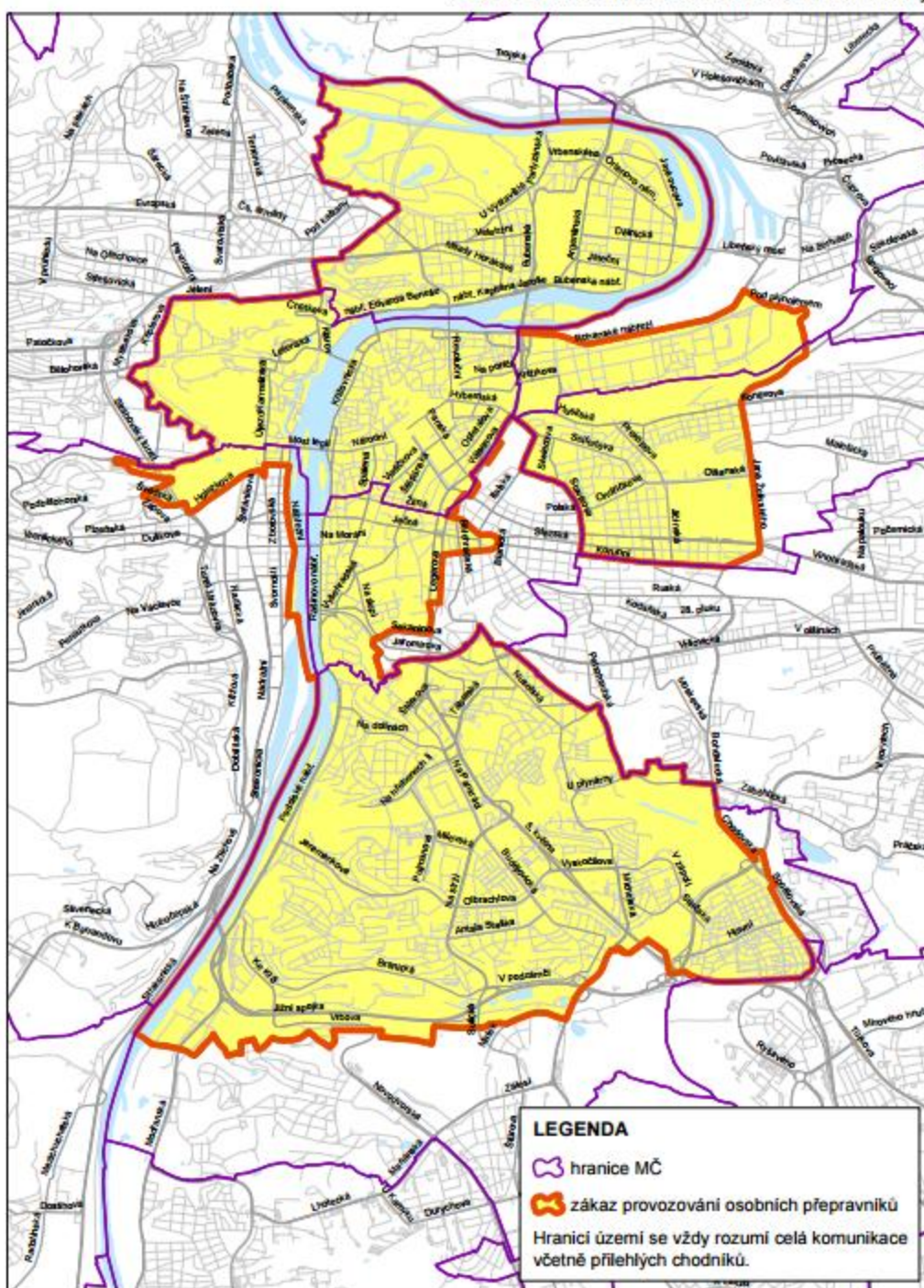
- „Osoba na osobním přepravniku nesmí na chodníku, stezce pro chodce, stezce pro chodce a cyklisty, jízdním pruhu vyhrazeném pro cyklisty nebo stezce pro cyklisty nebo na pěších a obytných zónách ohrozit chodce nebo cyklisty. Při přejíždění vozovky na osobním přepravniku se § 5 odst. 2 písm. f) až h) použijí obdobně.“ [7]
- „Obec může nařízením vymežit na svém území místa, kde je provozování osobního přepravniku 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.“ [7]
- „V případě vymezení území místa, kde je provozování osobního přepravniku 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.“ [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.“ [7]*

Dle citovaného zákona je tedy plně v kompetenci obce vymezit na svém území lokality, kde se osobní přepravník nemůže používat. V České republice je zřejmě jediné město Praha, které se potýkalo ve větší míře se stížnostmi na bezohledné uživatele pohybující se na tomto zařízení. V jiném českém městě se problém nedostal do takové fáze, kdy by vyšla platnost zákazu užívání v určitých vymezených místech. V hlavním městě ČR se tak uskutečnilo.

Stalo se tak dne 19. července 2016. Dle nařízení č.14/2016 Sb. hl. m Prahy (přiloženo v příloze č. 1), se vymezuje území, na kterých se provozování osobního přepravníku zakazuje. V platnost vešlo patnáctým dnem po svém vyhlášení, tj. 3. srpna téhož roku. Území je vyznačeno na následující mapě (Obrázek 8 – Mapa s vyznačeným zákazem pohybu na OP) , která je také součástí přílohy č. 1.



Obrázek 8 – Mapa s vyznačeným zákazem pohybu na OP

Jak je na mapě vidět, území je celkem rozsáhlé a mnohdy jsou dle názoru mnohých lidí zahrnuty i lokality, kde by rozhodně nedocházelo k problémům s užíváním těchto zařízení. Nejvíce je tento problém diskutovaný v Praze 1 a 2, kde jsou v největší míře turisty vyhledávané cíle a jelikož historické jádro města nemá chodníky a ulice v dostatečné šíři, je zde zákaz užívání logický. V odlehlějších místech, kde zákaz platí, je možné hovořit o nadbytečnosti a zbytečném omezování lidské svobody. V zakázané lokalitě je i Braník,



Kačerov, Pankrác, Smíchov, Libeň, Holešovice nebo Letná. Na daný zákaz užívání v zakázané lokalitě je osoba upozorněna svislým dopravním značením, viz foto níže (Obrázek 9 - Fotografie SDZ). Na daném SDZ je použit symbol z přílohy č. 7 vyhlášky č. 294/2015 Sb., kterou se provádějí pravidla provozu na pozemních komunikacích.



Obrázek 9 - Fotografie SDZ na Praze 2- Albertov



Obrázek 10 - Fotografie místa pod Nuselským mostem

Fotografie, která ruší platnost zákazu pohybu na samovyvažovacím zařízení (Obrázek 10 - Fotografie místa pod Nuselským mostem), byla pořízena pod Nuselským mostem. Pokud se pozorně podíváme na fotografii, uvidíme vpředu fotografie SDZ, která ruší zákaz používání OP. V pozadí fotografie je naopak SDZ, která používání OP znovu

zakazuje. Tyto značky jsou ve skutečnosti od sebe vzdáleny přibližně 30 m. Zajímavostí je to, že se lze na OP pohybovat v tomto vymezeném úseku, do kterého ovšem vedou ze všech stran schody a osoba na OP by se ani na toto místo nemohla dostat.



**Obrázek 11 - Fotografie místa pod Nuselským mostem**

Veškerým svislým dopravním značkám, které se zabývají úpravou pravidel na pozemních komunikacích, se věnuje § 60a – „Užívání osobního přepravníku“. V této diplomové práci je pro ukázkou vyobrazena značka B30a „Zákaz vjezdu osobního přepravníku“, vedení OP je povoleno (Obrázek 12 - Značka B30a). Celý tento § 60a je přiložen v příloze č. 2.



**Obrázek 12 - Značka B30a**

Přestože zákaz začal platit v srpnu 2016, nemohli policisté, vzhledem k chybějícím značkám, které upozorňují na to, že se zde nemohou osoby na OP pohybovat, po těchto osobách vymáhat pokutu. Jezdci tak zmizeli z ulic na začátku prosince, kdy se město rozhodlo instalovat více než 600 značek. [8]

Všechny komerční společnosti, které se zabývají podnikáním v turismu a nabízejí vyhlídkové jízdy na OP na území hlavního města Prahy, se v současnosti kvůli představenému nařízení potýkají s velkým problémem. Je evidentní, že se tento zákaz nelíbí společnostem, které investovali vysoké částky do nákupu OP a tak dochází ke

sporům mezi městem a nově založenou Asociací Segway ČR, která spojuje 25 těchto společností. Asociace považuje zákaz za protizákonný a plánuje žalobu za ušlý zisk. [9]

Provozovatelé se pokoušejí obejít zákaz pomocí elektrokoloběžek. Na ty se žádný zákaz prozatím nevztahuje, ačkoli museli provozovatelé opět investovat do nákupu těchto dopravních prostředků, mohou tak alespoň nějakou cestou provozovat svoji živnost. Cena za pronájem koloběžky je srovnatelná s cenou půjčení OP, tedy přibližně 1 000 Kč za hodinu půjčení stroje. Pořizovací cena koloběžky je ovšem o mnoho menší, její cena se je přibližně 1/4 oproti Segwayi.

Pokud jde o bezpečnost jezdců na elektrokoloběžkách a jejich chování, dovoluji si konstatovat, že se lidé pohybující na těchto dopravních prostředcích chovají sebevědoměji a více riskují oproti tomu kdyby se pohybovali na OP. Elektrokoloběžka umožňuje dosáhnout 20 km/h, v principu ovládání je obdobné jako na bicyklu, s tím má většina lidí zkušenosti a není zapotřebí si zvykat na odlišnost ovládání. Elektrokoloběžky se mohou pohybovat tam, kde je pohyb dovolen bicyklům a nehrozí jim doposud žádný postih. Ovšem turisté se opět rádi spíše pohybují na chodnících. Je to tedy ve finále jen přenesení problému na jiný typ dopravního prostředku. Skupinku jezdců, kteří ke své jízdě použili chodník je možno vidět na fotografii níže. (Obrázek 13 - Osoby na elektrokoloběžkách)



Obrázek 13 - Osoby na elektrokoloběžkách



## 2.2. Legislativa ve světě

V následující části této kapitoly jsou uvedeny jednotlivé země společně s pravidly, kterými se musí uživatel pohybující se na osobním přepravníku řídit. Vzhledem k rychlému vývoji v této oblasti je třeba podotknout, že jsou uvedená ustanovení platná ke dni 30. 3. 2017.

### 2.2.1. Německo

Ve Spolkové republice Německo se vláda po prvotním zákazu užívání OP na veřejných prostranstvích rozhodla v rámci podpory ekologické mobility povolit používání OP na veškerých komunikacích, uživatel však musí na chodníku jet rychlostí chůze. Jelikož je v Německu velký ohlas po ekologických dopravních prostředcích, má OP v této zemi zelenou. Německá legislativa používá pro tento typ dopravního prostředku označení „elektronische Mobilitätshilfe“, tedy „Elektronická pomůcka mobility“. Tomuto tématu se věnuje Nařízení o podpoře mobility (Mobilitätshilfenverordnung - MobHV), z 16. července 2009. Například §2 zavádí pro provozování OP povinnost pojištění tak, jak tomu je i u jiných dopravních prostředků. Důležitá je podmínka §3, podle kterého musí řidič OP vlastnit alespoň základní řidičský průkaz na nejmenší motocykly. Z hlediska bezpečnosti je podstatná nařízení §4 a §5.

První z nich uvádí, že OP musí být schopen zpomalit až do úplného zastavení a musí být schopný dosáhnout zpomalení alespoň  $3,5 \text{ m.s}^{-2}$ . Druhý zavádí povinnost vybavení OP osvětlovacími prostředky a to v souladu s dalšími obecnými požadavky na osvětlení dopravních prostředků (např. fotometrické hodnoty musí být splněny za všech provozních podmínek či nesmí dojít k oslnění protijedoucích vozidel předními světly). Konkrétně jsou to ve směru dopředné jízdy působící bílé světlo a bílá odrazka, dozadu působící obrysově červené světlo a červená odrazka a žlutá odrazka na každé z bočních stran. V tomto paragrafu je také uvedeno, že musí být řidiči OP neustále zobrazen stav nabití baterie pohonu.

Dle §6 může být OP provozován jen, pokud je vybaven zvonkem. Úprava pravidel chování jezdců na OP je vymezena v §7, který ve svém prvním odstavci odkazuje na obecná pravidla silničního provozu a v dalších odstavcích zavádí konkrétní pravidla. Mezi ně patří, že se jezdec na OP smí pohybovat pouze ve vyhrazených jízdních pruzích či cyklostezkách. Pokud ty nejsou zřízeny, mohou se pohybovat v jízdním pruhu společně s motorovou dopravou. Jezdec na OP by měl jet, pokud možno při pravém okraji jízdního pruhu. Jízda po chodníku je zakázána, pro pěší zóny mohou obce udělit výjimku a jízdu v nich umožnit. Jízda bez držení řídítek není povolena. Není-li OP vybaven směrovým

světlem, jezdec dává znamení o změně směru rukou (tedy podobně jako je tomu např. u cyklistů). [10]

### 2.2.2. Slovensko

Na Slovensku od 1. 1. 2016 vešla v platnost novela zákona č. 8/2009 „Z. z. o cestnej premávke“. Její návrh vypracovalo Ministerstvo vnitra Slovenské republiky a jsou v ní stanoveny podmínky, za kterých se může osoba na OP pohybovat ve veřejném prostoru. Předkladatel novely zvolil pro pojmenování daného dopravního prostředku výraz „samovyvažovacie vozidlo“.

Uživatel musí mít nejméně 15 roků, při jízdě musí mít ochrannou přilbu a musí držet řídítka oběma rukama. Při snížené viditelnosti musí být osoba na OP stejně jako například cyklista opatřena reflexními prvky. Na chodníku se osoba může pohybovat maximálně rychlostí chůze a co nejvíce při pravém okraji chodníku, může také využívat stezky pro cyklisty, zde se taktéž musí pohybovat co nejvíce vpravo. Pokud jede více jezdců, musí jet jednotlivě za sebou. [11] [12]

### 2.2.3. Polsko

V Polsku doposud nebylo přijato žádné celostátní nařízení, které by upravovalo podmínky používání OP. V této zemi se tedy na OP lze pohybovat kdekoli si uživatel přeje bez jakéhokoli postihu. Předpokládá se tedy, že osoba nebude sama sebe vystavovat a ani ostatní účastníky provozu nebezpečným situacím a bude užívat doporučení, které uvádí samotný výrobce. V Polsku se naopak snaží využít potenciál, který tento typ osobní přepravy přináší. Polské firmy se snaží zapojovat OP v odvětví, kde díky němu získá osoba pohybující se na OP větší akční radius pohybu a jeho efektivita práce v porovnání bez užití OP bude větší. Mezi velké odběratele tedy patří bezpečnostní agentury, které OP využívají k dohledu dodržování pravidel v nákupních centrech, skladech, letištích atd. OP ve velké míře využívá i státní a městská policie již několik let. [13]



Obrázek 14 - Polští policisté na OP [14]

#### 2.2.4. Rakousko

Rakouský parlament se rozhodl doplnit ve stávajícím Zákoně o silničním provozu a jeho §1 odst. 22, který je věnován jízdnímu kolu, písmeno, které se věnuje OP. Ten je nazýván jako „elektrisch angetriebenes Fahrzeug“, tedy „elektricky poháněné vozidlo“. Jelikož OP v této zemi spadá do kategorie jízdních kol, platí pro něj stejná pravidla. Tato úprava vešla v platnost 6. října 2015.

Osoba pohybující se na daném zařízení se tedy musí řídit dle pravidel, která platí pro cyklisty. Tato pravidla jsou dána výše zmiňovaným zákonem, konkrétně v §65. Osoba, která se chce na OP pohybovat musí mít stáří nejméně 12 let, popřípadě být pod dohledem osoby, která dovršila hranici 16 let. Pohybovat se může na cyklostezkách, na silnici pouze pokud není možno jet po stezce pro cyklisty. Na chodníku je používání zakázáno. OP musí být vybaven všemi bezpečnostními prvky jako bicykl tedy zvonek, světlo, odrazky (tedy podobně jako je tomu například i v Německu). [15] [16]

#### 2.2.5. Francie

Francouzské ministerstvo dopravy se rozhodlo, že v celé zemi se bude pohlížet na OP, jako na dopravní prostředek, který je ekologický. Jelikož mezi priority země patří využívání ekologicky získané energie, zákonodárci tak podporují ve velké míře i ekologicky šetrné dopravní prostředky, které zanechávají menší uhlíkovou stopu než klasický dopravní

prostředek se spalovacím motorem. Ministerstvo se tedy rozhodlo považovat OP za chodce a tudíž se může osoba jedoucí na OP pohybovat všude, kde se může pohybovat chodec. Toto nařízení je platné ve všech městech Francie. Osoba na OP se musí řídit kodexem chodců, jednotlivé podmínky a pravidla podléhají vyhlášce č. 2010-1390 ze dne 12.11.2010. Přesněji se jedná o odstavce, které se věnují chodcům, jimi jsou R412-34 až R412-43. Osoba na OP se na chodníku nesmí pohybovat rychlostí, která přesahuje rychlost chůze, ta je stanovena na 6 km/h. Musí zde ale platit důležité pravidlo, pokud by byla konstrukční rychlost OP větší než 25 km/h, nemohl by se již považovat za chodce a změnila by se jeho právní kvalifikace na vozidlo. Je tedy v zájmu samotných výrobců dodržovat konstrukční rychlost pod 25 km/h. [17] [18] [19]

### 2.2.6. Velká Británie

Velká Británie se k celkovému tématu postavila asi nejvíce razantně. Zakázala užívání OP na veškerých komunikacích. Je tedy možné používat OP jen na soukromých pozemcích se souhlasem vlastníka pozemku. Zákon zakazující používání se jmenuje: „Zákon o silničním provozu 1835“ a obsahuje mimo jiné §72, který zakazuje jakoukoli jízdu vozidlem na chodníku. Pohybovat se v této zemi na chodníku je tedy možné jen samostatně. Výjimku tvoří lidé, u kterých je prokazatelné postižení, ti mají povoleno na chodníku používat elektrické vozíky. Je zajímavé, že právě vlastník firmy Segway, který pocházel z Velké Británie, se zřítíl z útesu na Segwayi X2 a byl nalezen mrtev. Tento zákaz platí i pro veškeré další elektricky samovyvažovací dopravní prostředky. [20] [21] [22]

### 2.2.7. Irsko

V Irsku se parlament rozhodl pro celostátní zákaz používání OP na veřejném prostranství. Lze tedy tato zařízení využívat jen na soukromém pozemku se souhlasem vlastníka. V zemi existuje podle dohledatelných informací pár míst, jakým je například Phoenix Park, kde je za jistých podmínek užívání dovoleno. Osoba pohybující se na OP musí mít řidičské oprávnění a nosit přilbu. Je také nutné mít uzavřenou pojistku na případné krytí třetích stran, pokud dojde ke zranění či poškození majetku. [23]

### 2.2.8. Nizozemsko a Dánsko

Nizozemský parlament se rozhodl po prvotním zákazu užívání OP v zemi, zmírnit své nařízení. Přehodnotil jeho zařazení z původního chodce a zařadil ho do kategorie jako zvláštní typ mopedu. V zemi je povoleno používat OP za předpokladu, že je osoba starší 16 let, OP má licenční štítek a vozidlo má sjednané pojistné krytí. Mezi další prvky, které

umožňují osobě pohybovat se ve veřejném prostoru, patří osvětlení, maximální rychlost 25 km/h, přilba atd. Stejnými pravidly se musí řídit i osoba v Dánsku, pokud bude chtít OP používat na veřejných komunikacích. [24] [25] [26]

### 2.2.9. Itálie

Italské ministerstvo dopravy se dne 20.3.2007 rozhodlo nahlížet na OP jako na chodce. Uživatel se tedy může volně po celé zemi pohybovat po chodnících a všude tam, kde mohou pěší. Nesmí přesáhnout stanovenou maximální rychlost 6 km/h, či 20 km/h na cyklostezce. Nařízení také opravňuje k užívání OP pouze osoby, které dovršili 16let. [27]

### 2.2.10. Spojené státy americké

Ve spojených státech je situace podobná jako v tuzemsku. Zákon umožňuje jednotlivým 51 zemí příslušnou úpravu legislativy a může tak povolit, upravit, či zakázat používání OP na svém území. Nenahlíží na ně jako na motorová vozidla ale jako spotřební zboží. V této zemi také nabízejí pojišťovací kanceláře běžně pojistku na OP. V zemi mají také zákaz dovozu OP od jiné značky než je právě Segway. Společnost podala stížnost u komise pro mezinárodní obchod, že ostatní společnosti, které se snaží v zemi prodávat OP stejného typu, porušují jejich patenty. Nyní v zemi platí zákaz prodeje OP, který nepatří do nabídky Segway. [28] [29]

### 2.2.11. Španělsko

Ve Španělsku se starosta hl. města Barcelony postavil k OP poněkud negativně. Dle jeho slov způsobují jen problémy a zakázal tedy používání OP na nábřeží v letních měsících. Radní pro mobilitu ve Španělsku se vyjádřil, že bohužel se technologie vyvíjí rychleji, než to jsou města schopna regulovat a pracují již na úpravě celostátního zákona o používání těchto zařízení. Pokud někdo pojedje v zakázané oblasti, hrozí mu pokuta 90€ až 1125€ za jízdu. [30]

### 2.2.12. Švýcarsko

Ve Švýcarsku se parlament rozhodl k tolerování OP, za podmínek, že se budou osoby vyskytovat na cyklostezkách. Od června 2015 mohou být využívány občany staršími 14 let s řidičským průkazem na mopedy a starší 16 let bez povolení. [31]

### 2.2.13. Čínská lidová republika

V Číně se parlament prozatím nevyjádřil k používání tohoto typu dopravního prostředku. Je to i logické, když veškeré OP ve většině případů vznikají v této zemi. Je tedy na samotném uživateli, aby při jízdě neohrozil sám sebe a ani ostatní účastníky provozu, jak doporučují výrobci na svých internetových stránkách.



Obrázek 15 - Čínští strážníci na OP [32]

### 3. Nezávislé výzkumy

V následující kapitole budou popsány experimenty, které již v minulosti byly na tuto problematiku zpracovány. Existuje několik nezávislých bezpečnostních studií, které si nechala sama společnost Segway vypracovat. Všechny studie podporují výsledky experimentu, který byl součástí této diplomové práce a docházejí k závěru, že osoby pohybující se na OP nejsou nebezpečné.

Centrum pro experimentální elektrická vozidla v Quebecu v roce 2004, přezkoušelo Segway HT ve skutečných podmínkách a dospěl k následujícímu závěru: V první fázi přezkoušení se zkoumají ergonomické, provozní a technické aspekty. Závěry ukazují, že Segway PT je velice stabilní a dává uživatelům pocit „kontroly“. V porovnání s dalšími typy obdobných zařízení je Segway PT na špičce na poli stability. Nakonec se uvádí, že Segway PT splňuje většinu nároků v oblasti dopravy a může být považován za náhradu za automobily. [33]



Obrázek 16 - Osoba zúčastněná experimentu [34]

Centrum pro experimentální elektrická vozidla v Quebecu v roce 2006, přezkoušel Segway HT ve skutečných podmínkách a dospěl k následujícímu závěru: Ve druhé fázi celého přezkoušení je zkoumáno chování Segway PT, kde 143 uživatelů ujelo přes 9 000 km na chodnicích, cestách a silnicích ve třech hlavních městech v provincii Quebec. Zpráva uvádí, že během celého testování nedošlo k žádnému vážnému zranění, ani ke kolizi s chodci, nebo „překážení“. V sekci „Doporučení“ studie indikuje, že Segway



PT je vhodný pro použití v místech, kde se pohybují chodci, aniž by byla narušena bezpečnost uživatelů, stejně tak jako chodců, cyklistů a motoristů. [33]

Institut pro řízení dopravy Victoria v roce 2005 přezkoušel řízení osobních přepravních zařízení na veřejném prostranství a dospěl k následujícím závěrům: Tato studie zkoumá použití osobních transportních zařízení jako například elektrické koloběžky, motorem poháněné kolečková křesla a Segway PT na veřejných komunikacích. I zde studie říká, že nedochází k ohrožování bezpečnosti ostatních, především chodců. K porovnání lze uvést, že o něco větší nebezpečí tvoří cyklisté. [33]

Úřad pro dopravu a správu komunikací USA v roce 2004 provedl analýzu nových účastníků dopravy na komunikacích pro pěší a jejich bezpečnosti a dospěl k následujícím závěrům: Účelem této studie bylo objasnit charakteristiky řízení u motorem i jinak poháněných prostředků. Jako vstupní informace byla použita data jako například fyzické rozměry, možnosti zatáčení, akcelerace, rychlost a brzdná dráha. Výsledky říkají, že uživatelé Segway PT měli druhé nejlepší výsledky v brzdění, nejlepší viditelnost a nejrychlejší reakční dobu. Tímto Segway PT splňuje všechna doporučení asociací American Association of State Highway & Transportation Officials (AASHTO). [33]



Obrázek 17 - Členové výzkumného týmu [34]



## 4. Popis osobního přepravníku a osazení měřicí techniky

### 4.1. Popis osobního přepravníku

V rámci projektu Studentské grantové soutěže ČVUT (číslo SGS16/255/OHK2/3T/16 „Jednostopá vozidla a osobní přepravník – měření dynamiky a vlivu různých faktorů“) byl pořízen osobní přepravník od společnosti Airwheel, model Airwheel S3. Je používán pro různé školní experimenty a aktivity. V následující kapitole bude stručně popsán.



Obrázek 18 - OP značky Airwheel

#### 4.1.1. Obecný popis

Popisovaný osobní přepravník celým svým dojmem působí jako renomovaný produkt společnosti, která se v tomto odvětví nejvíce zasloužila o její rozvoj, tedy o produkt Segway PT. Má veškeré jeho funkce a také zachovává stejné principy ovládání. Jeho výhoda je to, že v porovnání s originálním produktem stojí o 3/4 méně. Na běžné užívání je dostačující.

Jeho jízdní vlastnosti jsou velice podobné, odezva na pohyb lidského těla je okamžitá. Maximální rychlost je elektronicky omezena na 18 km/h. Varovný signál, že zřejmě dojde k dosažení maximální rychlosti, vydává OP již při 12 km/h a to dvěma tóny. Pokud tedy

dojde k dosažení maximální rychlosti, elektrický omezovač vydá pokyn jednotce a ta začne zpomalovat. Cestovní rychlost je tedy zhruba 16 km/h. Maximální úhel náklonu roviny, který je ještě OP schopný bezpečně vyjet je dle výrobce 15° a nejvyšší možná hmotnost osoby pohybující se na OP je 120 kg. Celková hmotnost stroje je 22,4 kg, lze jej tedy v případě potřeby jednoduše přenést.

Pokud bych měl porovnat kvalitu provedení stroje od společnosti Airwheel a model S3 s OP od společnosti Segway, který jsem měl možnost si také vyzkoušet, je závěr takový, že bohužel nemůže konkurovat v plném rozsahu OP od společnosti Segway. Segwaye je pocitována lepší přesností ovládání, vyšší rychlost kvůli většímu rozměru pneumatiky a především i bezpečnosti samotného jezdce. Na OP značky Airwheel občas nastala situace, že přístroj z ničeho nic přestal reagovat a to především, pokud docházelo k extrémně velkému zrychlení, následně se stroj stal neovladatelným a osoba musela seskočit z přístroje a snažit se o vyrovnaní pohybu těla samotná. Další problém nastával při opačném pohybu a to pokud se jezdec snažil extrémně zpomalit, OP ho doslova při záklonu jezdce podjel a opět pokud by jezdec nevyrovnal polohu sám, došlo by, jak se také párkrát stalo k pádu jezdce. A poslední pozorovaná chyba je spíše softwarová, a to v případě pokud docházela baterie. V úplně poslední fázi, přístroj bez jakéhokoli varování přestal komunikovat a vypnul se, poté opět hrozilo zranění jezdce. Lze však předpokládat, že jsou ale tyto chyby ve vývoji a společnost Airwheel pracuje na jejich odstranění.

#### 4.1.2. Baterie

Elektrickou energii dodává přístroji jedna lithiová baterie o kapacitě 520 Wh, nabíjí se přibližně 180 minut z úplného vybití do plné kapacity. Baterie je umístěna zespodu nášlapné plochy a je přichycena 6 šrouby do nosné konstrukce. Její předpokládaná životnost je 65 000 km.



Obrázek 19 - Fotografie baterie

### 4.1.3. Řídítka

Řídítka umožňují pohybovat se na přístroji do stran, tím že dojde k jejich vyklonění na danou stranu. Na řídítkách je umístěn displej, který signalizuje stav baterie, aktuální rychlost a vzdálenost ujetou od posledního vypnutí přístroje. V neposlední řadě je také z důvodu doporučeného teplotního rozptylu pro užívání, který se pohybuje mezi hodnotami -10 °C až 40 °C, zobrazena okolní teplota. Ideální teplota pro používání je 10 °C až 30 °C. Celá konstrukce řídítek se dá jednoduše jedním šroubem odmontovat v případě převozu.



Obrázek 20 - Fotografie displaye

### 4.1.4. Pneumatiky

Pneumatiky na Airwheel S3 jsou rozměru 14 x 2.8 palce tj. 35,6 x 7,1 cm, jejich dezén je určen na zpevněné cesty. Pneumatiky jsou konstruovány na tlak 28 – 31 psi. K dofukování slouží ventilek, který se používá u osobních aut. Pneumatiky jsou navléknuty na celoprofilové hliníkové disky.



Obrázek 21 - Fotografie pneumatik

#### 4.1.5. Konstrukce přístroje

Nosnou částí přepravníku je hliníková konstrukce, která je opláštěná plastovými kryty, v přední části stroje je výklopný gumový stojánek. V přední části nášlapného prostoru jsou 2 bílá světla, která se dají pomocí dálkového ovladače vypnout či zapnout. Na zadní straně nášlapného prostoru jsou 2 červené světla, která fungují jako signalizace brzdění, ty fungují neustále. Součástí nosné konstrukce jsou dva motory, které mají výkon 1000 W, na ně jsou přímo namontovány disky s pneumatikami.



Obrázek 22 - Fotografie hliníkové konstrukce přístroje

#### 4.2. Osazení měřicí techniky

K tomu aby mohly být zaznamenány jednotlivé jízdní charakteristiky, je nezbytné umístit na OP měřicí techniku. K tomuto účelu byl zkonstruován držák, který pevně a spolehlivě uchytí inerciální jednotku na daném místě a zajistí tak po celou dobu experimentu jeho stálou polohu. Plechový držák inerciální jednotky byl přišroubován do OP v místě, kde se nacházely šrouby, které držely plastový dílec. Tyto šrouby byly vyjmuty a nahrazeny šrouby delšími, na které se uchytil přípravek, společně s inerciální jednotkou.





Obrázek 23 - Detail uchycení akcelerometru



Obrázek 24 - Detail uchycení akcelerometru

Pro potřeby zaznamenání jízdních charakteristik byl zvolen snímač francouzské společnosti SBG Systems. Inerciální jednotka Ellipse2-N byla pořízena rovněž ze Studentské grantové soutěže ČVUT (číslo SGS16/255/OHK2/3T/16 „Jednostopá vozidla a osobní přepravník – měření dynamiky a vlivu různých faktorů“).

Tato jednotka integruje 4 měřicí jednotky, a sice tříosý gyroskop, akcelerometr a magnetometr a také měření technologií GNSS. Tyto výstupy jsou podrobeny Kalmanovu filtru, který je popsán stručně dále.

Kalmanův filtr se skládá ze dvou částí, kterými jsou filtrace a predikce. V části, která se nazývá filtrace je výstupem bodový odhad pro střední hodnoty položek stavového vektoru a kovariační matice, v které je na diagonále znázorněn rozptyl pro jednotlivé položky. Rozptyl nám říká, že čím menší budou jeho hodnoty, tím přesněji jsou určeny položky stavového vektoru. Členy v kovariační matici, které se nacházejí, mimo diagonálu nám definují míru závislosti jednotlivých členů na sobě. Druhou částí Kalmanova filtru je predikce. Jejím výstupem budou odhady a kovariační matice pro příští kolo. [35]

Snímač byl tedy připevněn na OP a dále spojen s přenosným počítačem, kam se zaznamenávaly naměřené hodnoty po celou dobu experimentu. Počítač byl umístěn v brašně na řídicích, aby nebránil osobě na OP v pohybu.

Před samotným experimentem probíhalo několikadenní testování správného umístění snímače. V ideálním případě by měl být umístěn vodorovně zároveň s osou jízdy a umístěn co nejbližší těžišti. Tímto si lze mnoho usnadnit v pozdějším zpracování dat. Důležité také bylo umístění GNSS antény, tak aby mu nic nezakrývalo volný „výhled“ na oblohu a nedocházelo k výpadkům GNSS signálů. A také postavit testovací trať na takovém místě, kde není problém s příjmem GNSS signálu, jako je tomu v zastavěných oblastech.



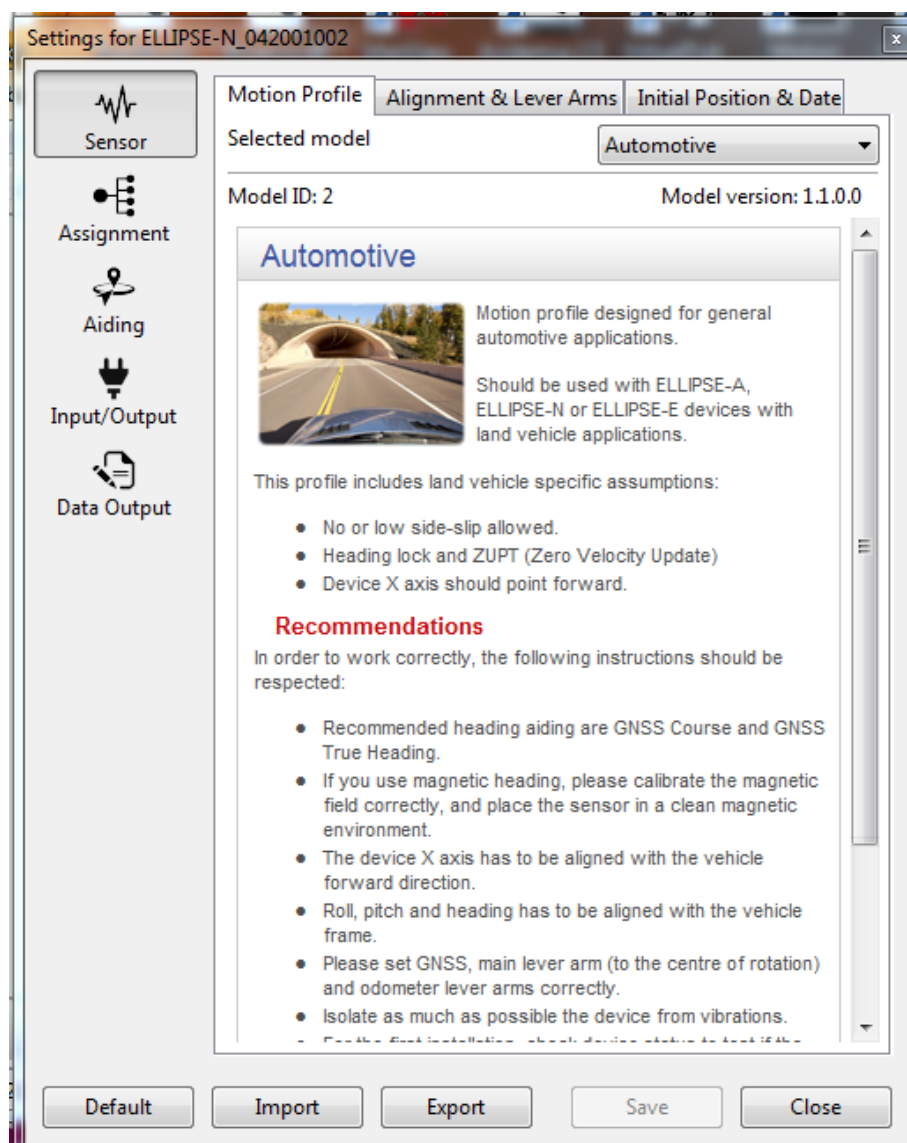
Obrázek 25 – OP s osobou nastavující akcelerometr

### 4.3. Nastavení inerciální jednotky

V následující kapitole bude popsán postup počátečního nastavení představeného snímače.

Snímač komunikuje s počítačem pomocí dodávaného softwaru k akcelerometru SBG. V tomto programu dochází k veškerému ovládání a obousměrné komunikaci mezi počítačem a akcelerometrem.

V počáteční fázi vyhledáme snímač v připojených portech a připojíme se k němu. Jakmile je připojen, může dojít k vlastnímu nastavení měření.

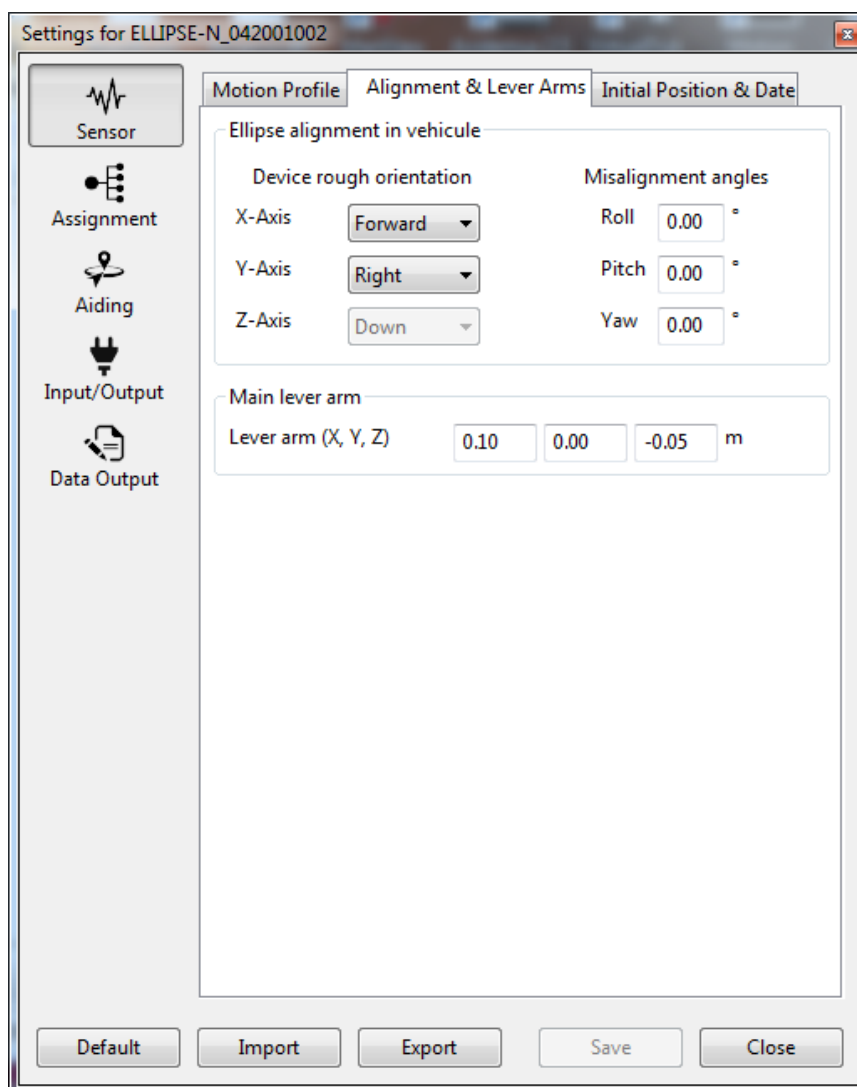


Obrázek 26 - Okno programu SBG

V záložkách nalezneme několik možných variant nastavení, pro popis zde uvedu jen ty nejdůležitější.

V nastavení je možné vybírat z mnoha již přednastavených profilů. Tento snímač umožňuje pomocí přednastavených profilů zaznamenávat dynamiku jízdy na zemi, ve vzduchu tak i pod vodou.

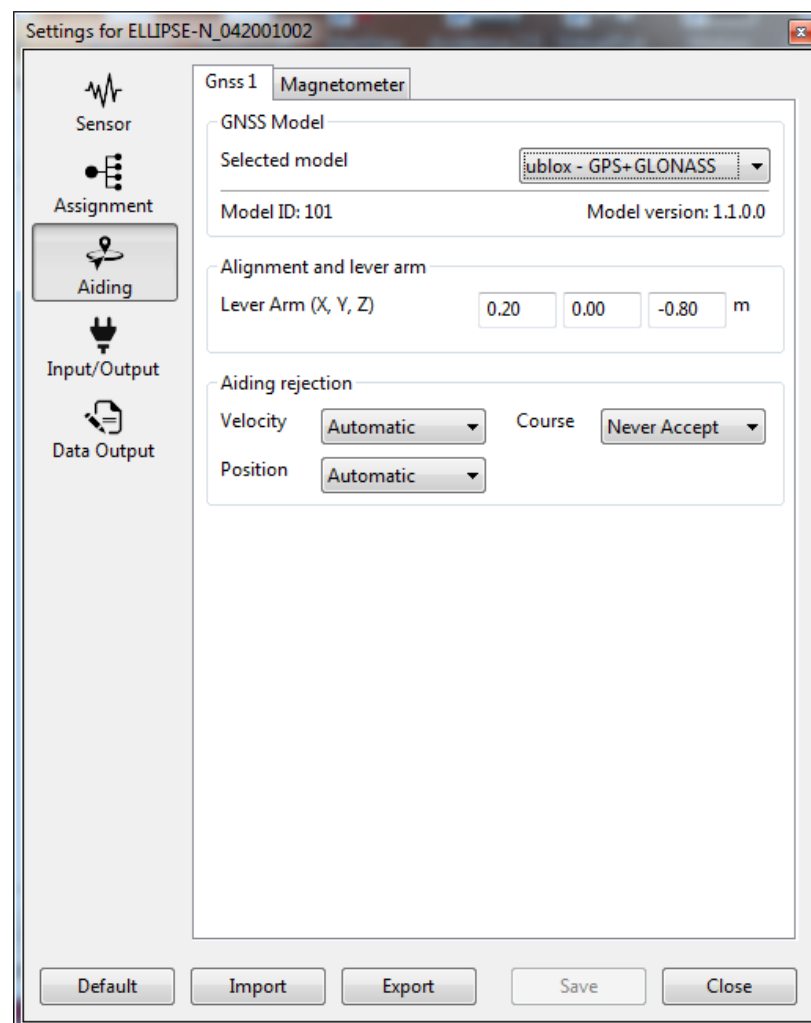
V první fázi je důležité si zjistit, jaký směr snímač se svým vlastním souřadnicovým systémem (dále SS) zaujímá, to zjistíme pomocí siluety SS, který je vyobrazen na zástavbě snímače. Dle této siluety v záložkách vybereme správnost jednotlivých nastavení pro jednotlivé osy. Jelikož byl snímač na OP umístěn tak, aby jeho vlastní osa bylo rovnoběžná se směrem, který je vpřed je nastaven následně. V políčku „Main lever arm“ se nastaví vzdálenost od těžiště. Všechny vzdálenosti se zadávají pomocí kartézského SS.



Obrázek 27 - Okno programu SBG

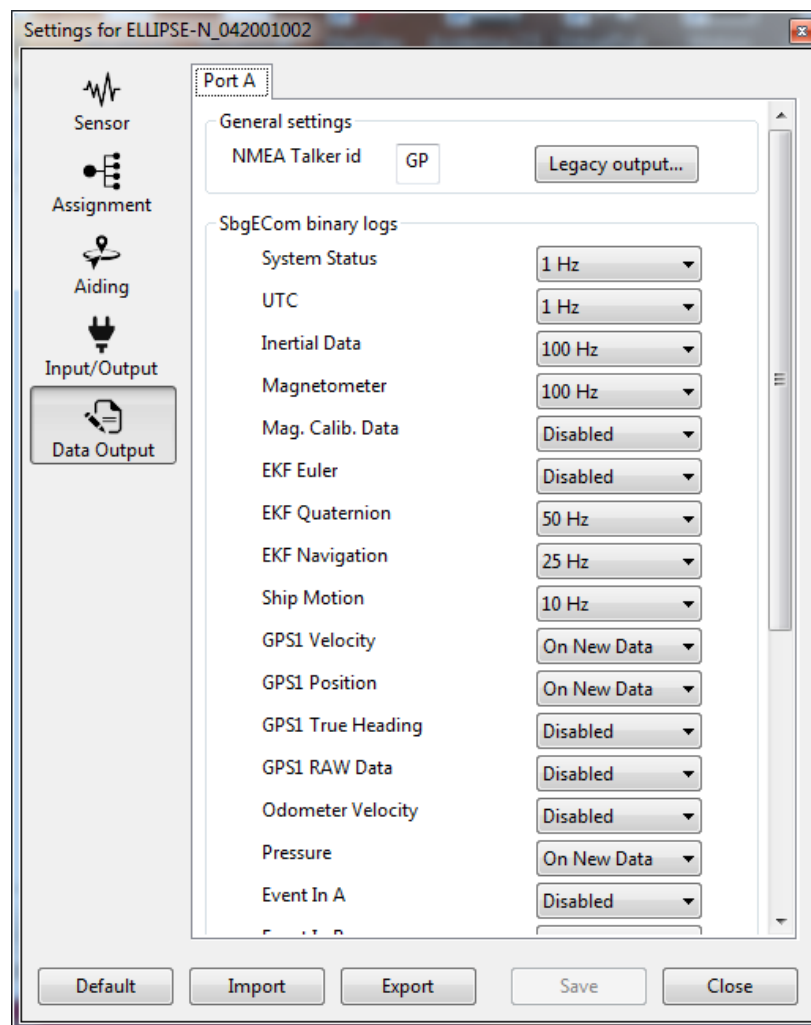


Jeden z dalších nejdůležitějších kroků je vložení správné pozice GNSS senzoru od akcelerometru. Tedy políčko „Lever Arm“.



Obrázek 28 - Okno programu SBG

V posledním důležitém kroku je možné si nastavit snímací frekvence pro jednotlivé činnosti. Je vybrána vzorkovací frekvence 100Hz, která je pro analýzu dynamických dějů naprosto dostačující.



Obrázek 29 - Okno programu SBG

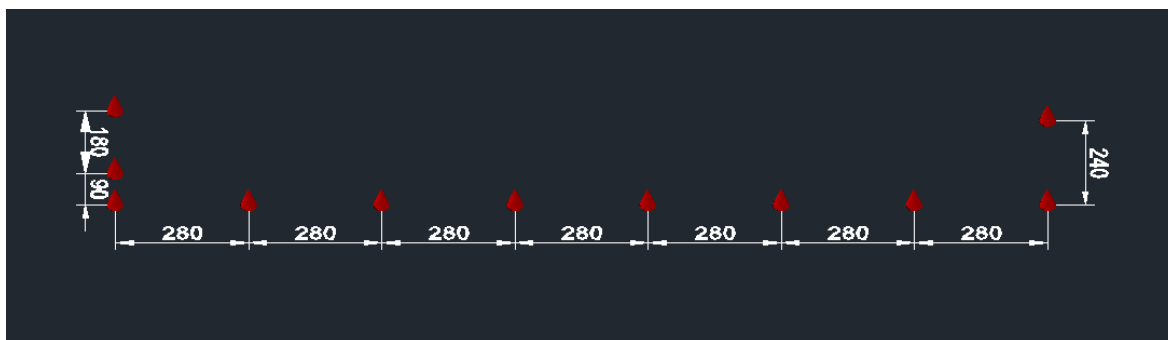
Pro snazší ovládání a vyhodnocení si lze svoje nastavení uložit a v případě potřeby ho jen nahrát do zařízení.

V závěru měření byl zakomponován do měřicí soustavy přenosný počítač, který byl speciálně vyvinut na testování nehodových dějů. Ovládá se pomocí vzdálené plochy na jiném počítači, je napájen z přenosného zdroje napětí. Hlavní výhodou této měřicí soustavy byla tedy v tom, že se mezi jednotlivými měřeními nemusel počítač odnímat z dané pozice a poté teprve ukládat naměřené data, veškerá komunikace probíhala vzdáleně. Tím se zamezilo tomu, aby se porty počítače zbytečně namáhaly a nedocházelo k ukončení spojení a následně ztrátě dat z měření.

## 5. Měření dynamiky osobního přepravníku

V následující kapitole je popsán postup prováděného měřicího experimentu. Bude zkoumán vliv stáří a dosavadních zkušeností na vlivu jízdy u podrobených osob. Z tohoto důvodu byla vymyšlena zkušební trať, kterou absolvují všichni účastníci experimentu. Schéma trati je vyobrazeno na obrázku níže. (Obrázek 30 - Výkres zkušební trati). Trať osoba projede celkem 3x s jednotlivými časovými rozestupy, kdy bude mít čas 5 minut, na to aby zlepšila svou dovednost na OP, ke zlepšení ovládnání OP bude moci osoba využívat jak zkušební trať, tak i volný prostor, dle jejího uvážení.

Experiment byl rozdělen na více dní. Trať byla vždy pomocí metrických přístrojů postavena stejně, tak aby měli všichni účastníci stejné podmínky. Povrch byl zvolen asfaltový.



Obrázek 30 - Výkres zkušební trati

Experiment začíná v místě, kde stojí osoba na fotografii. (Obrázek 31 - Fotografie zkušební trati s jezdcem na startu). Tedy startovací místo.



Obrázek 31 - Fotografie zkušební trati s jezdcem na startu

Po projetí startovacího prostoru jede osoba ke kuželu, který se nachází v pravém rohu na fotografii níže (Obrázek 32 - Fotografie zkušební trati s jezdcem) a následně se otočí kolem daného kuželu a pokračuje opět směrem ke startu.



**Obrázek 32 - Fotografie zkušební trati s jezdcem**

Přibližně v polovině je testovací osoba na začátku informována aby zabrzdila s co největším zpomalením. Po uvedení OP do klidu se osoba dále rozjede a projede úzkým prostorem mezi dvěma kužely. Tak jak je patrné z fotografie níže (Obrázek 33 - Fotografie zkušební trati s jezdcem v úzkém průjezdu).



**Obrázek 33 - Fotografie zkušební trati s jezdcem v úzkém průjezdu**

Po projetí úzkým prostorem ostře zatočí vlevo a pojede slalom mezi kužely, viz: Obrázek 34 - Fotografie zkušební trati s jezdcem jedoucí slalom.



**Obrázek 34 - Fotografie zkušební trati s jezdcem jedoucí slalom**



Na konci slalomu objede poslední kužel a pojedje slalom v opačném směru. Když se osoba blíží ke startu, projede opět úzkým prostorem mezi dvěma kužely a zabočí ostře vpravo, tak aby projela startovacím prostorem. Následně jede opět na konec testovací dráhy, kde se otočí kolem kuželu, tak jako tomu bylo na začátku a po cestě zpět je opět vyzvána kolem poloviny zpáteční dráhy, aby zastavila, co nejrychleji umí. Po zastavení se opět rozjíždí do startovacího prostoru kde je zároveň i cíl. Tím je první polovina experimentu splněna.



Obrázek 35 - Fotografie zkušební trati s jezdcem po brzděném manévru

Dále má osoba 5 minut čas, na to aby se dle svých možností zdokonalila. Jízda je povolena kdekoli, záleží na samotném jezdcí.

Posléze je osoba požádána, aby projela zkušební trať stejným způsobem, jako tomu bylo poprvé. Poté opět dostane 5 min čas na zdokonalení jízdní techniky a poté opět projede naposledy zkušební trať.

Následně bude možno porovnat zvolené charakteristiky jízdy a porovnat tak míru zlepšení u jednotlivých osob a zjistit, zda dojde ke zlepšení i při tak krátkém časovém období, které je přibližně tak dlouhé jako časová doba, kterou mají turisté v Praze, aby si osvojili jízdu na OP.

Trať vždy také projede osoba, která má již s ovládním OP zkušenosti přibližně 3 roky a stanoví teoreticky hraniční limity pro představu, které budou reprezentovat bezpečné, ale rychlé a zkušené projetí tratě.

Věkové kategorie byly rozděleny dle následující tabulky. Vzhledem k tomu že se na OP v Praze dle informací poskytnuté jistou nejmenovanou společností provozující v minulosti půjčovnu Segwayů a nyní elektrokoloběžek pohybují v největší míře lidé ve věku 25 - 35 let bude nejvíce jezdců právě z této kategorie. Ostatně celá stupnice věkového rozhraní byla postavena tak, aby pokryla věkové rozhraní předpokládaných jezdců. Lidé, kterým je nad 60 let se na OP v zájmu svého zdraví již obávají pohybovat. V každé věkové kategorii

byli podrobni experimentu nejméně 4 jezdcí, kteří měli doposud různé zkušenosti s řízením OP.

**Tabulka 2 - Věkové skupiny jezdců**

<b>0 – 15 let</b>	Děti
<b>16 – 21 let</b>	Mladiství
<b>22 – 30 let</b>	Mladí dospělí
<b>31 – 50 let</b>	Střední dospělí
<b>51 a výše let</b>	Staří dospělí

Účastníkovi výzkumu také byla položena otázka, zda se již někdy na OP pohyboval. To bylo zaznamenáno do připraveného formuláře (Obrázek 36 - Ukázka formuláře). Osoba se mohla rozhodnout dle 3 možných odpovědí podle tabulka níže. (Tabulka 3 - Dosavadní zkušenosti jezdce)

**Tabulka 3 - Dosavadní zkušenosti jezdce**

<b>1</b>	Ne, nikdy
<b>2</b>	Ano, párkrát
<b>3</b>	Ano, často

<b>PROFILOVÁ SKUPINA:</b>				
<b>1</b>	Jméno:	předchozí zkušenosti		
	Věk:	1	2	3
<b>2</b>	Jméno:	předchozí zkušenosti		
	Věk:	1	2	3
<b>3</b>	Jméno:	předchozí zkušenosti		
	Věk:	1	2	3
<b>4</b>	Jméno:	předchozí zkušenosti		
	Věk:	1	2	3

**Obrázek 36 - Ukázka formuláře**



Obrázek 37 - Fotografie zkušební trati



Obrázek 38 - Fotografie jezdce připravující se na startu





Obrázek 39 - Fotografie zkušební trati

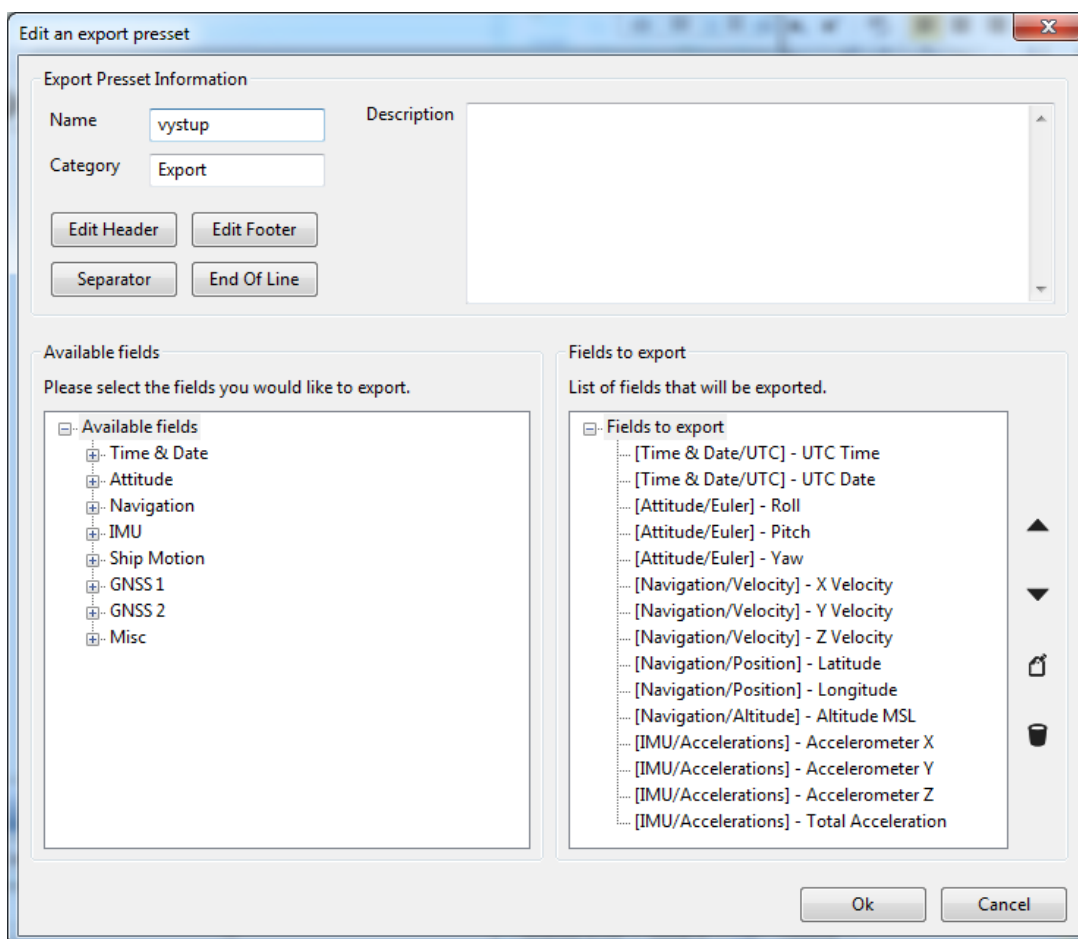


Obrázek 40 - Jezdec na startu

## 6. Vyhodnocení naměřených dat

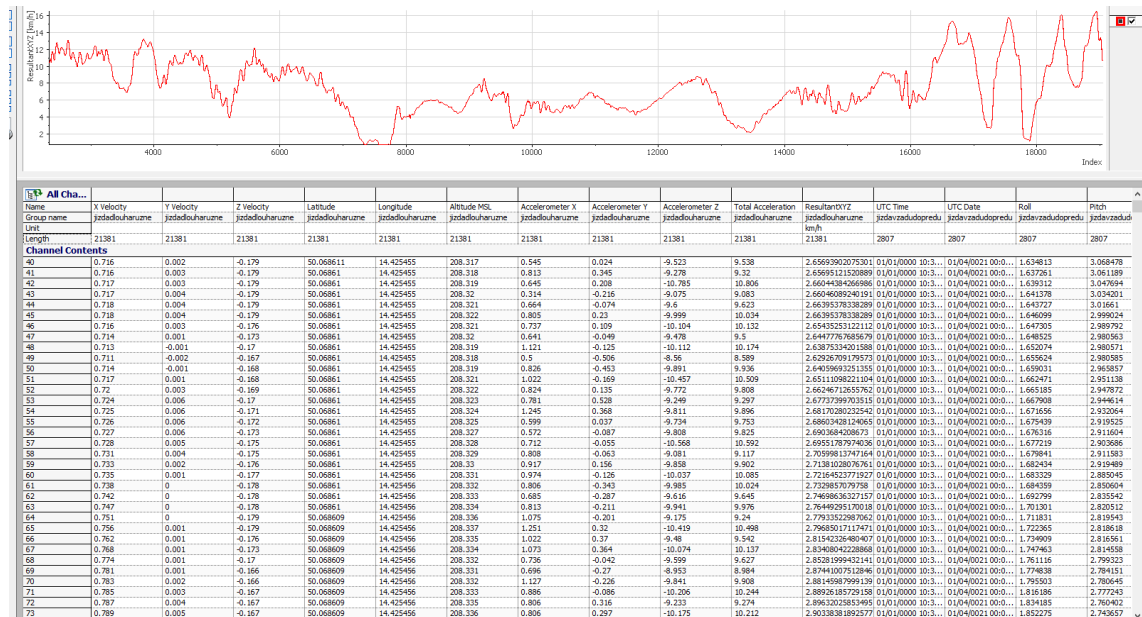
Následující kapitola se bude zabývat vyhodnocením naměřených dat. Kapitola bude popisovat kroky, pomocí kterých se získaly základní jízdní charakteristiky. Dále budou v kapitole zpracovány data dle věku jezdců a u nich budou vyobrazeny grafy, které budou interpretovat jejich chování.

Po ukončení experimentu je potřeba data uložit a následně vyexportovat do textového formátu, se kterým se bude později pracovat. V programu si lze vybrat z mnoha přístrojem naměřených veličin. Pro vyhodnocení experimentu budeme potřebovat zrychlení ve všech osách, rychlost, zeměpisnou šířku, zeměpisnou délku a úhly prostorové orientace.



Obrázek 41 - Okno programu SBG

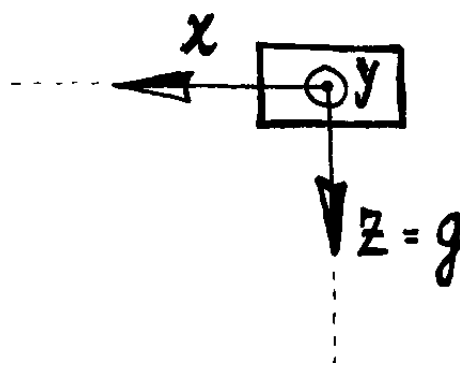
Z naměřených dat bylo pomocí programu NI DIADEM společnosti National Instruments provedeno vyhodnocení měření. Vstupem pro zpracování dat jsou řady čísel, které interpretují hodnoty měření, dle nastavené snímací frekvence, kterou jsme určili v nastavení snímače.



Obrázek 42 - Ukázka zpracovaných dat

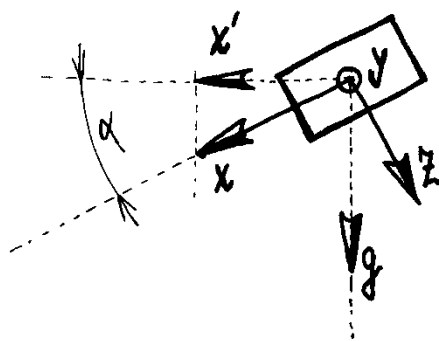
Při zpracování dopředné akcelerace se muselo pomoci úhlu  $\alpha$ , který svírá OP a jeho vlastní souřadnicový systém  $x$  s pomyslným vodorovným směrem  $x'$  při akceleraci či deceleraci přepočítat zrychlení, které nebude ovlivněno gravitačním zrychlením  $g$ . (Viz Obrázek 44 – SS OP při naklonění o úhel  $\alpha$ )

Pokud by se OP při dopředném, či zpětném pohybu nenakláněl, viz (Obrázek 43 – SS OP při nenakloněné pozici), výsledné hodnoty pro dopředné zrychlení, by byly přímo naměřené hodnoty přístrojem ve směru  $x$ .



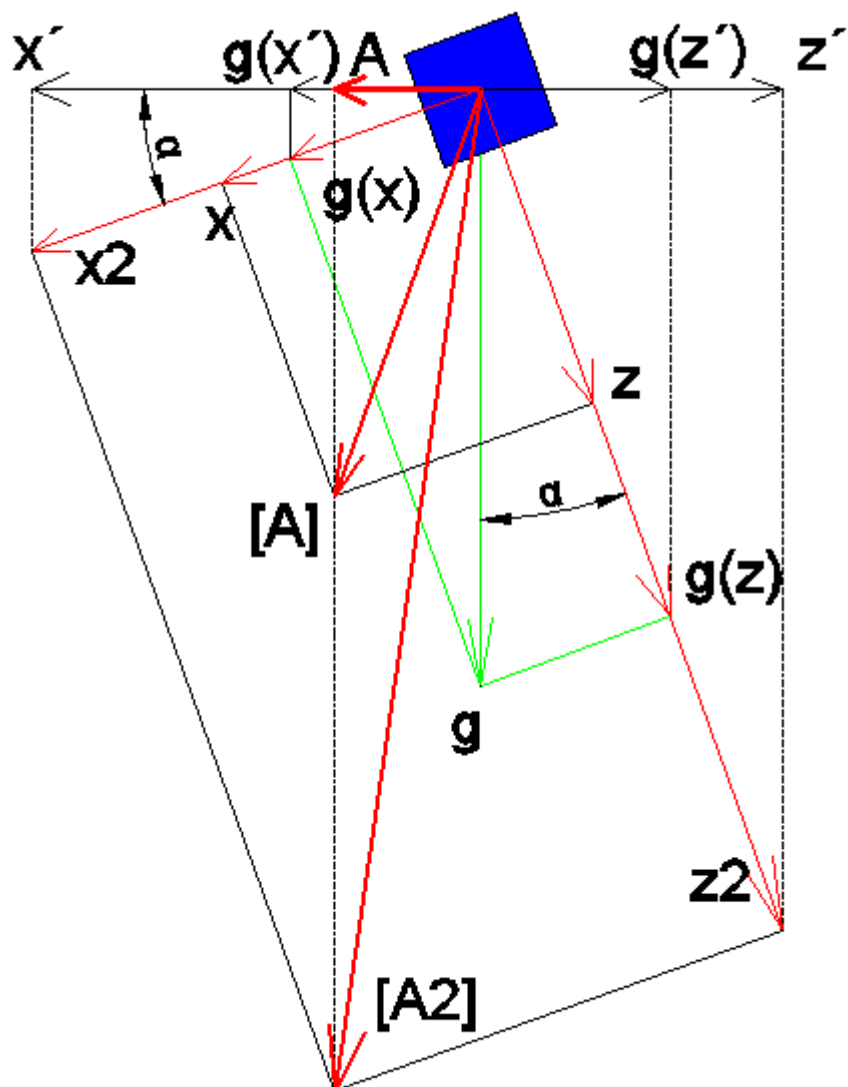
Obrázek 43 – SS OP při nenakloněné pozici

Jelikož princip, kterým se osoba na OP pohybuje, je založen na principu naklonění celé osoby, musí dojít k přepočtu na hodnoty neovlivněné gravitačním zrychlením, které se začne projevovat při naklonění původní SS o úhel  $\alpha$ . Gravitační zrychlení ovlivňuje dle úhlu naměřené hodnoty zrychlení ve směru os  $x$  a  $z$ .



Obrázek 44 – SS OP při naklonění o úhel alfa

Přepočet na dopředný směr, je tedy odvozen z následujícího obrazce:



Obrázek 45 - Odvození dopředného směru výslednice zrychlení

Z obrázku (Obrázek 45 - Odvození dopředného směru výslednice zrychlení) vychází fakt, že gravitační zrychlení se nám do vodorovného pohybu promítne vždy dvakrát a to souměrně kolem středu snímače a jeho velikost, která je promítnutá do vodorovné osy je vždy stejná, ale opačná tedy  $g(x') = g(z')$ . Můžeme tedy ve výsledku toto gravitační zrychlení při přepočtu zanedbat. Pokud promítneme výslednici zrychlení, které nám dá měřicí snímač pro jednotlivé osy  $x$  a  $z$ , či  $x_2$  a  $z_2$  do vodorovného směru, dostaneme velikost celkového dopředného zrychlení, tedy  $A$ , které není ovlivněno gravitační konstantou  $g$ .

Přepočet bude tedy probíhat dle následujícího vzorce:

$$A = \pm x_2 * \cos(\alpha) \pm z_2 * \sin(\alpha)$$

Celková rychlost byla určena funkcí výslednicí 3 vektorů, kterou disponuje NI DIADEM.

Při zpracovávání výsledků pro boční zrychlení a maximálního úhlu naklonění nedocházelo k úpravě naměřených veličin. U všech sledovaných hodnot došlo k úpravě naměřených hodnot pomocí následujících kroků. Ty měly za úkol vyhladit průběh křivek.

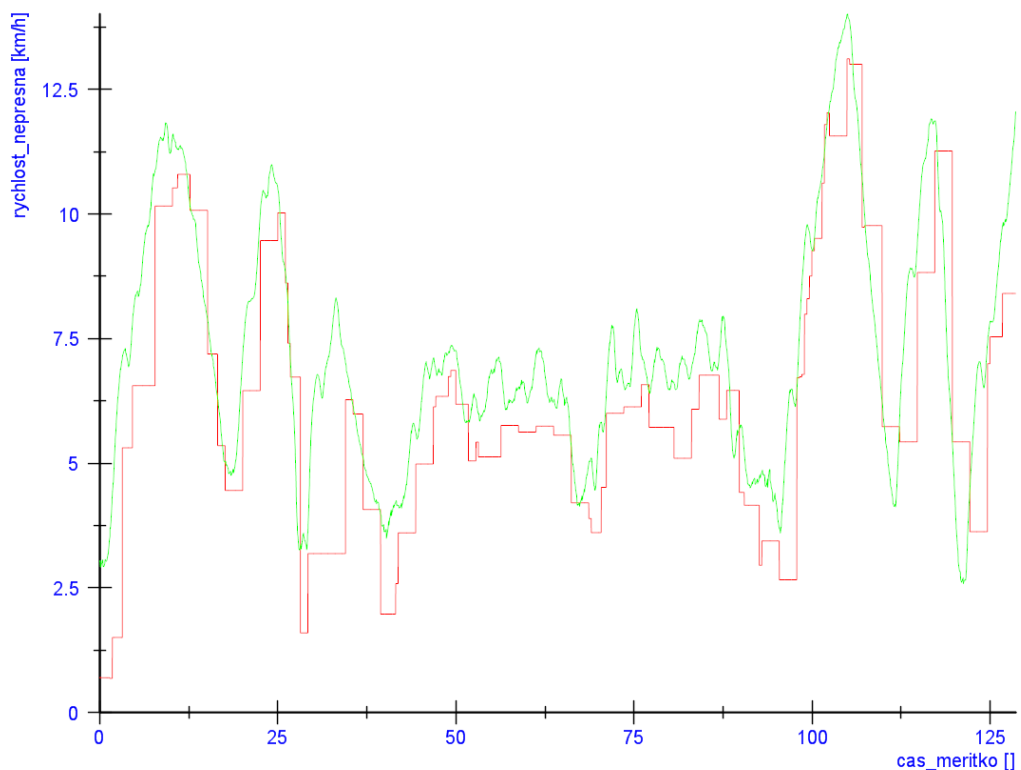
1. Fourierova transformaci – nalezení hraniční frekvence pro filtraci
2. Filtrace – dolní propust, 2 Hz, Butterworthův filtr 4. Řádu

Nastavování a následné vyhodnocení zpočátku vykazovalo po prvních úspěšných měření náhodně chyby, docházelo např. u výsledné rychlosti k nesmyslným hodnotám. Rychlost je proto počítána ze zeměpisné polohy, kterou měníme za čas. Tento postup byl přesnější než integrace zrychlení. Snímač poskytuje dvě možnosti získání zeměpisné šířky a délky a z nich následně získanou zeměpisnou polohu a poté rychlost. První možností je používání surových dat, která nejsou podrobena filtry a není u nich nutnost k nastavení správné iniciační hlavičky dosažení rychlosti akcelerometru umístěného na pokusném objektu alespoň 10 m/s. Druhou možností je použití dat filtrovaných, u kterých dochází k filtrování skoků a špatných poloh přijímače a následně zpřesňování polohy podle dalších procedur. U tohoto postupu je potřeba dosáhnout rychlosti alespoň již zmiňovaných 10 m/s, aby byly data bez velkých výpadků.

Jelikož OP není schopen dosáhnout rychlosti 10 m/s což je 36 km/h byla pro zpracování použity dvojí data. Naštěstí k výpadku signálu GNSS signálu došlo jen ojedinele. Možnost jak dosáhnout rychlosti 10 m/s u OP byla taková, že se OP umístil v první fázi nastavování do automobilu a byla s ním provedena inicializace výpočtu při rychlosti vyšší

než je 10 m/s a následně probíhal experiment. Poté byla data přesnější, pro možnost výpadku zpřesněných dat, se v každém případě mohou využít surová data ze zeměpisné polohy. Jsou to sice méně přesná data, ale v podstatě mají stejný průběh pro rychlost. Akcelerace není ovlivněna tímto problémem, jelikož pro určení zrychlení slouží vnitřní akcelerometry, které nepotřebují žádné další údaje.

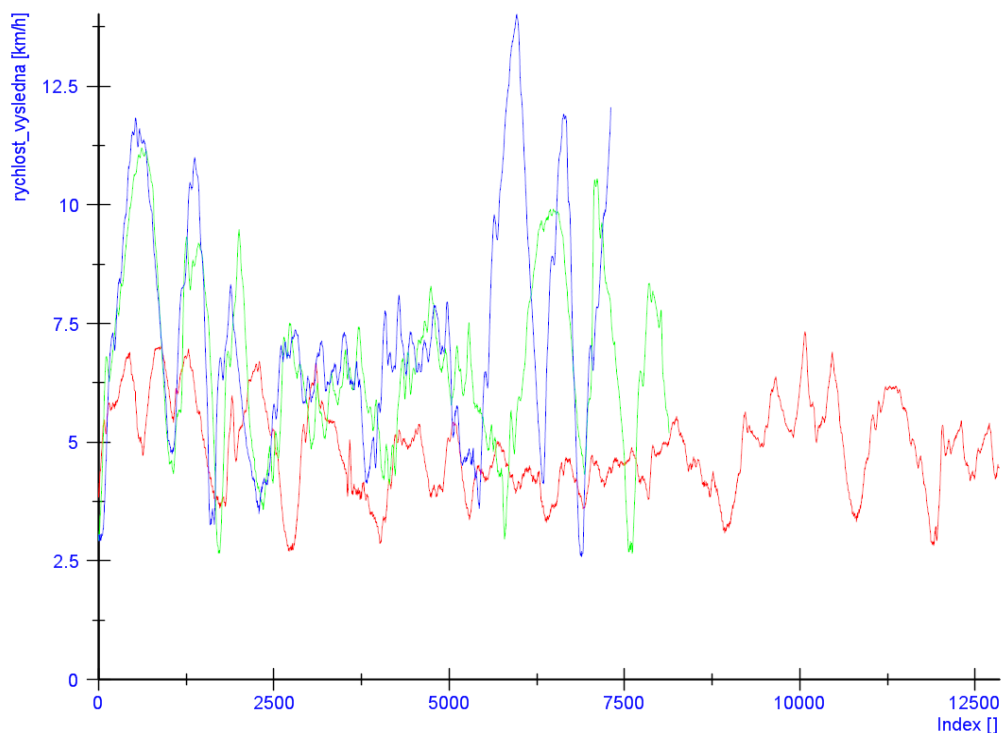
Zde je na obrázku níže (Obrázek 46 - Ukázka naměřených dat rychlosti) ukázán rozdíl naměřených dat, které ale při použití vhodné aproximace mají ve výsledku stejný průběh. Červená data jsou surová data, přímo z přístroje a zelená data jsou data, která jsou podrobena dalším procedurám.



Obrázek 46 - Ukázka naměřených dat rychlosti

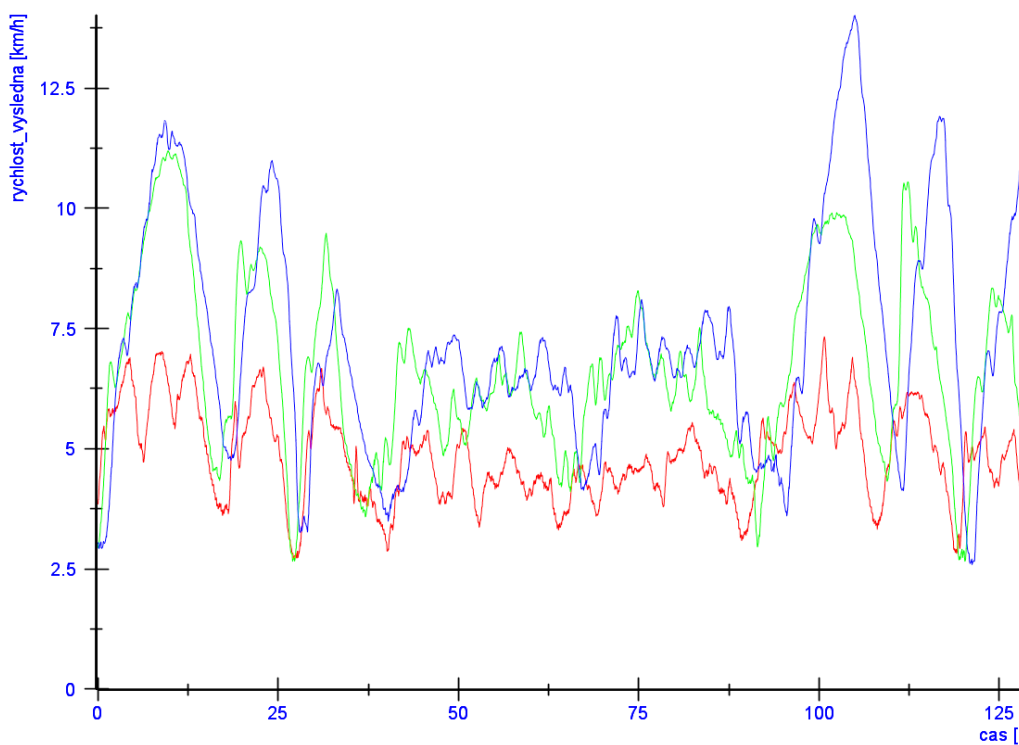
Pro porovnání jednotlivých jízd se muselo zavést měřítko pro jednotlivé jízdy, tak aby se jízdy ve výsledném grafu překrývaly a mohlo se z grafů usuzovat závěry. Jednotlivé jízdy jsou postupně kratší, tak jak se osoba zdokonaluje. Jak je vidět na obrázku níže. (Obrázek 47 - Data bez upraveného měřítka času)





Obrázek 47 - Data bez upraveného měřítka času

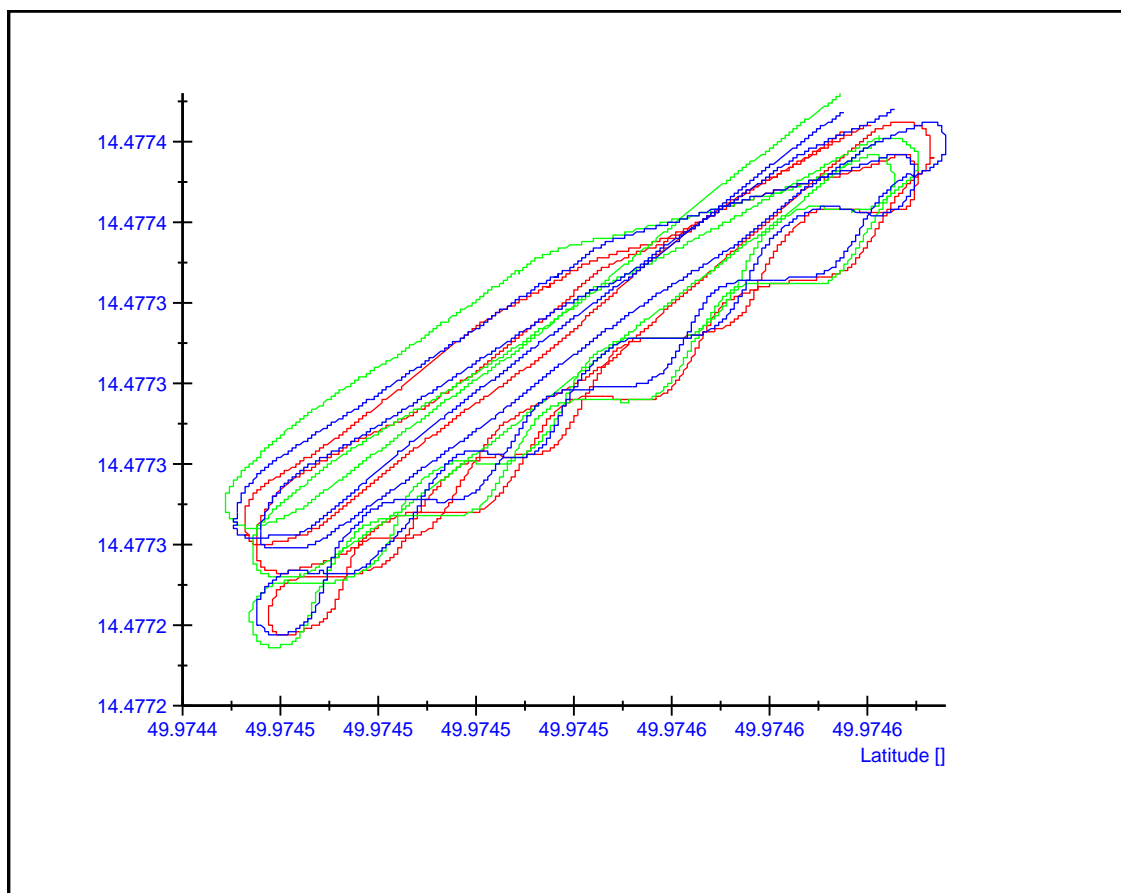
Pro porovnání jízd není důležité kdy, ale jakých parametrů se dosahovalo, proto tedy mohla být časová osa nahrazena upraveným měřítkem, tak, aby byla kola stejně dlouhá a aby se jízdy překrývaly. Tento graf (Obrázek 48 - Data s upraveným měřítkem časové osy) bude přiložen ke každému jezdcí v příloze.



Obrázek 48 - Data s upraveným měřítkem časové osy



Zeměpisná poloha při správném nastavení vykazovala poměrně kvalitní výstupy, pokud pracujeme s přesností GNSS, která je cca  $\pm 2\text{m}$ , při pohybu OP a správném nastavení se dostáváme na kvalitu zaznamenané polohy jako je na obrázku níže. (Obrázek 49 - Ukázka zaznamenané zeměpisné polohy pro 3 jízdy).



**Obrázek 49 - Ukázka zaznamenané zeměpisné polohy pro 3 jízdy**

Pro každého jezdce byl zpracován charakteristický výstupní list, kde jsou uvedeny důležité hodnoty spolu s krátkým popisem jezdce. Všechny listy jsou přiloženy v příloze č. 3 dle schématu tabulky na další stránce (Tabulka 4 - Ukázka tabulky jezdců).

Dále byla data jednotlivých jezdců zařazena do věkových kategorií a vytvořen průměrný jezdec. Posléze byl z nich vytvořen graf, který charakterizuje dané kategorie. Z těchto grafů je možno následně sdělit odvezené poznatky.

Tabulka 4 - Ukázka tabulky jezdců

<b>ID jezdce:</b>	#x	<b>Zkušenosti:</b>	x	<b>Věková kategorie:</b>	xx
<b>Popis jezdce:</b>	Popis.				
<b>Měřené kolo č.</b>	1	2	3		
<b>Čas kola [min]:</b>	x	x	x		
<b>Nejvyšší rychlost v úseku [km/h]:</b>	x	x	x		
<b>Akcelerace v úseku [m*s<sup>-2</sup>):</b>	x	x	x		
<b>Decelerace v úseku [m*s<sup>-2</sup>):</b>	x	x	x		
<b>Maximální úhel náklonu [°]:</b>	x	x	x		
<b>Maximální boční zrychlení[m*s<sup>-2</sup>):</b>	x	x	x		
<b>Graf průběhu rychlosti:</b>					

## 6.1. Technické parametry daného OP

Zde jsou v tabulce uvedeny hodnoty, kterých se dovedlo docílit jezdcům, bude vždy vybrána nejvyšší možná hodnota, tak aby se stanovila teoretická maxima daného typu OP, v tomto případě OP Airwheel S3.

Tabulka 5 - Parametry OP Airwheel S3

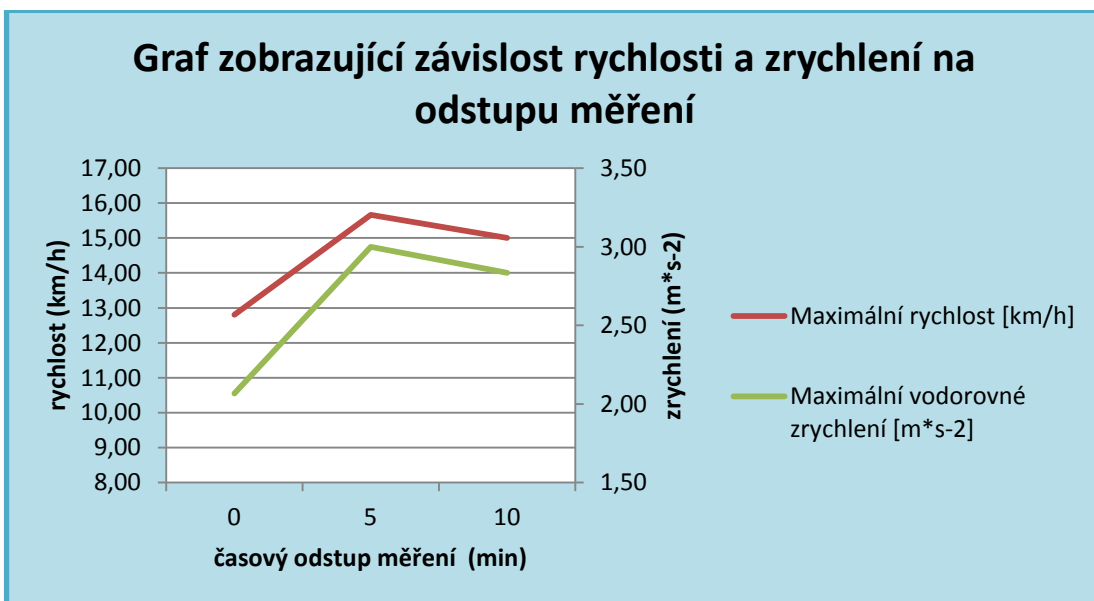
<b>Nejvyšší rychlost [km/h]:</b>	18,8
<b>Max. akcelerace [m*s<sup>-2</sup>]:</b>	4,0
<b>Max. decelerace [m*s<sup>-2</sup>]:</b>	7,7
<b>Maximální úhel náklonu [°]:</b>	21,3
<b>Maximální boční zrychlení [m*s<sup>-2</sup>]:</b>	6,4
<b>Maximální teoretický dojezd [km]</b>	30

Hodnoty rychlosti se daly předpokládat, dle výrobce je maximální rychlost 18 km/h. Naopak hodnoty maximálního zrychlení se zdají být poměrně vysoké, je tedy důležité zmínit, že toto zrychlení je vysoké kvůli tomu, že OP nedosahuje vysokých rychlostí a do rychlosti cca 10 km/h má opravdu při plné snaze o zrychlení, velké zrychlení. Decelerace, neboli zpomalení nabývá také poměrně vysokých hodnot. Ovšem, pokud osoba jedoucí na OP opravdu chce hodně rychle zabrzdit, záleží jen na její schopnosti, jak moc se dovede zaklonit.

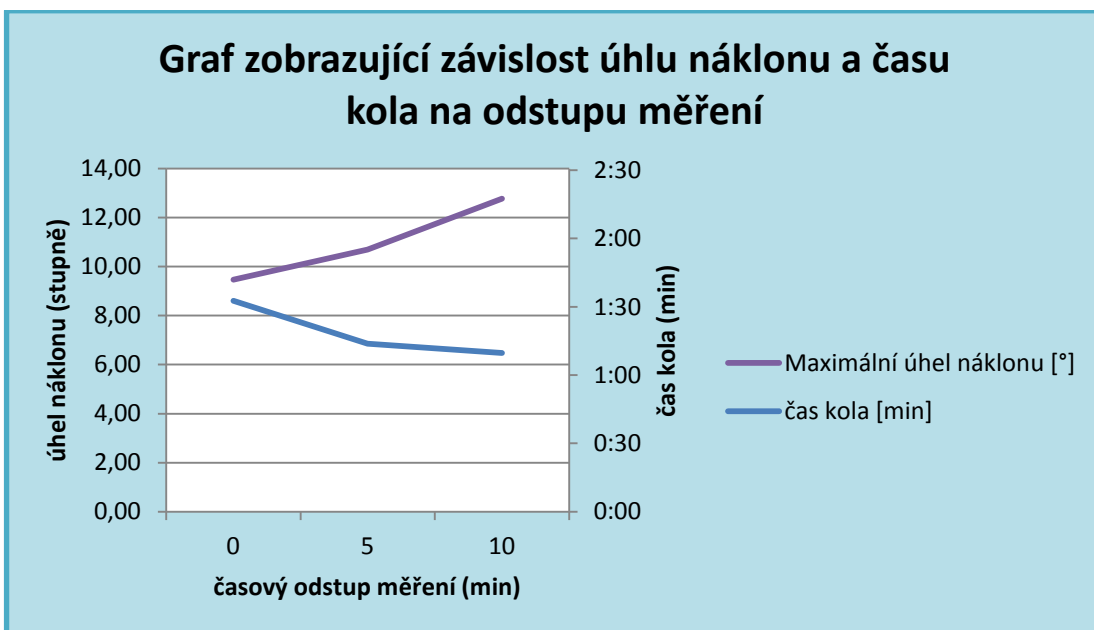
## 6.2. Vyhodnocení jezdců kategorie 0-15 let

V této věkové kategorii je patrné vysoké odhodlání již při první jízdě, kdy uživatel neměl ani doposud žádné zkušenosti, jeho zlepšení ve výsledku není tak velké, jelikož již při první jízdě byl odhodlán v rámci svých možností zkoušet limity stroje. Jízdní charakteristiky si jsou tedy velice podobné po prvním kole, avšak k jistému zlepšení dochází, jejich rozdíl není tak markantní, jako u jiné věkové kategorie. To je zapříčiněno tím, že se děti o sebe nebojí, rádi se předvádějí a nebojí se zkoušet nové věci. Pokud ale porovnáme např. celkový čas třetího kola s časem osob z vyšší kategorie, o mnoho se neliší. V mnohých případech jsou na tom lidé vyššího věku lépe. U staršího člověka dojde k tomu, že se ponaučí z chyb, které provedl v předchozím kole a snaží se je neopakovat. Děti se většinou dopouštěly stejných chyb. Během volného časového období jezdily volně

a snažily se jezdit co nejrychleji. Málokdo z této kategorie použil testovací dráhu k tomu, aby se mohl zlepšit a natrénovat úsek na testovací dráze, který mu dělal největší obtíže. Děti v této kategorii by se rozhodně měly pohybovat na OP pod dohledem dospělé osoby. Ta by měla mít alespoň nějaké zkušenosti s ovládáním OP. Určitě by pro tuto věkovou kategorii bylo vhodné, kdyby bylo možno nastavit maximální rychlost, kterou se může pohybovat, říkat dětem ať nejezdí rychle a maximálně 5 km/h na chodníku nemá smysl. Pamatují si to jen chvíli. I tato věková kategorie by se pod vedením starší osoby, jako je tomu u jízdnicích kol mohla plně zapojit do silničního provozu. Určitě by bylo vhodné vybavit děti přilbou na jízdni kolo a rukavicemi.



Obrázek 50 - Graf rychlosti a zrychlení pro 0-15 let

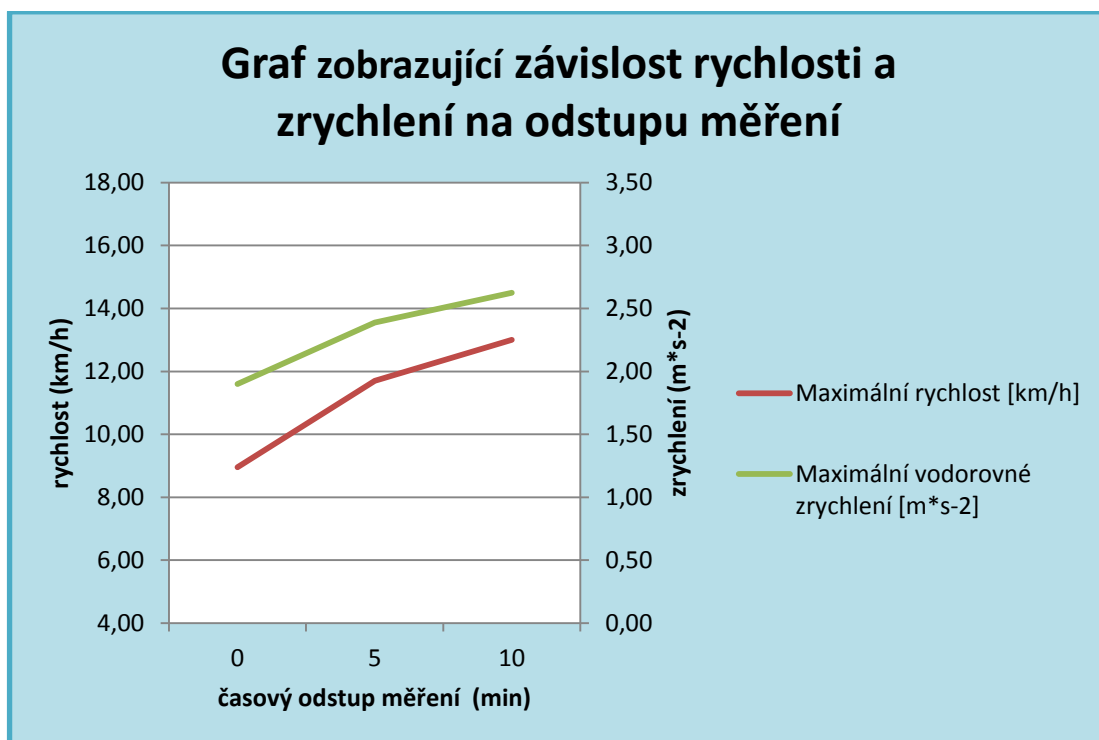


Obrázek 51 - Graf úhlu a času kola pro 0-15 let

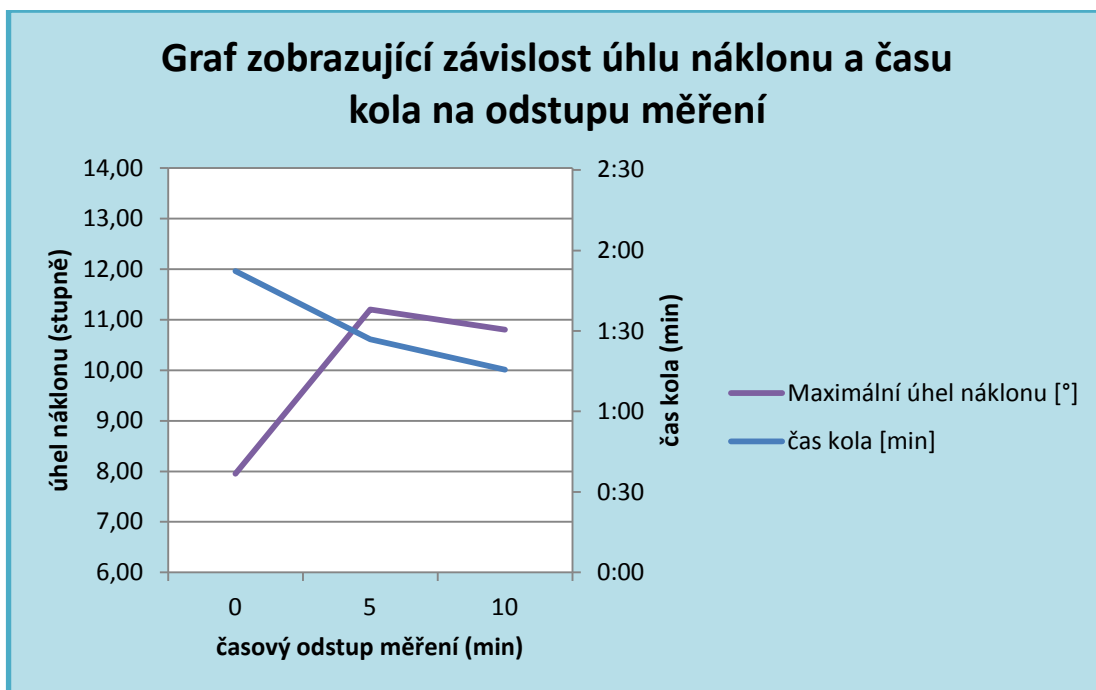
Z předchozích grafů (Obrázek 50 - Graf rychlosti a zrychlení pro 0-15 let, Obrázek 51 - Graf úhlu a času kola pro 0-15 let) je možno odvodit následující poznatky. Děti již v druhém testovacím kole dosahovali svých limitních hodnot, nebáli se již využít maxima stroje, i když třeba jízda nebyla úplně bezpečná a tudíž se o mnoho neliší od třetího kola.

### 6.3. Vyhodnocení jezdců kategorie 16-21 let

Tato věková kategorie se vcelku podobá předchozí kategorii, ovšem zde je již patrný větší strach ohledně zranění se a tudíž při úplně první jízdě nedosahují hodnot, které mají děti z kategorie 0–15. Pokud jde o chování na OP, zde je ještě patrná snaha o dosahování vysokých hodnot a neponaučení se z chyb. Každopádně mladiství se dovedou sami pohybovat, aniž by způsobovali dopravní komplikace. Dochází jim souvislost, že se v dopravním prostoru nenachází sami. Z experimentu vyvstal ještě poznatek, že tato kategorie byla v průběhu měření nejméně učenlivá. I když z grafu nejsou tyto poznatky tak úplně patrné, dosahují vysokých hodnot zrychlení a rychlosti, osobní subjektivní názor takový je. Může to být zapříčiněno tím, že se přesně jedná o věkovou kategorii, která v dnešní době tráví svůj volný čas u počítače, a pohybují se ve většině případů minimálně. Bohužel se nedají z malého vzorku lidí vytvářet velké závěry, ale možná teorie to je. Ze 4 jezdců, kteří patří do této kategorie jsem neměl na konci experimentu pocit, že by bezpečně ovládali OP. Možná potřebovali více času.



Obrázek 52 - Graf rychlosti a zrychlení pro 16-21 let

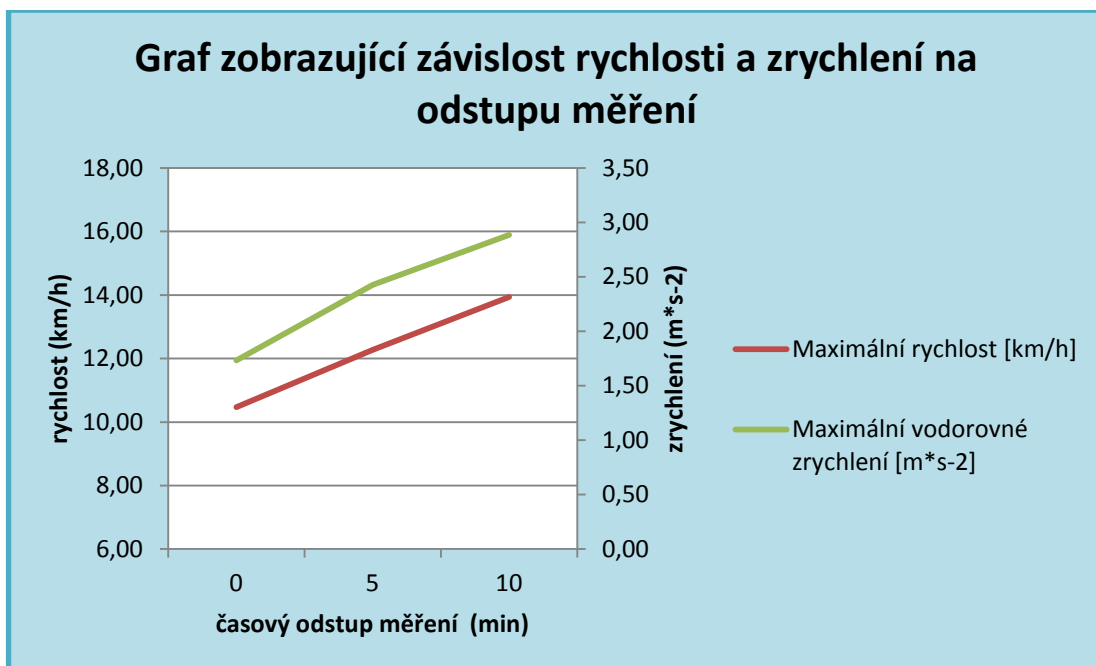


Obrázek 53 - Graf úhlu a času kola pro 16-21 let

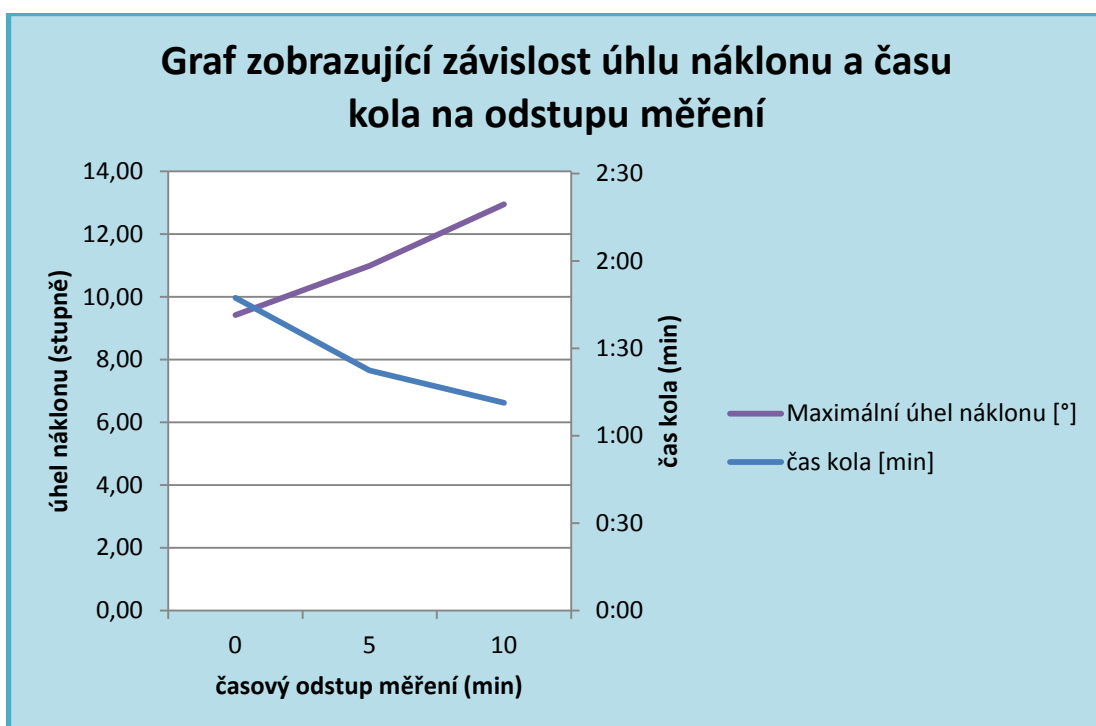
Z předchozích grafů (Obrázek 52 - Graf rychlosti a zrychlení pro 16-21 let, Obrázek 53 - Graf úhlu a času kola pro 16-21 let) je patrné, že se osoby již zdokonalují mezi každými jednotlivými koly, osoba se už o sebe začíná obávat.

#### 6.4. Vyhodnocení jezdců kategorie 22-30 let

V této věkové kategorii 22-30 je očekávána nejlepší ovladatelnost, dosahovaná zlepšení a odhodlání. Osoby jsou na vrcholu sil a jejich pohybové schopnosti jsou ve většině případů na vysoké úrovni. Ať jde o jakoukoli osobu, jejich schopnosti by se ale ve výsledku daly srovnat s úrovní jezdců z kategorie výše, tedy 31-50. Jsou charakterizovány ale větší odvahou a jejich celková manipulace je lepší, více si s tímto předmětem rozumí, tito lidé většinou již OP znají a jejich principy ovládní jim nedělá větší problémy. Dle výsledků jsou opravdu nejlepší jezdci právě z této věkové kategorie. Celkové zlepšení při porovnání první a poslední testovací jízdy je velké. Jezdci se dovedou ponaučit ze svých chyb, které předvedli v předchozí jízdě a během volného času se snaží tuto situaci natrénovat a zlepšovat své schopnosti.



Obrázek 54 - Graf rychlosti a zrychlení pro 22-30 let



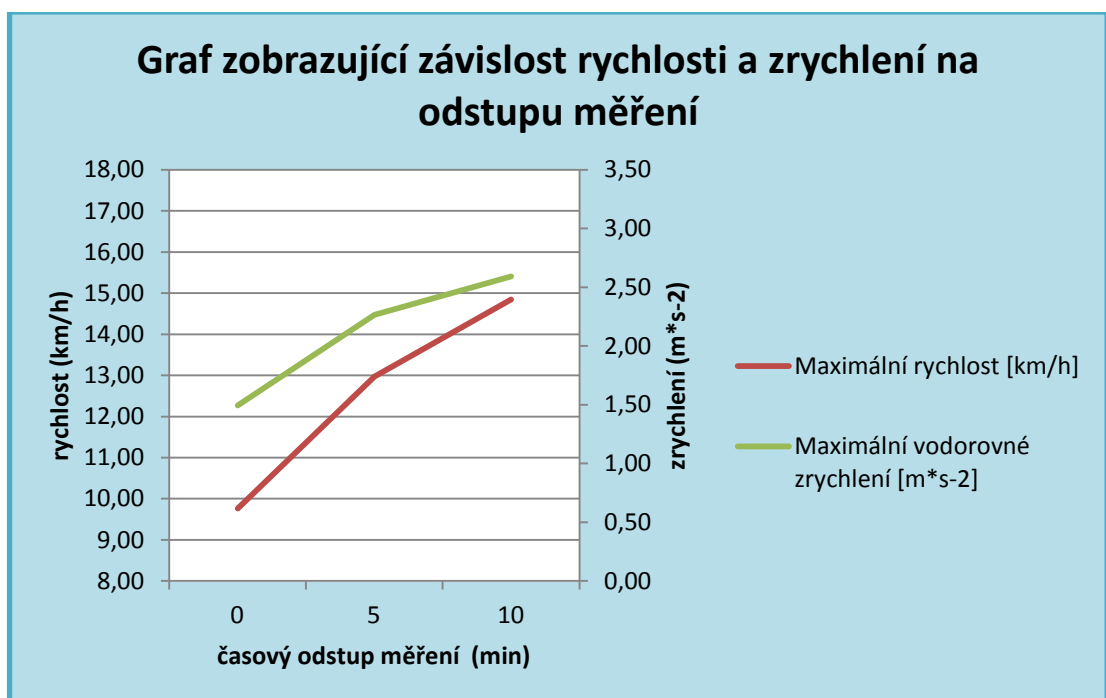
Obrázek 55 - Graf úhlu a času kola pro 22-30 let

Z předchozích grafů (Obrázek 54 - Graf rychlosti a zrychlení pro 22-30 let, Obrázek 55 - Graf úhlu a času kola pro 22-30 let) lze odvodit to, že osoba nejprve potřebuje čas na to, aby se dovedla s přístrojem naučit a ovládat ho. Je zajímavé, že v porovnání s kategorií ve věkové kategorii o třídu vyšší dosahuje většího zrychlení, ale maximální dosahovaná rychlost je v průměru všech jezdců menší.

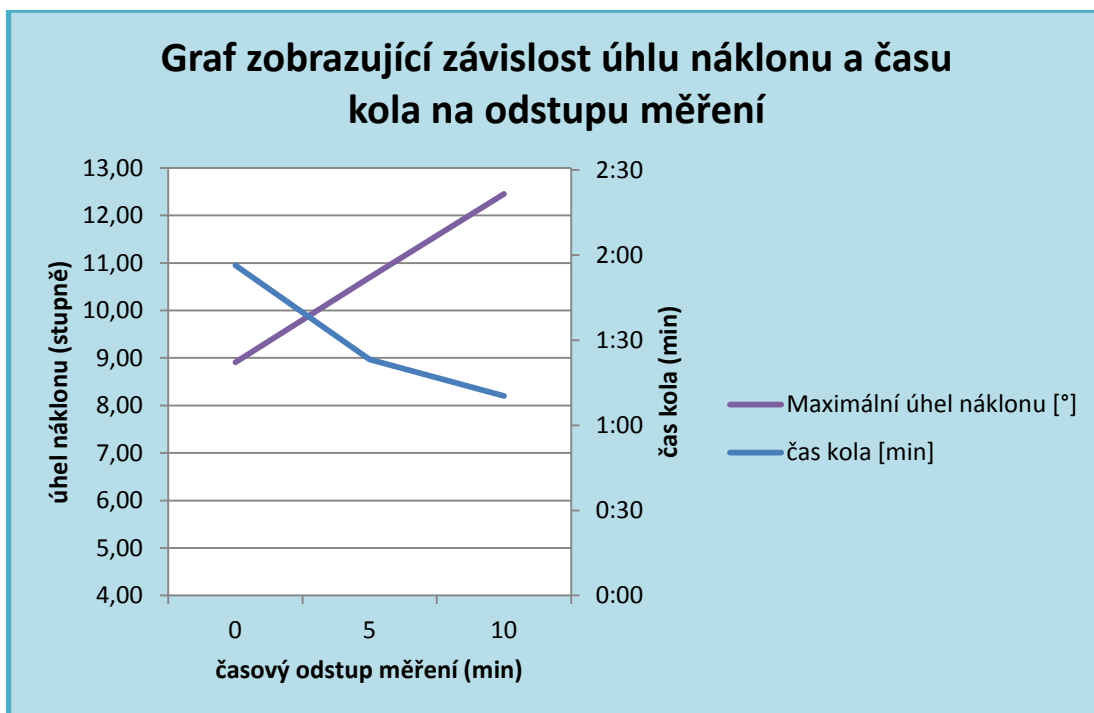


## 6.5. Vyhodnocení jezdců kategorie 31-50 let

V kategorii 31-50 je charakterizující vlastnost ponaučení. Jezdci jsou při první jízdě obezřetní a pohybují se tak, jak cítí ještě za bezpečné. Jejich zlepšení ale dosahuje nejlepších hodnot, protože se snaží ponaučit se z předchozích chyb a během volného časového úseku, kdy se mohou zlepšovat, intenzivně zkouší na experimentální dráze pohyby, které jim dělaly největší problémy. Ve finále sportovně založení lidé dosahují při poslední jízdě takových hodnot času, rychlosti a akcelerace, že předčí mnoho osob z nižší věkové kategorie. Dochází k vývoji učení a ovládaní.



Obrázek 56 - Graf rychlosti a zrychlení pro 31-50 let

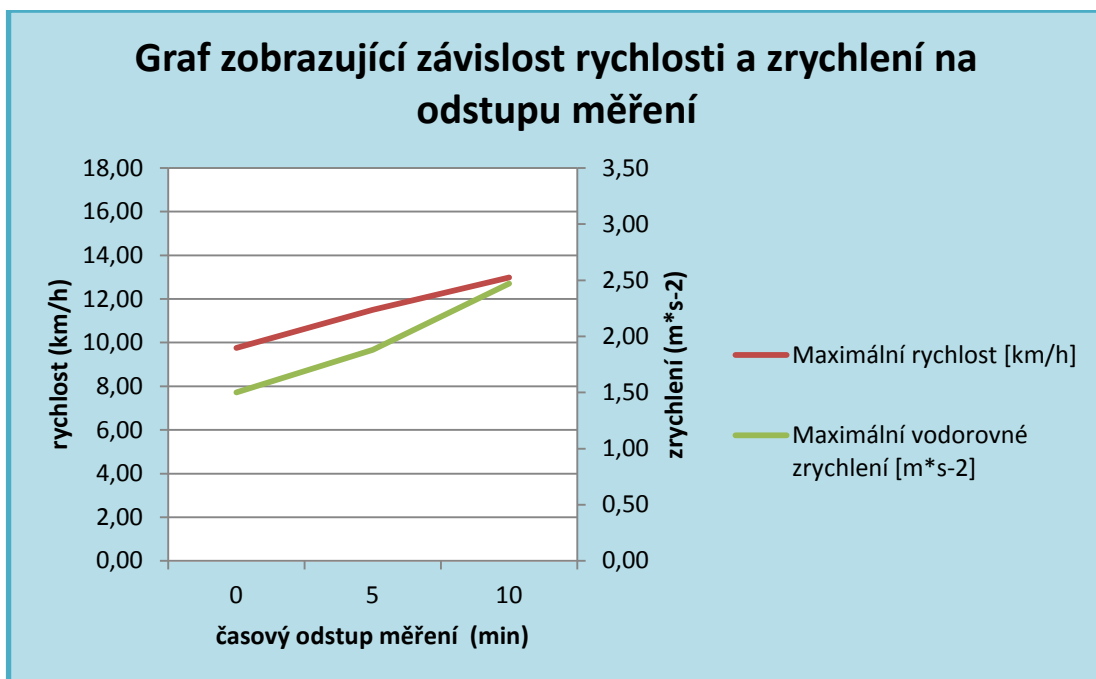


Obrázek 57 - Graf úhlu a času kola pro 31-50 let

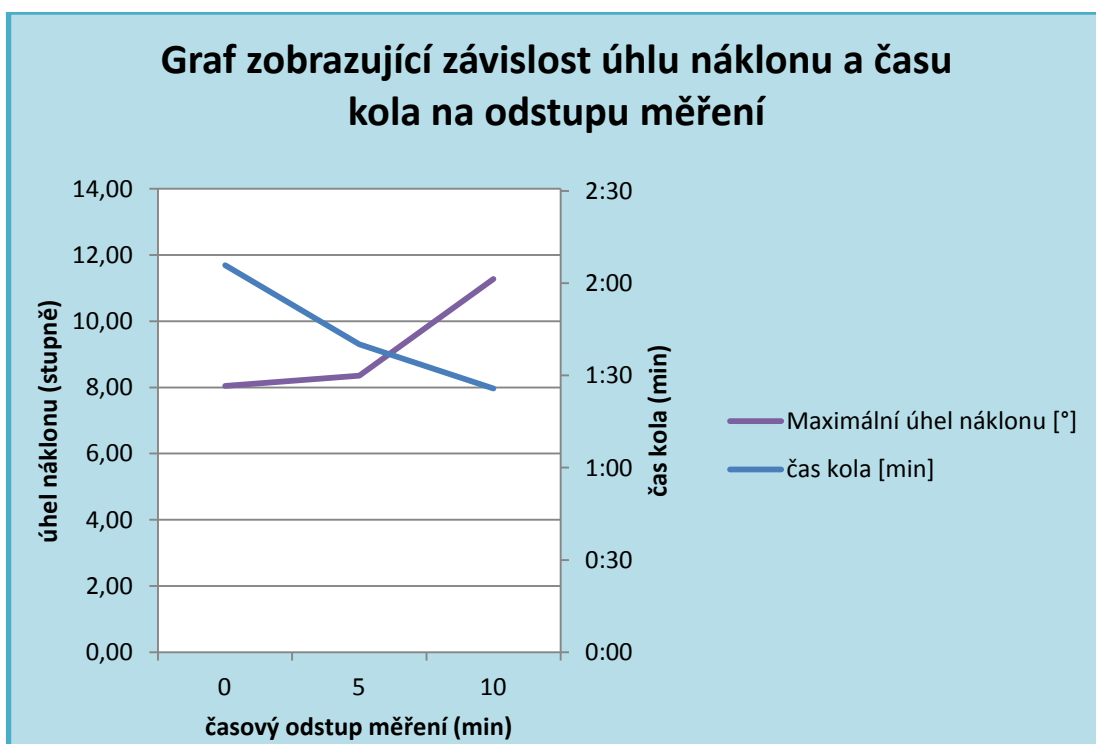
Z předchozích grafů (Obrázek 56 - Graf rychlosti a zrychlení pro 31-50 let, Obrázek 57 - Graf úhlu a času kola pro 31-50 let), lze usoudit, že osoba potřebuje v začátku čas, jak je tomu i v předchozí kategorii, aby si osahala ovládání a jakmile pochopí princip, začne se zdokonalovat mezi každým kolem.

## 6.6. Vyhodnocení jezdců kategorie 51+ let

V poslední kategorii jezdců se chování na OP dá označit za velice zdařilé, faktem ale zůstává důležitá informace. V této kategorii si každý rozmyslí, zda vstoupí, či nevstoupí na tento dopravní prostředek a pokud k tomu dojde, jde ve většině případů o takové osoby, které mají sportovního ducha, a nedělá jim jakýkoli pohyb problém. A tak se ve výsledku ani tak neliší od kategorie s věkovým rozdílem 20 let. Zlepšení je patrné ve všech kolech postupně, osoba se ponaučí z chyb, které provedla v kole předchozím a snaží se je eliminovat v kole následujícím. Během času, kdy se jezdec mohl samovolně zdokonalovat, opravdu používal dráhu a trénoval chyby, které provedl. Ve výsledku jsou tedy lidé, kteří se účastnili tohoto experimentu ve věkové kategorii 51+ pohybově nadprůměrní, ale takto tomu zřejmě bude i v reálném životě. A tudíž ani tyto osoby nejsou pro sami sebe a ani okolí nebezpeční. Lidé, kteří mají pohybové problémy ani dnes neusednou do sedla bicyklu.



Obrázek 58 - Graf rychlosti a zrychlení pro 51+ let



Obrázek 59 - Graf úhlu a času kola pro 51+ let

Z předchozích grafů (Obrázek 58 - Graf rychlosti a zrychlení pro 51+ let, Obrázek 59 - Graf úhlu a času kola pro 51+ let), lze odvodit poznatek, že starší osoba potřebuje více času na to, aby pochopila princip ovládání OP. Proto je jejich průběh zprvu klidný a k nejmarkantnějšímu zlepšení dochází mezi 2. a 3. kolem.

## 7. Závěr

Z provedeného experimentu jsem došel k následujícím závěru:

Věková rozlišnost testovaných osob nemá zásadní vliv na jejich dynamiku jízdy, jak by se dalo předpokládat. O mnoho více rozhoduje o tom, jak se osoba na OP bude pohybovat, její nadanost a odvaha pro to zkoušet něco nového. Lze se tedy domnívat, že pokud osoba chce, tak se na OP lze přepravovat bezpečně v každém věku. Dle výsledků experimentu se po 15 minutách dovede zlepšit každá osoba, která nikdy v předchozím čase neměla možnost si jízdu vyzkoušet. Teoreticky po hodině jízdy se bude osoba na OP pohybovat tak, že již bude využívat jeho maximální možnosti.

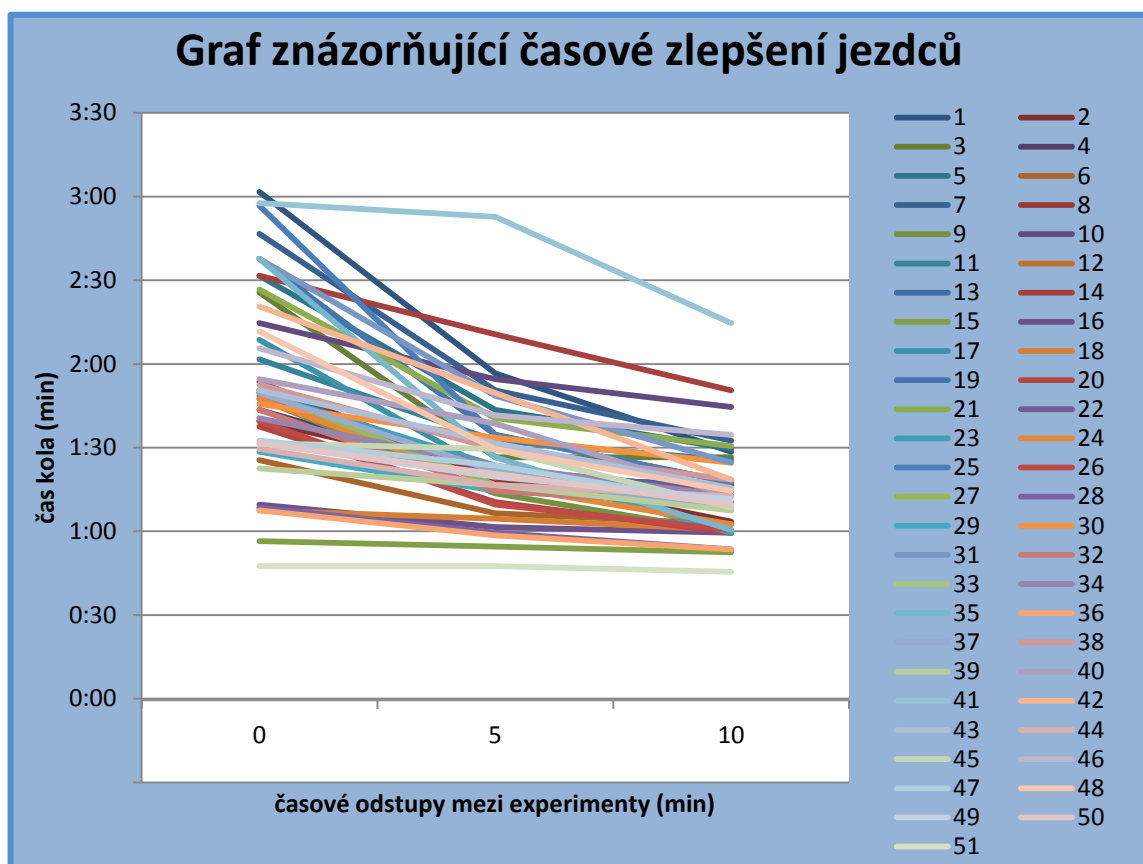
Jsou jisté předpokládané aspekty, které mezi sebou odlišují dané jezdce, tak jak je tomu např. u nižší věkové kategorie. Mladí se tolik nebojí a dosahuje vyššího zrychlení dříve, to postupně s věkem klesá, maximální rychlost, ale je ve všech kategoriích velice obdobná. Vše je zapříčiněno tím, že většina OP má rychlost omezenou na cca 20 km/h. Není zde tedy tak velké pole působnosti, aby se lidé od sebe o mnoho lišili. Osobám tedy nedělá problém po chvíli osvojení jízdy dosahovat jejich maximální rychlost

Je tedy možno konstatovat, že osoby, které se pohybují na těchto dopravních prostředcích využívající gyroskopy k vyrovnání své polohy, se dovedou velice snadno naučit jej ovládat a nejsou tak pro sebe a ani své okolí nebezpeční, jak se někdy argumentuje. To ovšem neplatí za všech podmínek

Zákaz používání v centru hlavního města České republiky je pochopitelný, docházelo tam k rozporům mezi bezohlednými uživateli OP, kteří byli ve výsledku jen zahraniční turisté a na druhé straně chodci na chodnících. Je ale špatné se rozhodnout k takovému kroku, když osobě, která by využívala OP k soukromým účelům je také zakázáno jezdit na OP např. do práce. Elektromobily a další dopravní prostředky jsou na takovém vzestupu, že pokud by jejich cena byla pro většinu lidí přijatelnější, už by mohly nahradit dopravní prostředky v centrech měst, kde by to usnadnilo hodně problémů. Je tedy na zvážení, jestli má smysl zakázat užívání OP na celém území Prahy a nepodporovat tak ekologický způsob přepravy lidí. Pokud by všechny osobní přepravníky byly od výrobce vybaveny módem pro „pěší rychlost“, ten by byl 5 km/h, nemusel by člověk stále přemýšlet, kolik vlastně jede. Z vlastní zkušenosti a z pozorování během experimentu, pokud se osoba pohybuje rychlostí srovnatelnou s chůzí je ovládání OP opravdu přesné a ani nedochází ke konfliktům.

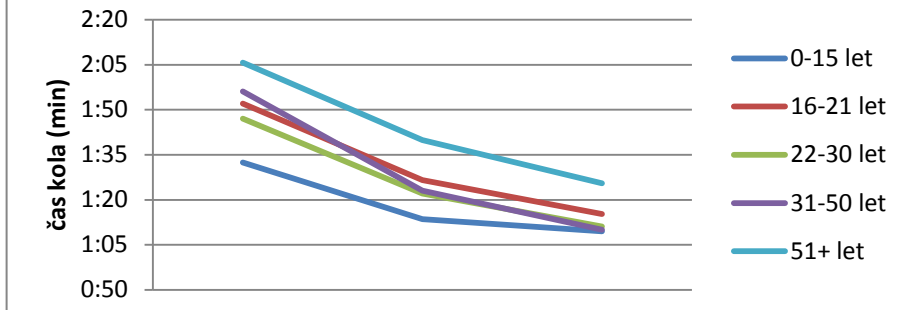
Ostatně v dnešní době ještě není možno dle mého názoru pustit do stejného dopravního prostoru spolu s automobily. Osoba se sama cítí zranitelnější, a jak již bylo zmíněno, levné OP vykazují i nějaké chyby. Tudíž se v současném stavu nemohou pohybovat nikde jinde než na chodníku. Až dojde k vylepšení technologii i u levných OP a k popularizaci OP mezi lidmi, začnou i vývojáři mnohem více pracovat na různých vylepšeních a dalších součástích OP, jako by byla pasivní a aktivní bezpečnost. Poté by bylo možné vykázat OP z chodníku do společného prostoru s dopravními prostředky, aniž by si osoba, která jede na OP připadala zranitelnější než osoba v automobilu. Velký pozorovaný problém je také, to, pokud osoba na OP jede rychle vpřed a vykloní řídítka do strany, dojde k rozpohybování jezdce ze strany na stranu a následně hrozí pád. Nabízelo by se zde takové řešení, že by se řídítka s postupným nárůstem rychlosti stala tužšími a jejich pohybování ze strany do stran by ve vysoké rychlosti bylo obtížnější než při pomalé jízdě.

Zde je přiložen výsledný graf zachycující celkové časy v jednotlivých kolech pro všechny jezdce. Z grafu je možno vyčíst, že ve všech případech docházelo ke zlepšení již po 10 minutách.



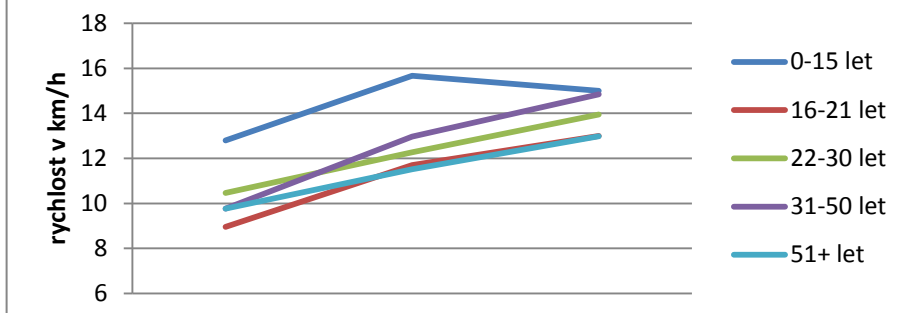
Obrázek 60 - Graf znázorňující časové zlepšení všech jezdců

### Graf interpretující vývoj průměrného času jezdců v 1 kole na odstavu měření



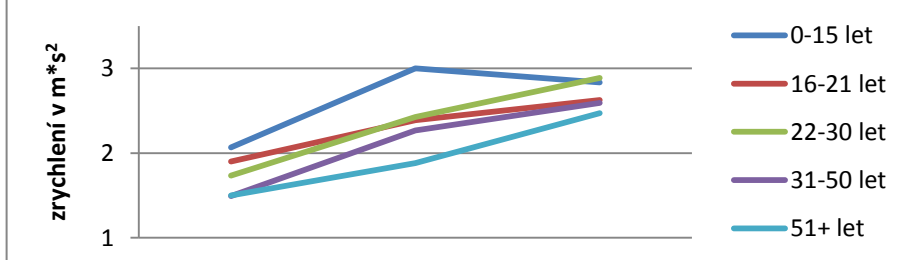
Obrázek 61 - Vývoj času jezdců

### Graf interpretující vývoj průměrné maximální rychlosti všech jezdců na odstavu měření



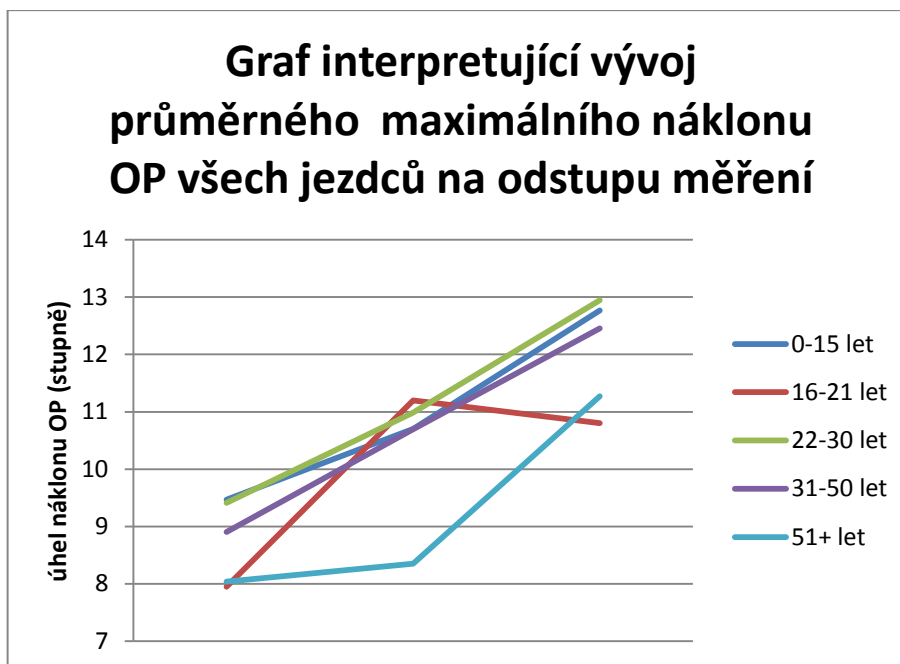
Obrázek 62 - Vývoj rychlosti jezdců

### Graf interpretující vývoj průměrného maximálního zrychlení všech jezdců na odstavu měření



Obrázek 63 - Vývoj zrychlení jezdců





Obrázek 64 - Graf vývoje náklonu jezdců

Na předchozích grafech (Obrázek 61 - Vývoj času jezdců, Obrázek 62 - Vývoj rychlosti jezdců, Obrázek 63 - Vývoj zrychlení jezdců, Obrázek 64 - Graf vývoje náklonu jezdců) je možno všechny odvozené poznatky pozorovat.

Je jasné, že se lidstvo v budoucnu bude pohybovat na obdobných dopravních prostředcích, jako jsou nyní všechny známé druhy OP. V minulosti, kdy automobil vlastnilo jen pár movitých lidí, nikoho nenapadlo, že v dnešní době bude na světě takový stupeň automobilizace, že v jistých zemích, příkladem můžou být Spojené státy americké, kde na 1000 obyvatelů připadá 800 automobilů. Pokud podle rostoucího trendu bude narůstat každým rokem stupeň automobilizace, bude se jen problém stupňovat. Jsou jistá opatření, viz Bílá kniha 2050, kde se již touto problematikou lidé zabývají. Ovšem přehršení automobilů v ulicích měst, neekologický způsob dopravy, časté kongesce nás provázejí již mnoho let. Ať má názor na OP kdokoli jakýkoli, právě v tomto dopravním prostředku spočívá budoucnost dopravy v městských aglomeracích. Splňuje všechny podmínky, které jsou od něj požadovány a tím je myšlena, velikost, ekologičnost, jednoduchost ovládání, efektivnost atd.

Dle mého názoru není řešení v tom zakazovat v určených lokalitách jízdu na OP, dojde jen k přenesení problému někam jinam, tak jak je tomu i v hlavním městě Praze. Půjčovny, které se dříve zaměřovaly na vyhlídkové trasy na OP se nyní kvůli zákazu přesměrovaly na elektrokoloběžky, ty jsou snad i méně vhodné do městského provozu. A ačkoli koloběžky musejí dodržovat stejné podmínky pro chování v dopravním prostoru

jako cyklisté, častěji se vyskytují opět na chodnících, a pokud se rada města rozhodne k zákazu i těchto koloběžek, je jisté, že si provozovatel opět najde místo na trhu kde se bude snažit prosadit a podnikat. Například jízda ve vyhlídkovém vláčku. Je tedy důležité se touto problematikou zabývat a hledat řešení, které bude prospěšné pro obě strany. Z experimentu vyplynulo zjištění, že se na OP dovedou bezpečně pohybovat osoby všech věkových kategorií. Ovládání je opravdu intuitivní natolik, že se za pár minut naučí jízdě i člověk, který na OP nikdy nejel. Není teda problém zapojit OP do provozu a následně zavést pravidla, podle kterých se osoby, které hodlají používat tento moderní typ přepravy, budou řídit.

Další poznatky, které vyplynuly z experimentu:

- Při porovnání chování jezdce, který na OP nikdy nestál s osobou, která již měla alespoň nějaké zkušenosti s jízdou na OP dojde k závěru, že v bezpečnosti osobě samotné, člověk který je zkušenější si počíná méně bezpečně a vyskytoval se vícekrát v kolizních situacích, než úplný začátečník. Toto je zapříčiněno tím, že si již osoba poměrně věří a nebojí se zkusit vyhledávat limity. Toto jednání upadne postupem času, kdy nalezne limity OP a začne více přemýšlet o své jízdě, tak aby byla i pohodlná. Pokud by se měli oba jezdci pohybovat maximálně rychlostí chůze, tyto odlišnosti zaniknou.
- Muži si ve většině případů počínali lépe a byli více odhodláni zkusit něco nového. Jejich výsledky jsou lepší, míra zlepšení je také vyšší.
- Děti dosahují po velice krátké chvíli velkého zlepšení, to je zapříčiněno tím, že se o sebe nebojí. Pocit, že se o sebe osoba nebojí, byl pozorován i u nejstarších účastníků experimentu. Ne nadarmo se tedy říká, že s přibývajícím věkem, se osoby začnou opět chovat jako děti.
- Nejmenší pozorovatelné zlepšení je u jezdců ve věku 16-21 let, možností proč tomu je zrovna u této kategorie je například to, že jsou osoby ve věku dospívání a nepociťují snahu o zlepšení, možná varianta je také to, že je to přesně ta věková kategorie dětí, kteří ve volném času sedí u počítače a pohyb jim v porovnání s ostatními skupinami dělá větší obtíže, ať si to nechtějí připustit. U dětí z kategorie 0-15 let je sice taky možnost ovlivnění érou počítačů, ovšem ještě jim svědomí dovolí riskovat.

## 8. Seznam použité literatury

- [1] *Vývoj historických cest ve světě* [online]. [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: <http://www.historicke-cesty.cz/historicke-cesty/vyvoj-historickych-cest-ve-svete/#02>
- [2] *HISTORIE SEGWAYE* [online]. [cit. 2015-08-10]. Dostupné z: <http://segwaypt.cz/segway-historie>
- [3] *Segway PT p133 specifications* [online]. [cit. 2015-08-10]. Dostupné z: [http://www.segway.cz/product-archive/specs\\_pseries.html](http://www.segway.cz/product-archive/specs_pseries.html)
- [4] FIRST, Jiří. *Zkoušení automobilů a motocyklů: příručka pro konstruktéry*. Vyd. 1. Praha: S, 2008, 348 s. ISBN 978-80-254-1850-5.
- [5] POHL, Rudolf. *Dopravní prostředky*. Vyd. 1. Praha: Nadace Kristiána Josefa Willenberga, 1999, 245 s. ISBN 80-01-01811-3. ISSN 80-01-01811-3.
- [6] ŠACHL, Jindřich. *Analýza nehod v silničním provozu*. 1. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2010. ISBN 978-80-01-04638-8.
- [7] *Zákony pro lidi* [online]. [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-361>
- [8] *Idnes* [online]. [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: [http://praha.idnes.cz/praha-zakaz-segway-policie-pokuta-drf-/praha-zpravy.aspx?c=A161210\\_161420\\_praha-zpravy\\_fka](http://praha.idnes.cz/praha-zakaz-segway-policie-pokuta-drf-/praha-zpravy.aspx?c=A161210_161420_praha-zpravy_fka)
- [9] *Euro: Chceme jezdit do centra: asociace segway žaluje Prahu* [online]. [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: <http://www.euro.cz/praha/chceme-jezdit-do-centra-asociace-segway-zaluje-prahu-1328566>
- [10] *Juristisches Informationssystem fuer die BRD* [online]. [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: [https://www.gesetze-im-internet.de/mobhv/\\_\\_7.html](https://www.gesetze-im-internet.de/mobhv/__7.html)
- [11] *Pravda: Cestovanie* [online]. [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: <http://cestovanie.pravda.sk/mesta/clanok/376469-segwaye-pozor-parlament-uzakonil-pravidla-jazdy-na-oblubenych-vozidlach/>
- [12] *Ministerstvo vnútra slovenskej republiky* [online]. [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: <http://www.minv.sk/?tlacove-spravy&sprava=novinky-v-zakone-o-cestnej-premavke>

- [13] Segway [online]. [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: <http://www.segway.com.pl/serwis/regulacje-prawne/>
- [14] OSOBISTY TRANSPORTER FUNKCJONARIUSZA POLICJI. Segway [online]. [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: <http://www.segway.com.pl/patrol/policja/>
- [15] *Bundesrecht konsolidiert. Das Rechtsinformationssystem des Bundes* [online]. [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: <https://www.ris.bka.gv.at/Dokument.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Dokumentnummer=NR40175080&ResultFunctionToken=7a2d614d-cc99-4c2d-9638-bf2456e71249&Kundmachungsorgan=&Index=&Titel=STVO&Gesetzesnummer=&VonArtikel=&BisArtikel=&VonParagraf=2&BisParagraf=&VonAnlage=&BisAnlage=&Typ=&Kundmachungsnummer=&Unterzeichnungsdatum=&FassungVom=26.02.2017&VonInkrafttredatum=&BisInkrafttredatum=&VonAusserkrafttredatum=&BisAusserkrafttredatum=&NormabschnittnummerKombination=Und&ImRisSeit=Undefined&ResultPage>
- [16] *Bundesrecht konsolidiert. Das Rechtsinformationssystem des Bundes* [online]. [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: <https://www.ris.bka.gv.at/Dokument.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Dokumentnummer=NR40065117&ResultFunctionToken=894db084-d9c4-4dbf-9817-dc211d5e1e93&Kundmachungsorgan=&Index=&Titel=STVO&Gesetzesnummer=&VonArtikel=&BisArtikel=&VonParagraf=65&BisParagraf=&VonAnlage=&BisAnlage=&Typ=&Kundmachungsnummer=&Unterzeichnungsdatum=&FassungVom=26.02.2017&VonInkrafttredatum=&BisInkrafttredatum=&VonAusserkrafttredatum=&BisAusserkrafttredatum=&NormabschnittnummerKombination=Und&ImRisSeit=Undefined&ResultPag>
- [17] *Ninebot- France* [online]. [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: <https://www.ninebot-france.com/documents/gyropode/legal/Autorisation-de-circulation-gyropode.pdf?ff95b4>
- [18] *E15* [online]. [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: <http://zpravy.e15.cz/zahranicni/politika/evropske-zeme-zpravidla-segwaye-nepousteji-nachodniky-1253639>
- [19] Segway [online]. [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: <http://www.segway.fr/a/la-reglementation-a-segwa-52/>

- [20] *ARCHIVE: Department of transport* [online]. [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20091202041311/http://www.dft.gov.uk/pgr/roads/vehicles/vsafety/regulationsforselfbalancings4565>
- [21] *The telegraph* [online]. [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: <http://www.telegraph.co.uk/technology/news/11926027/Hoverboard-scooters-are-illegal-to-ride-in-public-police-say.html>
- [22] *Segway boss died in 'act of courtesy'*. *BBC* [online]. [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: <http://www.bbc.com/news/uk-england-14167868>
- [23] *The Journal* [online]. [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: <http://www.thejournal.ie/ireland-self-balancing-scooter-2382939-Oct2015/>
- [24] *Segway Nederland* [online]. [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: <http://www.segwaynederland.nl/service/wetgeving/>
- [25] *Rijksoverheid* [online]. [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/brommer/vraag-en-antwoord/welke-regels-gelden-er-voor-een-segway>
- [26] *Daily Hover* [online]. [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: <https://dailyhover.com/self-balancing-scooters-banned-on-dutch-roads-segways-remain-legal/>
- [27] *Segway* [online]. [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: <http://www.segway.it/normativa-vigente/>
- [28] *Ars Technica* [online]. [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: <https://arstechnica.com/tech-policy/2016/03/segway-uses-patents-to-win-an-import-ban-on-competing-hoverboards/>
- [29] *HG Legal Resource* [online]. [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: <https://www.hg.org/article.asp?id=36293>
- [30] *The guardian* [online]. [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: <https://www.theguardian.com/cities/2016/jul/15/segways-ban-barcelona-spain-summer>

- [31] *The Local* [online]. [cit. 2017-05-02]. Dostupné z:  
<https://www.thelocal.ch/20150415/government-oks-segways-for-swiss-bike-lanes>
- [32] *Mail Online* [online]. [cit. 2017-05-02]. Dostupné z:  
<http://www.dailymail.co.uk/news/article-2293920/Its-Segway-section-Chinese-cops-patrol-shoplifters-electric-scooters.html>
- [33] *Segway: Nezávislé bezpečnostní studie Segway PT* [online]. [cit. 2017-05-02].  
Dostupné z: [http://www.segway.cz/support/indi\\_safety\\_studies.html](http://www.segway.cz/support/indi_safety_studies.html)
- [34] *Segway: Pilot Project for Evaluating the Segway™ HT Motorized Personal Transportation Device in Real Conditions* [online]. [cit. 2017-05-02]. Dostupné z:  
<http://www.segway.com/media/1240/14567e.pdf>
- [35] Stavový model a Kalmanův filtr. *ČVUT FD* [online]. [cit. 2017-05-02]. Dostupné z:  
<https://www.fd.cvut.cz/personal/provipav/Stochastika/Materialy-test4/Stav.pdf>

## 9. Seznam obrázků

Obrázek 1 - Segway PT p133 [3].....	10
Obrázek 2 - Pohled na osobní automobil značky Škoda fabia 1 gen. a OP seshora.....	11
Obrázek 3 - Schéma diagramu bezpečnosti dopravy [5] .....	12
Obrázek 4 - Snímek č. 1, 2, 3 z brzdění jezdce .....	14
Obrázek 5 - Snímek č. 4, 5, 6 z brzdění jezdce .....	14
Obrázek 6 - Snímek č 7 a 8 z brzdění jezdce .....	14
Obrázek 7 – Porovnání osoby stojící na OP a samostatně.....	18
Obrázek 8 – Mapa s vyznačeným zákazem pohybu na OP .....	20
Obrázek 9 - Fotografie SDZ na Praze 2- Albertov .....	21
Obrázek 10 - Fotografie místa pod Nuselským mostem .....	21
Obrázek 11 - Fotografie místa pod Nuselským mostem .....	22
Obrázek 12 - Značka B30a.....	22
Obrázek 13 - Osoby na elektrokoloběžkách .....	23
Obrázek 14 - Polští policisté na OP [14].....	26
Obrázek 15 - Čínští strážníci na OP [32] .....	29
Obrázek 16 - Osoba zúčastněná experimentu [34].....	30
Obrázek 17 - Členové výzkumného týmu [34] .....	31
Obrázek 18 - OP značky Airwheel.....	32
Obrázek 19 - Fotografie baterie.....	33
Obrázek 20 - Fotografie displaye.....	34
Obrázek 21 - Fotografie pneumatik .....	34
Obrázek 22 - Fotografie hliníkové konstrukce přístroje .....	35
Obrázek 23 - Detail uchycení akcelerometru .....	36
Obrázek 24 - Detail uchycení akcelerometru .....	36
Obrázek 25 – OP s osobou nastavující akcelerometr .....	37
Obrázek 26 - Okno programu SBG .....	38



Obrázek 27 - Okno programu SBG .....	39
Obrázek 28 - Okno programu SBG .....	40
Obrázek 29 - Okno programu SBG .....	41
Obrázek 30 - Výkres zkušební trati.....	42
Obrázek 31 - Fotografie zkušební trati s jezdcem na startu .....	42
Obrázek 32 - Fotografie zkušební trati s jezdcem.....	43
Obrázek 33 - Fotografie zkušební trati s jezdcem v úzkém průjezdu .....	43
Obrázek 34 - Fotografie zkušební trati s jezdcem jedoucí slalom .....	43
Obrázek 35 - Fotografie zkušební trati s jezdcem po brzdném manévru .....	44
Obrázek 36 - Ukázka formuláře.....	45
Obrázek 37 - Fotografie zkušební trati.....	46
Obrázek 38 - Fotografie jezdce připravující se na startu.....	46
Obrázek 39 - Fotografie zkušební trati.....	47
Obrázek 40 - Jezdec na startu .....	47
Obrázek 41 - Okno programu SBG .....	48
Obrázek 42 - Ukázka zpracovaných dat.....	49
Obrázek 43 – SS OP při nenakloněné pozici.....	49
Obrázek 44 – SS OP při naklonění o úhel alfa .....	50
Obrázek 45 - Odvození dopředného směru výslednice zrychlení .....	50
Obrázek 46 - Ukázka naměřených dat rychlosti .....	52
Obrázek 47 - Data bez upraveného měřítka času .....	53
Obrázek 48 - Data s upraveným měřítkem časové osy .....	53
Obrázek 49 - Ukázka zaznamenané zeměpisné polohy pro 3 jízdy .....	54
Obrázek 50 - Graf rychlosti a zrychlení pro 0-15 let.....	57
Obrázek 51 - Graf úhlu a času kola pro 0-15 let .....	57
Obrázek 52 - Graf rychlosti a zrychlení pro 16-21 let.....	58
Obrázek 53 - Graf úhlu a času kola pro 16-21 let .....	59
Obrázek 54 - Graf rychlosti a zrychlení pro 22-30 let.....	60

Obrázek 55 - Graf úhlu a času kola pro 22-30 let .....	60
Obrázek 56 - Graf rychlosti a zrychlení pro 31-50 let.....	61
Obrázek 57 - Graf úhlu a času kola pro 31-50 let .....	62
Obrázek 58 - Graf rychlosti a zrychlení pro 51+ let.....	63
Obrázek 59 - Graf úhlu a času kola pro 51+ let .....	63
Obrázek 60 - Graf znázorňující časové zlepšení všech jezdců .....	65
Obrázek 61 - Vývoj času jezdců .....	66
Obrázek 62 - Vývoj rychlosti jezdců.....	66
Obrázek 63 - Vývoj zrychlení jezdců .....	66
Obrázek 64 - Graf vývoje náklonu jezdců .....	67

## 10. Seznam tabulek

Tabulka 1 - Seznam použitých jednotek a zkratek.....	8
Tabulka 2 - Věkové skupiny jezdců .....	45
Tabulka 3 - Dosavadní zkušenosti jezdce .....	45
Tabulka 4 - Ukázka tabulky jezdců .....	55
Tabulka 5 - Parametry OP Airwheel S3 .....	56

## **11. Seznam příloh**

1. Nařízení č.14/2016 Sb
2. § 60a – „Užívání osobního přepravníku“
3. Vyhodnocení jízd všech účastníků experimentu