

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2016

Bc. Veronika KOČOVÁ



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Veronika Kočová

**STUDIE REALIZOVATELNOSTI KOMBINOVANÉHO
DOPRAVNÍHO PROSTŘEDKU AUTOMOBIL/LETADLO**

Diplomová práce

2016



K621..... Ústav letecké dopravy

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Veronika Kočová

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

N 3710 – LO – Logistika, technologie a management dopravy

Název tématu (česky): **Studie realizovatelnosti kombinovaného
dopravního prostředku automobil/letadlo**

Název tématu (anglicky): Feasibility Study of Car and Airplane Combination

Zásady pro vypracování

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

- Úvod
- Strategie projektu
- Definiční podmínky
- Základní technické požadavky
- Zpracování statistiky
- Marketingový průzkum
- Závěrečné zhodnocení

Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího diplomové práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: MEIJER, M. Liever de lucht in. Kijk, December 2009, Nr. 12, s. 14-23.

CHVÁLA, V. – CHVOJKA, P. Pilot LAA ČR. 2014, roč. 28, 3/14, s. 8-11. ISSN: 1211-4081.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Robert Theiner, Ph.D.

Ing. Martin Novák, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce:

31. července 2014

(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. listopadu 2015

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

L. S.

doc. Ing. Stanislav Szabo, PhD. MBA
vedoucí
Ústavu letecké dopravy



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

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.

Bc. Veronika Kočová
jméno a podpis studenta

V Praze dne.....30. června 2015

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

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).

V Praze dne 25. listopadu 2015

.....
Veronika Kočová

Poděkování

Ráda bych na tomto místě poděkovala všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této práce. Děkuji Ing. Martinovi Novákovi, Ph.D. a Ing. Robertu Theinerovi, Ph.D. za odborné vedení a cenné připomínky, kterými přispěli k vypracování mé diplomové práce. Zvláště bych ráda poděkovala Ing. Janu Šimůnkovi za odborné konzultace a rady.

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

STUDIE REALIZOVATELNOSTI KOMBINOVANÉHO DOPRAVNÍHO
PROSTŘEDKU AUTOMOBIL/LETADLO

diplomová práce

leden 2016

Veronika Kočová

Abstrakt

Tématem této diplomové práce je Studie realizovatelnosti kombinovaného dopravního prostředku automobil/letadlo. Práce definuje konkrétní projekt Air car city a určuje základní technické podmínky a požadavky v České republice pro schválení všech jeho částí. Součástí práce je zjištění statistických údajů o autoletadlech obecně z hlediska času, ceny a názoru veřejnosti.

Klíčová slova: Autoletadlo, Air car city, letoun, vozidlo, miniautomobil

Abstract

The theme of this thesis is to study the feasibility of a combined transport car / plane. The work defines a specific project Air car city and determines the basic technical conditions and requirements in the Czech Republic for approval of its parts. Part of this work is to identify statistical data on air-cars generally in terms of time, cost and public opinion.

Keywords: Air-car, Air car city, airplane, car, city car

Obsah

Seznam použitých zkratek

0 Úvod.....	8
1 Strategie projektu.....	9
1. 1 Důvody vzniku projektu.....	9
1. 2 Air car city.....	9
1. 2. 1 Koncept přeměny.....	11
1. 2. 2 Parkovací systém.....	14
2 Definiční podmínky.....	16
2. 1 Statistika miniautomobilů.....	16
2. 2 Parkovací místa.....	17
2. 3 Akční radius.....	18
2. 4 Porovnání dosavadních projektů.....	20
2. 4. 1 Autoletadla s pevnými nosnými plochami.....	21
2. 4. 2 Autoletadla s rotujícími nosnými plochami.....	34
2. 4. 3 Srovnání projektů s Air car city.....	37
3 Základní technické požadavky.....	38
3. 1 Homologační podmínky vozidla.....	38
3. 1. 1 Schvalování typu.....	39
3. 1. 2 Kategorizace vozidla.....	40
3. 1. 3 Požadavky kategorie L5e.....	42
3. 1. 4 Požadavky kategorie O ₁	49
3. 2 Certifikační podmínky letadla.....	50
3. 2. 1 Kategorizace letadla.....	50

3. 3. 2 Požadavky kategorie VLA.....	54
4 Zpracování statistiky.....	57
4. 1 Porovnání tras.....	57
4. 2 Časová úspora.....	60
4. 3 Ekonomické zhodnocení.....	69
4. 4 Zhodnocení bezpečnosti.....	74
5 Marketingový průzkum.....	78
6 Závěrečné zhodnocení.....	84
Použité zdroje.....	86
Seznam obrázků.....	90
Seznam tabulek.....	92

Seznam použitých zkratek:

ACFT – Aircraft (Letadlo)

CAS- Calibrated airspeed (kalibrovaná rychlost, je indikovaná rychlost opravená o polohovou chybu pitot-statické trubice, která bývá ovlivněna jinými částmi letadla.)

CS – Certifikační specifikace

EASA- European aviation safety agency (Evropská agentura pro bezpečnost letectví)

FAA - Federální letecký úřad pro USA

IAD – Individuální automobilová doprava

JAA - Joint Aviation Authorities (Sdružené letecké úřady)

JAR – Joint Aviation Requirements (Společné letecké předpisy)

LSA – Lehké sportovní letouny (Americká kategorie letadel o hmotnosti 600kg)

MSA – Mezinárodní standardní atmosféra

MTOW – Maximum takeoff weight (maximální vzletová váha)

SLZ – Sportovní létající zařízení

SOP – Svislé ocasní plochy

TAS – True air speed (Pravá vzdušná rychlost)

TSK – Technická správa komunikací

ULL – Ultralehká letadla

ÚCL – Úřad civilního letectví

ÚZPLN – Ústav pro odborné zjišťování příčin leteckých nehod

VFR – Visual flight rules (Let za viditelnosti země)

VLA - Velmi lehké letouny

VOP – Vodorovné ocasní plochy

0 Úvod

Vývojem automobilismu se lidé snaží zefektivnit přepravu osob a nákladů. Snaží se proto zvyšovat dostupnost vzdálenějších, ekonomicky a sociálně důležitých míst. Lidstvo také vyžaduje zrychlení dostupnosti míst, a tak vývojem dochází k zvyšování rychlosti dopravních prostředků. Postupem času docházelo ke zvýšení provozu vozidel na pozemních komunikacích a současně i k přepřehování parkovacích míst ve městech, a tak se dnes potýkáme i s problémem emisí výfukových plynů. Z těchto důvodů se hledají alternativy nebo systémové optimalizace pro stávající konvenční řešení dopravy nebo pohonných hmot.

Jedním z řešení by se mohly stát určité typy autoletadel, které v sobě sjednocují výhody miniautomobilů a letounů. Možnosti realizovat dopravu takovýmito dopravními prostředky jsou stále velmi omezené a to jak existenčně tak i finančně. Je proto nutné zvýšit povědomí lidí a počet odborných studií pro zvýšení faktů o tomto druhu dopravy.

Tato studie se zaměřuje na konkrétní projekt Air car city, který se skládá z miniautomobilu a ze zadní části draku letounu. Princip uspořádání tohoto typu autoletadla vychází ze skutečnosti nedostatku volných parkovacích míst ve většině měst a obcí Evropy a přeplněných dálničních sítí a silnic automobilovou dopravou. Zaměřím se proto na specifikace a zhodnocení projektu z hlediska parkování a letu. V práci budu porovnávat ekonomičnost, časovou úsporu a bezpečnost osobních vozidel s miniautobílem v kombinaci s letounem. Velkou výhodou je překonání delší trasy v kratším čase od určité vzdálenosti. Tuto vzdálenost a úsporu času budu nejprve zjišťovat statisticky a poté analytickou metodou.

Cílem práce je zjistit výhody Air car city, a odlišnosti od podobných dosavadních projektů. Nedílnou součástí práce je vymezení projektu autoletadla v rámci příslušné kategorie letadel a vozidel, ale i zjištění současných legislativních požadavků pro homologaci vozidla, vleku a certifikaci letounu. V závěru práce se zaměřuji na zjištění názorů z perspektivy širší veřejnosti marketingovým průzkumem a na statistické zhodnocení dotazníku takových to projektů.

1 Strategie projektu

1. 1 Důvody vzniku projektu

Nepopíratelným faktem je růst světové populace. Za 40 let se odhaduje vzrůst populace na dvojnásobek, poté se předpokládá pokles, nicméně to ale je dlouhodobá nejistá předpověď. S růstem populace je spojen nárůst průmyslu, obchodu, zemědělství, vědy, techniky a dopravy, což v konečném důsledku vede k zhoršení kvality ovzduší. Podíl dopravy v Evropě na celkových emisích je 20%. V EU Evropská komise zkvalitňuje životní prostředí pomocí zpřísnění emisních limitů.

Největší podíl na přepravních výkonech v osobní dopravě v EU připadá na IAD (70%). Zbytek připadá nejvíce na leteckou, veřejnou osobní dopravu, ale i železniční dopravu. Největší nárůst přepravních výkonů v EU za posledních 15let zaznamenala letecká doprava (nárůst o 25%). Železniční doprava v EU za 15let mírně vzrostla. Přepravní výkon IAD vzrostl za 15 let o 8%. V posledním desetiletí dochází ke stagnaci jeho růstu, nicméně stále roste. V současnosti jsou postižena především velká města. [24]

Ze statistické ročenky TSK za rok 2014 [35] vyplývá, že na jeden osobní automobil v Praze připadá 1,8 osob, zatímco mimo hlavní město alespoň 2,1 osob. Na rozdíl od loňského roku klesl stupeň automobilizace o 0,1 obyvatel/1os.automobil pro hlavní město i Českou republiku, avšak za posledních dvacet pět let klesl počet obyvatel na osobní vozidlo téměř na polovinu. V devadesátých letech průměrně v jednom osobním automobilu jezdily více než 4 osoby. V roce 2000 s osobním automobilem jezdilo průměrně pouze 2,8osob. Postupně strměji narůstá počet ujetých km připadajících na jedno vozidlo. Za posledních dvacet let se provoz motorových vozidel v Praze zvýšil na trojnásobek. Z hlediska České republiky je nárůst nižší (1,7 násobek oproti roku 1990), nicméně stále vzrůstá. Proto jsou velká města dnes přeplněna automobily, to má za následek nedostatek parkovacích míst a kongesce v ranních a večerních špičkách. V Praze se každý den pohybuje přibližně 300 tisíc vozidel a jejich počet nezadržitelně narůstá. Proto dopravní situace není za současných podmínek dlouhodobě udržitelná.

1. 2 Air car city

Realizace tohoto projektu řeší především problémy s nedostatkem parkovacích míst v evropských městech a zároveň umožňuje nezávislost dopravního prostředku na pozemních komunikacích na požadovaných trasách. Stavba (znázorněna na obrázcích

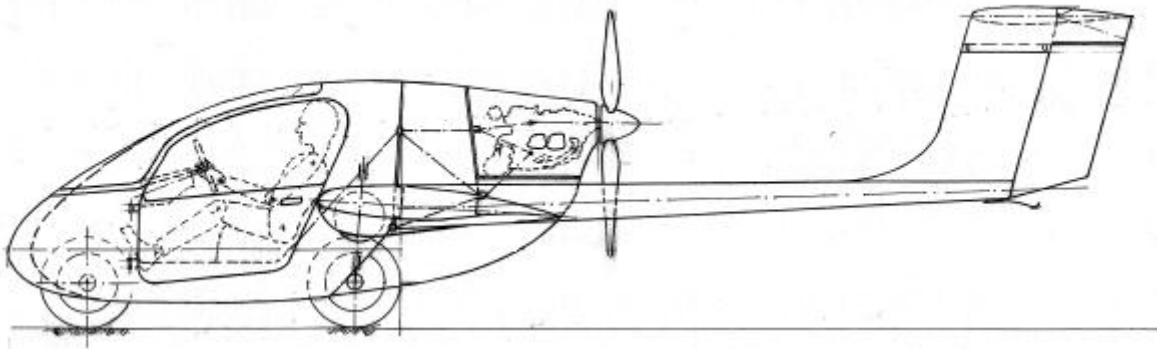
1,2,3 a 4) spočívá v propojení prvků dvoutrupého letounu v kombinaci s miniautomobilem přibližně velikosti Smart Fortwo. Dvojité trup umožňuje umístění vrtule v tlačném uspořádání přímo mezi tyto trupy, a tudíž snadné začlenění pohonné jednotky do koncepce vleku draku letounu, který vznikne při přestavbě letounu na vozidlo. Pro optimálnější stavbu projektu Air car city lze využít konstrukčních částí například dvoutrupého letadla Sparrow ML. Sparrow ML přibližně odpovídá konstrukční letecké stavbě Air car city a navíc jeho autor byl vedoucím projektu Sparrow ML. Malá dvoumístná vozidla, jakožto i Air car city, jsou se svým menším výkonem ideálními do přeplněných velkých měst a jejich malá spotřeba paliva přispívá ke snížení produkovaných emisí, které se ve městech hromadí ve velké koncentraci.

Z hlediska certifikace je cenově nejvýhodnější zařazení projektu do kategorie ELSA patřící pod LAA, čímž dojde k zjednodušení získání typového certifikátu. S velkou pravděpodobností však dojde k překročení váhového limitu této kategorie (600kg) a bude nutné zařazení Air car city do kategorie VLA, která spadá pod ÚCL. Vozidlo jakožto tříkolové, bude spadat do kategorie L5e-motorové tříkolky, tj. vozidla se třemi symetricky uspořádanými koly vybavená motorem, který má zdvihový objem větší než 50 cm³, jedná-li se o spalovací motor, nebo s nejvyšší konstrukční rychlostí vyšší než 45 km/h. Především jako tříkolka bude usnadněna homologace daného kombinovaného prostředku. V budoucnu se vozidlo pro větší využitelnost může rozšířit do kategorie M (motorová vozidla, která mají nejméně 4 kola a používají se pro dopravu osob).

Zadní kolo bude poháněno přímo čtyřdobým spalovacím motorem, umístěným nad ním. Výše je zavazadlový prostor o objemu cca 50l, který je patrný na obrázku 1. Nevýhodou tříkolového vozidla je jeho stabilita. Spojnice kol by měla pro lepší stabilitu procházet těžištěm každé osoby. Proto lze v budoucnu uvažovat o zdvojení zadního kola (pro lepší stabilitu). I tak by vozidlo bylo možné zařadit do kategorie L – čtyřkolky, které musí z většiny splňovat technické požadavky platné pro motorové tříkolky kategorie L5e. Díky rozměrům vozidla bude možné zaparkovat na kratší vzdálenosti parkovacího místa, což je v přeplněných městských ulicích velkou výhodou. Konstrukce předpokládá i použití důmyslného parkovacího systému (popsaného v podkapitole 1.2.2), umožňující využití parkovacího místa o délce téměř 2,4m.

Kabina a palubní deska se dělí na řídicí systémy pro řidiče automobilu umístěné dle normy v levé polovině a řídicí systémy potřebné pro let umístěny v pravé polovině (na místě spolujezdce). Sedadlo vpravo vyhovuje lépe pravidlu z předpisu L2 o sbíhajících se tratích: Sbíhají-li se tratě dvou letadel, přibližně ve stejné hladině, má přednost to letadlo, které přilétává zprava (kromě definovaných výjimek).

Část draku letounu, který se skládá z VOP, SOP, křídla, vnějšího podvozku a zadní části trupu spolu s leteckou pohonnou jednotkou lze složit do vleku, který lze v případě potřeby odtáhnout za vozidlem. Jako kola vleku slouží vnější podvozek zadní části trupu. Po vzletu (v padesáti metrech) se provede zavření těchto vnějších balančních kol. Pro zkrácení vzletu bude možné použít i automobilový motor (kromě leteckého).



Obrázek 1 – Air car city bokorys

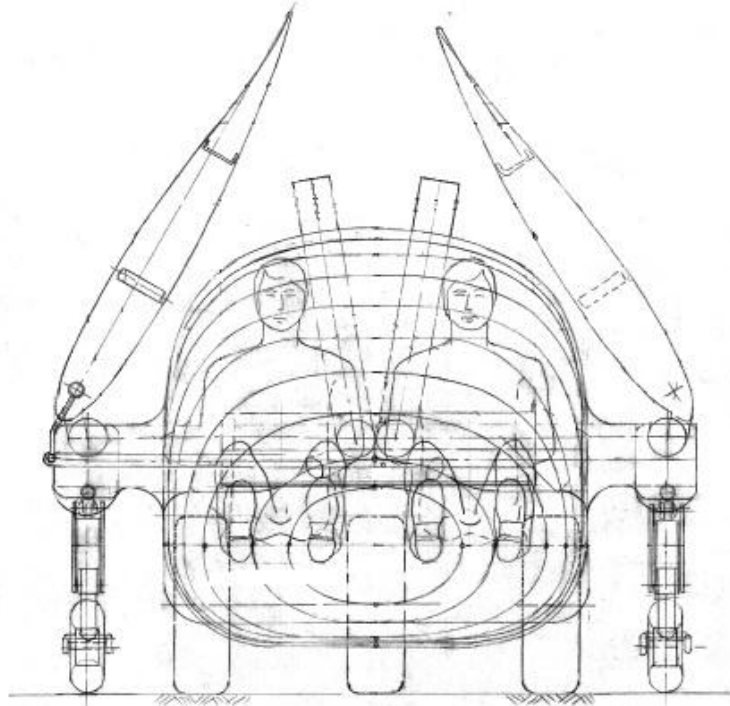
(Zdroj: Ing. Jan Šimůnek)

1. 2. 1 Koncept přeměny

Současný prozatímní návrh konstrukce je sestaven tak, aby umožňoval snadnou přestavbu na autoletadlo. Konkrétní postup reálné přeměny bude prokázán po detailnějším rozpracování transformačních částí, které se budou skládat z jedinečných mechanických a elektronických systémů.

Přestavba na autoletadlo:

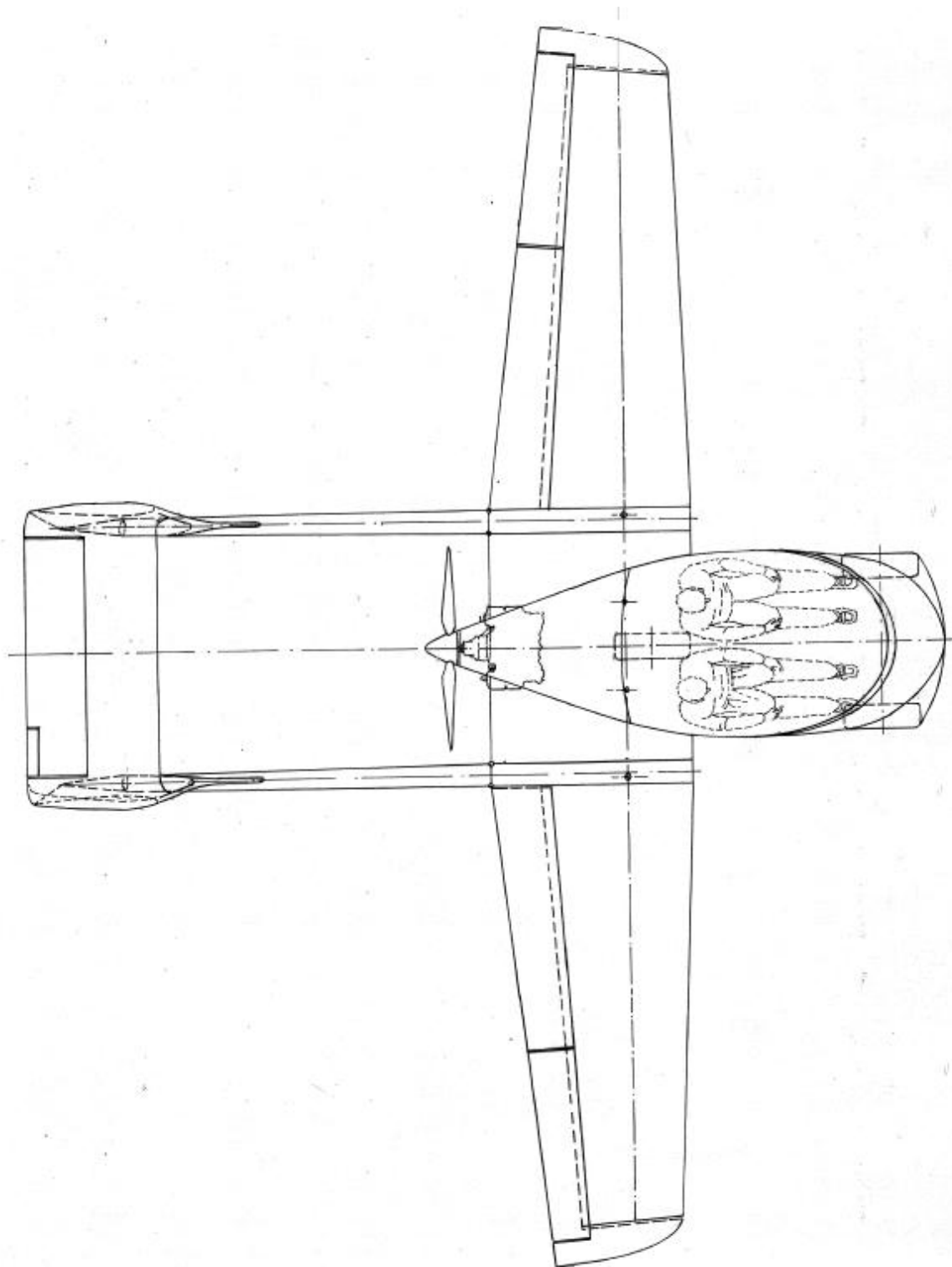
Miniautomobilem řidič přijede na letiště, kde je zaparkován vlek draku letounu. Vlek draku letounu je nutné připravit pro vzlet následujícím postupem. Na obrázku 2 je vidět Air car city s vlekem.



Obrázek 2 – Air car city nárys ve vlečné konfiguraci (Zdroj: Ing. Jan Šimůnek)

- 1) Odjištění levého a pravého křídla
- 2) Rozevření křídel podél příčné osy letounu
- 3) Sklopení křídel do letové polohy
- 4) Zajištění čepu křídel do letové polohy
- 5) Přiblížení (nacouvání) miniautomobilu ke spodním připojovacím závěsům. (Je zde počítáno s výškovou korekcí mezi vodorovnými závěsy vleku a miniautomobilu, která se provede pomocí speciálního vyrovnávacího zařízení.)
- 6) Pomocí navíjecího lana, které se připe k draku, se zvedne zadní část okolo osy dvou vodorovných závěsů, aby bylo možné zasunout svislé čepy do horních závěsů, čímž dojde k připojení veškerých elektrokontaktů a mechanických řídicích prvků. Zajištění všech čepů bude kontrolováno světelnými kontrolkami na přístrojové desce. (Závěrečnou verzi přestavby zobrazuje obrázek 3.)

Předběžný odhadovaný čas pro následující výpočty celé této montáže je 5 minut.

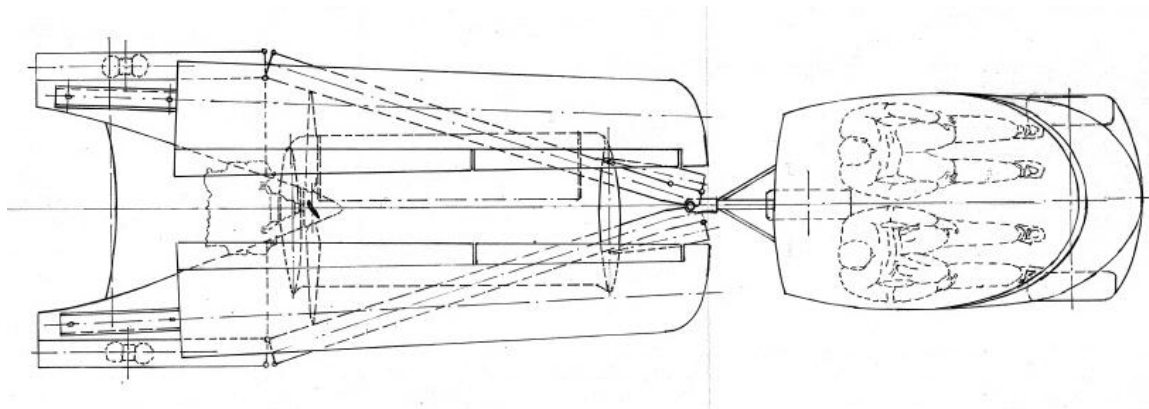


Obrázek 3 – Air car city půdorys

(Zdroj: Ing. Jan Šimůnek)

Přestavba na vlek draku letounu:

- 1) Odmontování VOP
- 2) Odaretování vnějších závěsů křídel a sklopení do transportní polohy
- 3) Otočení a upevnění SOP pro transport
- 4) Vzájemné zajištění trupových nosníků do tvaru písmene „V“
- 5) Upevnění VOP do prostoru pod motor
- 6) Sklopení křídel na část trupového nosníku. Návrhová šířka vleku vychází 2,06m.
- 7) Přiblížení automobilu k zadní části vleku, která se nadzvedne a připojí k závěsnému zařízení. Následně se připojí elektrická vidlice umístěná ve vozidle k zásuvce vleku. Air car city s vlekem je znázorněn na obrázku 4.



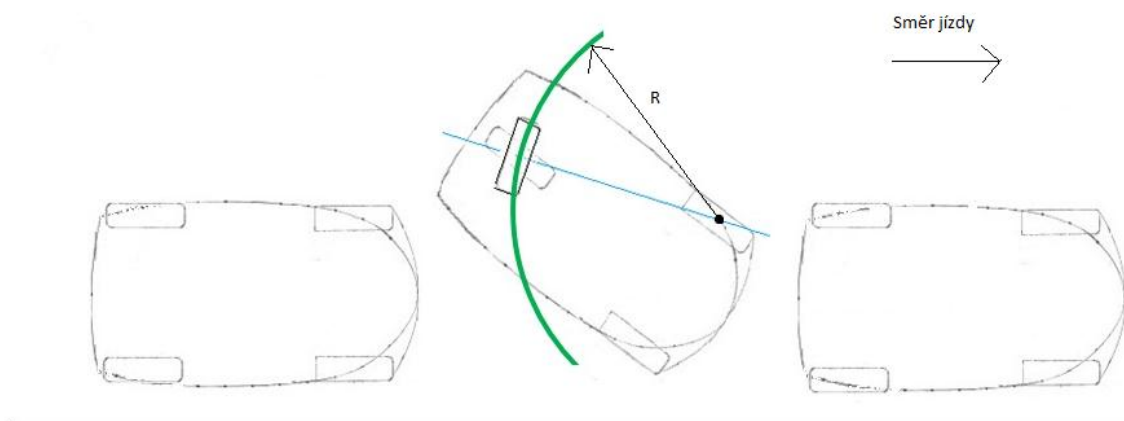
Obrázek 4 – půdorys Air car city s vlekem

(Zdroj: Ing. Jan Šimůnek)

1. 2. 2 Parkovací systém

Kromě snadného parkování díky malým rozměrům Air car city (šířce cca 1,5m bez zrcátek a délce 2,4m) dojde k ještě většímu využití parkovacích stání při využití podélného parkovacího mechanismu. Ten spočívá v uzpůsobení zadního náhonového kola, tak aby se otáčelo při aktivaci. Osa hnaného kola se otočí, tak aby směřovala na střed levého (pravého) předního kola.

Při podélném parkování je nutné najet přední částí vozidla na podélné parkovací místo. Zabrzdít přední levé nebo pravé kolo (podle strany parkování) a hnaným kolem se stočit kolem osy zabrzděného kola (viz. obrázek 5) Tato technologie již byla použita v Kalifornii v padesátých letech. U klasických vozidel brání ve využití tohoto mechanismu diferenciál.



Obrázek 5 – Parkovací systém

(Zdroj : Vlastní)

Odjezd z parkovacího místa:

- 1) Klasický výjezd „po předu“
- 2) Výjezdem pomocí zabrzdění předního levého (pravého) kola a natočením náhonového kola. Tak dojde k vyjetí zadní části vozidla.

Pomocí tohoto systému je možné parkovat vozidlo na podélném parkovacím stání téměř v těsné blízkosti okolních vozidel. Miniautomobilu Air car city postačí délka parkovací stání s podélným řazením téměř 2,4 m, tam kde není možné parkovat kolmo k vozovce.

2 Definiční podmínky

2. 1 Statistika miniautomobilů

Pro stavbu autoletadla je výhodou využít rozměrový koncept stávajících minivozidel, která současně svou nízkou vahou splní podmínky zařazení do VLA. Jsou to vozidla značky například Smart, Aixam, Ligier, Microcar, Grecav nebo Chatenet. Některé z typů těchto vozidel patří do kategorie lehké čtyřkolky o hmotnosti v nenaloženém stavu nejvýše 350 kg neboť konstrukční rychlost vozidel nepřekračuje 45km/hod a objem motoru nepřesahuje 50cm³ u zážehových motorů nebo výkon nepřesahuje u ostatních motorů 4 kW (5,4koní), tak aby bylo umožněno jejich řízení dětem již od 15ti let (dle novelizačního předpisu 230/2014Sb.).

Tabulka 1 – Statistika miniautomobilů

(Zdroj: [2, 23, 31])

Značka	Typ vozidla	Délka [mm]	Šířka [mm]	Spotřeba (kombinovaná) [l/100km]	Výkon [kW]	Nejvyšší rychlost [km/hod]	Pohotovostní hmotnost [kg]
Ligier	Ligier JS 50 Elegance	2825	1561	3,57 l/(2,5)	4	45	350
	Ligier JS 50L Elegance	2999	1561				
	Ligier JS RC Elegance	3030	1505				
	Microcar M.GO Premium	2999	1500				
	Microcar DUE Premium	2870	1500				
Aixam	City PACK	2720	1500	2,96	4	45	350
	Coupé	3107	1500		11,2		
	Crossline	2990	1500				
Smart	Fortwo (r.v.: 2007)	2695	1559	4,7	45	145	750

Značka	Typ vozidla	Délka [mm]	Šířka [mm]	Spotřeba (kombinovaná) [l/100km]	Výkon [kW]	Nejvyšší rychlost [km/hod]	Pohotovostní hmotnost [kg]
				4,3	45 (mhd)		
				4,8	52		
				4,4	52 (mhd)		
				4,9	62		770
				5,2	72	155	780
				3,3	33 CDI	135	770
	Fortwo (City Coupé, r.v.:1998)	2510	1520	4,8	40	145	720

mhd – micro hybrid drive (systém start/stop)

CDI - Common-rail Diesel Injection (přímé vstřikování)

Konstrukční rozměrové uspořádání částí miniautomobilu může vycházet z výše uvedených vozidel, avšak vlastní konstrukce těchto částí musí vyhovět předpisu 341/2014 Sb., o schvalování technické způsobilosti vozidel pro motorové tříkolky. A zároveň musí vyhovět určitým leteckým stavebním předpisům (VLA, ELSA nebo FAR 23).

2. 2 Parkovací místa

Dle aktuální normy ČSN 73 6056 se stanovují rozměry parkovacích stání a jiné rozměry. Pro účely této normy byly stanoveny rozměry malých a osobních vozidel 1,65m x 4,25m – skupiny O1 a středních a velkých osobních automobilů 1,8m x 5m – skupiny O2. Velikost parkovacího stání se stanoví dle půdorysných rozměrů vozidla zvětšených o minimální vzdálenosti od jiných vozidel či pevných překážek. Odstavné a parkovací plochy pro osobní vozidla se navrhují pro vozidla skupiny O1 (popřípadě O2 např. na letištích). Pro tato vozidla je šířka stání podélného řazení stanovena na 2m (2,2 m pro O2) a délka na 5,5m (6,5m pro O2). Pokud je parkovací plocha u pevné překážky je její šířka větší.

Navrhovaná délka vozidla Air car city je 2,4 m a šířka přibližně 1,51 m. Díky takto malým rozměrům bude možné využití podélného parkovacího místa pro kolmé řazení a to až dvou (případně i tří) takto malých vozidel. Parkování minivozů kolmo je v některých státech zakázáno. V ČR je povoleno v obci v případě, že vozidlo neohrozí bezpečnost a plynulost silničního provozu dle Zákona 361/2000 Sb., § 25, odst. (1), písm. b).

Na podélném parkovacím stání kategorie O2 mohou vedle sebe zaparkovat až tři minivozy (s přesahem nad přilehlou plochu - 0,2 m), zbylá manipulační plocha činí 0,65m mezi vozidly. Při parkování dvou minivozů na podélném stání kategorie O1 by zbylá manipulační plocha činila 1,24m mezi vozidly (s přesahem nad přilehlou plochu - 0,4 m). Stejně tak lze na určitých parkovacích místech vedle sebe zaparkovat vozidlo Air car city a Smart Fortwo, protože jeho šířka je 1,559 m (starší verze 1,520 m). Dvojnásobná využitelnost podélných stání, která jsou v současnosti nejčtenější, by současné i budoucí situaci ve velkých městech velmi pomohla. Pokud z důvodů ohrožení bezpečnosti nebude možné kolmé řazení na komunikacích, umožňoval by Air car city pro zaparkování do krátkého prostoru využití speciálního systému parkování (viz. podkapitola 1.2.2).

2. 3 Akční radius

Akční radius je maximální vzdálenost na trati, kterou je letadlo schopno uletět s daným množstvím paliva, včetně rezervy. Dolet je jedinou z nevýhod letadel, ačkoli jeho vzdálenost je například až 600km. Navíc je počítáno s rezervou 30 minut. U osobních vozidel není dojezd tak závažným problémem, neboť v současnosti je čerpací stanice po několika málo kilometrech. I tak určitá vozidla najedou 1000km bez doplnění nádrže dle stylu jízdy nebo naopak pouze 400km. Na rozdíl od vzdušných prostor vyžadují pozemní komunikace delší dráhu přizpůsobenou terénu a jsou spojeny s dalšími překážkami, jako jsou například kongesce a dopravní omezení. Mohou mít tak větší celkovou spotřebu paliva než letoun letící vzdušnou čarou. Na obrázku 6 je vyznačena hranice dojezdu vozidla 300km a 600km s přihlédnutím k trase pozemních komunikací (vyznačena modře). Vzdušná hranice doletu (vyznačena červeně) letounu je výrazně delší ve všech bodech. Počáteční bod u všech tras je v Praze.



— Hranice ve vzdálenosti 300km (600km) od Prahy vozidla
 — Hranice ve vzdálenosti 300km (600km) od Prahy letadla

Obrázek 6 – Dolet a dojezd (Zdroj: Vlastní)

Spotřeba paliva letounu stejně jako u vozidel není vždy stejná. Je ovlivněna mnoha faktory a mění tak i dolet. Dolet je pro srovnání více letadel přepočítáván na podmínky MSA, protože závisí na aktuálních atmosférických podmínkách. Kromě atmosférických podmínek mají vliv další faktory jako rychlost, hmotnost, výška letu dle následujících vzorců [20]:

$$C_k = \frac{c_h}{v} = \frac{c_e \cdot N}{v} \tag{1}$$

$$N = \frac{G_*}{K} \cdot v \tag{2}$$

N – výkon [W]

c_h – časová spotřeba paliva [l/s]

c_e – specifická spotřeba [kg /kWh]

c_k - kilometrická spotřeba [l/km]

v – rychlost [m/s]

K – aerodynamická jemnost

G – hmotnost [N]

Růst hmotnosti provází zvýšení potřebného výkonu, čímž se zvýší časová i kilometrická spotřeba podle vzorce (1) a (2). Protože kilometrická spotřeba je nepřímo úměrná doletu vede zvýšení hmotnosti ke zkrácení doletu. Neplatí to ovšem při příbytku hmotnosti paliva, ale hmotnosti osob, či nákladu.

S rostoucí výškou klesá atmosférický tlak (přibližně 0,1hP na 10m) a teplota (o 0,65°C na 100m). Hustota vzduchu klesá s klesajícím tlakem vzduchu, stoupající teplotou a zvyšující se vlhkostí vzduchu. Proto i hustota s výškou klesá, protože klesající teplota nemá na hustotu takový vliv. Ve vyšších hladinách dochází k nárůstu potřebného výkonu a mírnému poklesu účinnosti vrtule, čímž je časová i kilometrická spotřeba vyšší. Proto musí dojít ke zvýšení rychlosti TAS a do cíle tak letoun dorazí dříve. Dolet se do výšky cestovního dostupu (několik kilometrů) snižuje jen mírně.

Samotná teplota dolet neovlivňuje, protože kilometrová spotřeba závisí na potřebném tahu, který je nezávislý na změnách teploty.

Nejvíce ovlivňuje kilometrovou spotřebu a dolet vítr. Dolet protivítr snižuje a naopak zadní vítr dolet prodlužuje, protože je určován z rychlosti letu vůči zemi. Pro překonání většího odporu při protivětru, je nutné zvýšit potřebný výkon, který se projeví ve větší spotřebě. S větrem v zádech je potřebný výkon o trochu menší.

2. 4 Porovnání dosavadních projektů

Téměř od počátečních dob aviatiky a automobilismu se snažili někteří konstruktéři o vytvoření automobilu schopného létat, i přes technologická omezení své doby. První automobil byl sestaven v roce 1769 Nicholasem-Josefem Cugnotem ve Francii a byl hnaný parou. Po něm se přidávalo postupně mnoho originálních automobilových konstrukcí, až do doby kdy Henry Ford začal se sériovou výrobou a to tzv. modelu T. O pár let později sloužila část tohoto sériového modelu k výrobě prvotního pokusu o autoletadlo.

Prvními návrhy létajících strojů se začal zabývat slavný Leonardo da Vinci již kolem roku 1500. Tak jako v automobilovém průmyslu bylo i v letectví mnoho průkopníků, kteří sestavili

své prototypové stroje, které se dokázali odlepit od země, ovšem až na několik málo metrů jejich lety úspěšné nebyly. Za první delší úspěšný let se považuje až vynález amerických konstruktérů bratří Wrightů, kteří provedli let až 260 metrů na svém letounu na konci roku 1903.

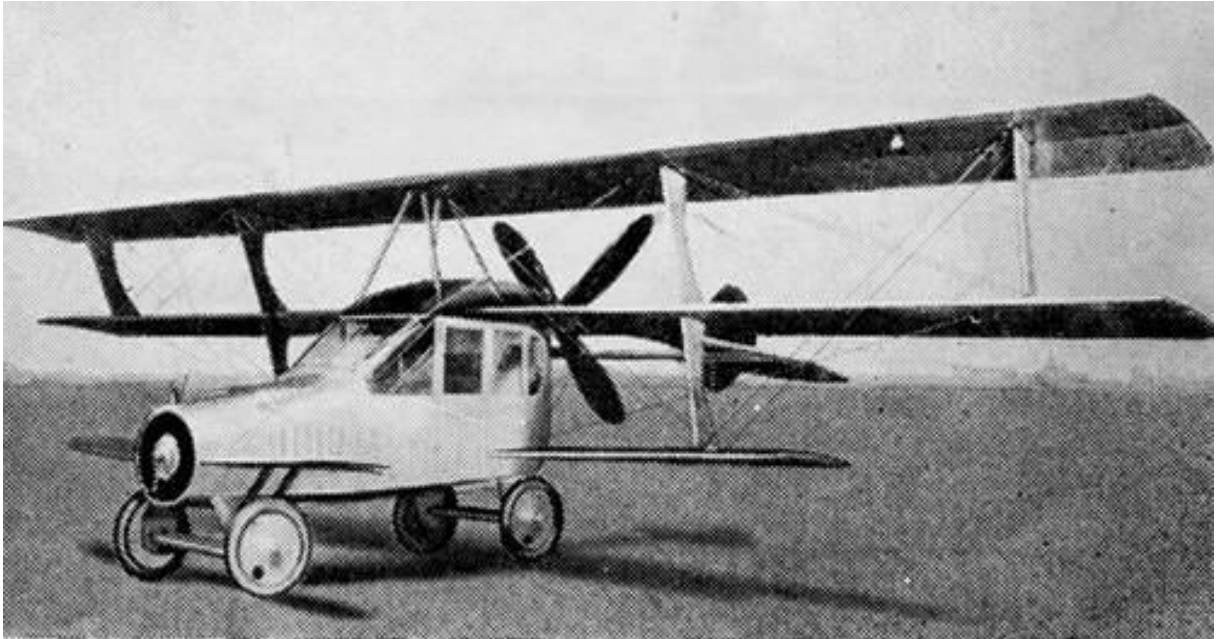
Létající auto lze navrhnout ve dvou koncepcích. S pevnými nosnými plochami a s rotujícími nosnými plochami. První zmíněná varianta je oblíbenější především kvůli její jednodušší koncepci, údržbě a nižší ceně, ale i pro vyšší dosažitelnost cestovní rychlosti.

2. 4. 1 Autoletadla s pevnými nosnými plochami

Jedny z prvních obojživelných strojů se podobaly klasickým tehdejšími automobilům s připevněnými nosnými, ocasionálními plochami a leteckého motoru, které neměly optimální aerodynamické vlastnosti. Proto skončila většina z nich neúspěchem. [3,25,32]

Curtiss Aeroplane

První kombinovaný stroj (na obrázku 7) byl představen Glennem Curtissem v únoru 1917 na Pan-Americké letecké výstavě v New Yorku. Ve 20. letech Curtissova společnost vyráběla nejvíce letadel v Americe. Byl prezidentem Curtiss Aeroplane a Motor Company, které se později staly dceřinými společnostmi Curtiss-Wright Corporation, jako dvanáct dalších firem. Pohyb po silnici mu umožňovala vrtule. Po odlepení od země byl nucen svou vahou opět klesnout, takže nikdy nebyl schopný delšího letu. Přední polovina trupu připomínala tehdy sériově vyráběný Fordův automobil model T, sestavený z hliníkové konstrukce a s plastovými okny, ke kterému bylo možné přidělat ještě křídla a dvojitý ocas. Křídla byla použita z Curtissova cvičného letounu modelu L, proto se první autoletadlo konstruovalo jako trojplášník. Rozpětí křídel dosahovala téměř 12,5 m a délka letadla téměř 8,5 m. Interiér byl uspořádán tak, že dvěma cestujícími bylo umožněno sedět vedle sebe na zadních sedadlech, zatímco řidič (pilot) seděl vpředu.



Obrázek 7 - Curtiss Aeroplane

(Zdroj:<http://sochaczew24.info/wp-content/uploads/2014/09/Curtis-Autoplane-1917.jpg>)

Tampier Roadable

Ve Francii roku 1921 se tamějšimu inženýrovi Renému Tampierovi podařilo zkonstruovat dokonalejší autoletadlo jménem Tampier Roadable (obrázek 8), které poháněl letecký motor Hispano-Suiza 300hp. Při přestavbě do podoby silničního vozu se křídla připevnila podél vozu, podvozku byla přidána zadní náprava a vůz poháněl čtyřválcový motor. Stroj byl jako mnohé z takovýchto komplikovaný na přestavbu, a tak byl brzy zapomenut.



Obrázek 8 - Tampier Roadable

(Zdroj: <http://trendymen.ru/images/article1/119569/attachments/3.jpg>)

Po tomto projektu nastala delší pauza a autoletadlová konstrukce se vrátila na scénu až ve třicátých letech, kdy letadla se samostatnými křídly řešení značně usnadňovala. Letectví také začalo být finančně dostupnější širšímu okruhu lidí.

Stout Sky Car

Byly postupně vyráběny až čtyři série nazvané Stout Sky Car (obrázek 9). O sérii Stout Sky Car II mělo zájem i americké letectvo. V polovině dvacátých let vyráběla společnost Henryho Forda třímotorový dopravní letoun Ford Trimotor a právě jeho návrhář (William Bushnell Stout) je autor také Stout Sky Caru, po kterém nese jméno. Na rozdíl od předchozích verzí byl Stoutův stroj hornoplošník s dvoumístným tandemovým uspořádáním sedadel a dvoutrupé koncepce, avšak s osvědčeným tlačným motorem. Z těchto let pochází výrok Henryho Forda: „Pamatujte si má slova – kombinované auto a letadlo přichází, můžete se tomu smát, ale přijde to.“ Na čtvrté sérii roku 1944 vyvinul inženýr George Spratt křídlo s měnícím úhlem náběhu a byl použit motor chlazený vzduchem Franklin Model 4ACG (67 kW) a tak dosahoval rychlosti kolem 100km/h.



Obrázek 9 - Stout Ski Car II

(Zdroj: http://en.wikipedia.org/wiki/Stout_Skycar)

Arrowbile

Arrowbile (obrázek 10) vyvinutý v roce 1937 Waldo Watermannem byl ojedinělé bezocasé autoletadlo. I přes jeho bezpečný let, nevzbuzovala bezocasá koncepce důvěryhodnost v bezpečí, a tak se po vyrobení pěti kusů produkce zastavila. Arrowbile byla pátá verze jeho předešlých letadel známých jako Arrowplane. Stejně jako jeho předešlé verze mělo Arrowbile šípovité křídlo a tlačnou vrtuli.



Obrázek 10 - Arrowbile

(Zdroj: <http://www.aerofiles.com/waterman-arrowbile.jpg>)

Válka přerušila další vývoj těchto modelů. Po válce bylo vyvinuto mnoho prototypů především ve Spojených státech amerických, kde na rozdíl od Evropy nedocházelo k tak enormnímu poválečnému obnovování států. Většina byla primitivní a představovali jen jakési skládací letadlo s podvozkem uzpůsobeným pro jízdu po silnici nebo vznikali verze odstraněním některých prvků z automobilů a přidáním leteckých částí s motorem, ale žádné z těchto projektů nebyly úspěšné. Tyto kombinace nenabízeli kvalitní a bezpečné letecké vlastnosti a ani nestíhali tehdejšími automobilovými trendům. Objevili se však i typy vhodné k certifikaci.

Airphibian

Robert Fulton Edison ml. byl vynálezce stejně jako jeho vzdálený příbuzný a jmenovec (Robert Fulton vynalezl komerčního parníku). V roce 1946 navrhnul a postavil kvalitní a bezpečné autoletadlo nazvané Airphibian (obrázek 11) hliníkové konstrukce a s šestiválcovým motorem (165 koní). Jeden ze čtyř prototypů získal certifikát od amerického Úřadu pro civilní letectví. Tento americký vynálezce zemřel v roce 2004.



Obrázek 11 - Airphibian

(Zdroj:http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/39/Fulton_Airphibian_FA-3-101.jpg)

Aerocar

Airphibian inspiroval v té době amerického konstruktéra Moultona Taylora, který přivedl Edisonovu verzi k dokonalosti, a tak vzniklo prakticky využitelné autoletadlo Aerocar (obrázek 12), jehož první let byl uskutečněn v roce 1949. Jeho motor o výkonu 143 koní (105kw) poháněl přes jednu hřídel tlačnou vrtuli umístěnou za ocasními plochami a přes druhou hřídel poháněl přední kola. Právě tlačná vrtule byla jedna ze dvou změn oproti zmiňované inspirující verzi. Dále byla odpojená křídla a ocas upravena tak, aby se po silnici mohla přepravovat za vozidlem. V roce 1956 tento typ získal potřebné certifikáty a verze Aerocar I létá do dnes. Zájem projevil konglomerát Ling-Temco-Vought, pod jehož záštitou bylo vyrobeno 6 kusů (3 různé typy) nebo také Fordovy závody, ale z dohody nakonec sešlo.



Obrázek 12 – Aerocar I

(Zdroj: <http://www.imcdb.org/i216769.jpg>)

Convair Model 116

Theodor P. Hall a Tommy Thompson, se snažili navrhnout a vyvinout typ, který by obstál již během druhé světové války při leteckých výsadcích. Prototyp s názvem Convair Model 116 (na obrázku 13) byl sestrojen až v roce 1946. Šlo o spojení automobilu s vlastním motorem (19kW) a hornoplošníku s motorem Franklin 4A4 (67kW). O rok později byl modifikován v dokonalejší výkonnější verzi Convair Model 118 (s letecký motorem 142kW). Při předváděcím letu zavinila nízká hladina paliva nouzové přistání, při kterém došlo ke zničení karoserie a křídla, a tak zájem o něj pomalu zanikl.



Obrázek 13 – Convair Model 118

(Zdroj:http://i.wheelsage.org/pictures/p/prochie/convair_model_118_convaircar/prochie_convair_model_118_convaircar_1.jpg)

PL 5C Aeroauto

I v Evropě se otevřel trh s kombinovanými prostředky, konkrétně v Itálii Luigi Pellarini zkonstruoval celkem pět verzí tzv. Aeroaut. Nejznámější a nejperspektivnější z nich PL 5C Aeroauto (na obrázku 14) se vzneslo na počátku roku 1950. Odlišoval se od jiných projektů tím, že jeho tlačná vrtule poháněla i samotné auto po silnici s připevněnými křídly sklopenými podél trupu. Byly sestaveny celkem dva prototypy s vzduchem chlazeným motorem Continental C85 -85 hp (63kW), který umožňoval letět maximální rychlostí 180km/h. Ani jeden z těchto kvalitně (na tehdejší dobu) létajících prototypů se nedochoval do dnešní doby.



Obrázek 14 – PL 5C Aeroauto

(Zdroj:http://images.complex.com/complex/image/upload/t_article_image/ps9njrbztnkbzaeulcj a.jpg)

S inovativní myšlenkou skládání křídel přišel americký konstruktér Leland Bryan v padesátých letech. Křídla se při přestavbě lomila ve dvou bodech a vytvořily tak kolem vozidla čtvercový obal. Tyto spoje na křídlech se ukázaly ve vzduchu býti nevhodná a konstruktér při letecké show za to zaplatil životem.

Téměř dvacet let poté vznikali futuristické návrhy, ale většina nebyla vůbec realizována. V šedesátých letech byl natočen film „Fantomas se zlobí“, který se svým létajícím Citroënem DS rozpoutal další vlnu kombinovaných strojů a inspiroval mnoho konstruktérů až do dnešní doby.

AVE Mizar

V sedmdesátých letech u modelu AVE Mizar (na obrázku 15) došlo k propojení funkčních modelů Cessna Skymaster a Fordu Pinto a díky využití automobilového motoru při startu byl vzlet výrazně kratší. Ukázalo se, že dvojocasá Cessna má vhodné výchozí uspořádání pro autoletadlo, ovšem špatná konstrukce upevnění křídel a nedokonalé sváry zapříčinily nehody, při jedné z nichž návrhář zemřel, a tak z výstavby sešlo.



Obrázek 15 – AVE Mizard

(Zdroj: <http://www.macroindustries.com/website/files/images/Flying%20Car%20based%20on%20Ford%20Pinto.jpg>)

Tabulka 2 – Srovnání historických létajících automobilů

(Zdroj: [3,25,32])

Název	Rok vzletu	Návrhář	Obsaditelnost	Výkon [kW]	Rychlost na zemi [km/h]	Cestovní rychlost (v letu) [km/h]	Maximální vzletová hmotnost [kg]	Dolet [km]
Curtiss Aeroplane	1917	Glenn Curtiss	3	75	72	105	700	-
Tampier Roadable	1921	René Tampier	2	220	-	-	-	-
Sky car I	1931	William B. Stout	2	67	-	130	-	515
Arrowbile	1937	Waldo Watermann	2	75	113	193	1134	560
Airphibian	1946	Robert Fulton Edison ml.	2	123	88	193	953	563

Název	Rok vzletu	Návrhář	Obsaditelnost	Výkon [kW]	Rychlost na zemi [km/h]	Cestovní rychlost (v letu) [km/h]	Maximální vzletová hmotnost [kg]	Dolet [km]
Convair Model 116	1946	Theodor P. Hall a Tommy Thompson	2	67	80	180	980	-
Convair Model 118	1947	Theodor P. Hall a Tommy Thompson	2	140	82	200	1157	-
Aerocar	1949	Moulton Taylor	2	107	96	188	953	805
PL 5C Aeroauto	1950	Luigi Pellarini	2	63	-	180	700	800
Bryan Autoplane	1953	Leland Bryan	1	56	96	170	475	-
AVE Mizard	1971	Henry Smolinski	2	157	140	210	1604	805

Terrafugia Transition

V roce 2006 absolventi technického zaměření ve státě Massachusetts, založily společnost Terrafugia specializovanou na výrobu autoletadel. Jejich prvním prototypovým modelem se stal Terrafugia Transition (obrázek 16), který poprvé vzletěl v roce 2009. Konstrukteři sestrojili tento model se sklápěcími křídly, proto aby se před dalším letem řidiči nemuseli vrátit na místo předchozího přeletu. Aerodynamické nedokonalosti donutily tvůrce k úpravám. (Například odstraněním předního nárazníku nebo k optimalizaci konstrukce křídla). Druhý typ si vyžádal několik výjimek od Federálního leteckého úřadu pro civilní letectví (FAA) týkající se vzletové hmotnosti a také osvobození od některých bezpečnostních norem pro motorová vozidla v USA. Přestavba mezi jednotlivými typy dopravy trvá 30 sekund. Dodnes probíhají testovací fáze a vývoj třetího modelu. Sériová výroba je očekávána v průběhu roku 2016.

[34]



Obrázek 16 - Terrafugia Transition

(Zdroj:<http://www.terraflugia.com/sites/default/files/beanslide/SS-TransitionUnfoldPlanesLWM.jpg>)

Plane Driven

Méně známý Plane Driven PD-1 poprvé vzlétl roku 2010. V USA bylo vozidlo registrováno jako motocykl, kvůli jeho tří kolové konfiguraci a proto nemá některé bezpečnostní prvky (airbagy, odolnostní prvky vůči nárazu). Samostatný motor pro pohyb na zemi pohání zadní kola přes automatickou převodovku, celá hnací část je pomocí kolejnic před letem přesunuta do centrální polohy letounu. Ve druhé generaci nesoucí název PD-2 (na obrázku 17) došlo k výměně hnacího a hnaných kol za polohu těžiště. Toto kolo je za letu zasunuté v trupu. Generace PD-X je pro lepší stabilitu vytvořena jako čtyřkolová verze. [27]



Obrázek 17 – PD-2

(Zdroj: [27])

AeroMobil 3.0

Nejznámější a jeden z nejnovějších létajících automobilů nese název AeroMobil 3.0 pocházející ze Slovenska, kterým si splnil svůj sen slovenský designer doc. Štefan Klein. Důvodem k sestrojení byla jeho touha dostat se snadno přes řeku Dunaj do Rakouska. Svůj sen si chtěl splnit již v roce 1989, kdy začal s tvorbou verze 1.0, která byla vystřídána o pět let později verzí 2.0. Prvotní verze se druhé vůbec nepodobala, ani její tvar nepřipomínal klasické letadlo, ale spíše orámovaný trup trojcípou spojenou konstrukcí. Zkušenosti a novodobé technologie umožnily vzniknout dokonalejší verzi 2.5 (obrázek 18), která má na rozdíl od předchozí verze schovaná vyvinutější kola, a jejíž vznik umožněný odkoupením společnosti investorem, započal v roce 2010. Po havárii AeroMobilu 3.0 v květnu 2015 nastaly další úpravy a testy vedoucí k vylepšení. [1]

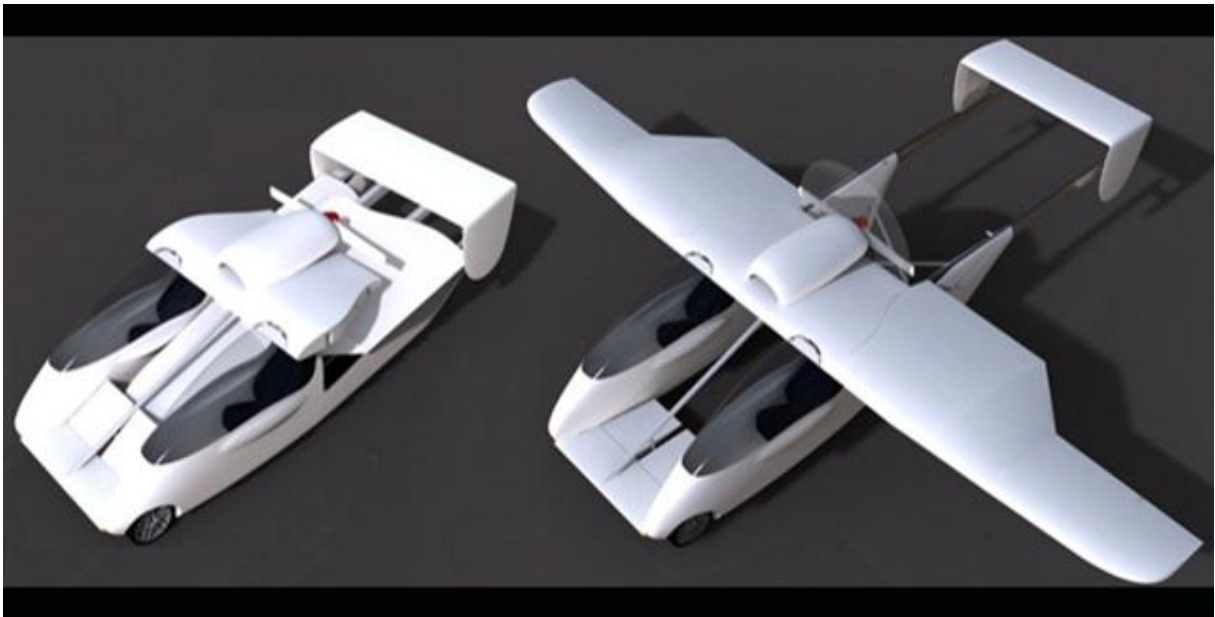


Obrázek 18 – AeroMobil 2.5

(Zdroj: <http://icdn2.digitaltrends.com/image/evo8-1-960x540.jpg?ver=2>)

Carplane

Poslední originální realizace pochází z Německa a nese název Carplane (obrázek19). Prototyp byl odhalen na letecké přehlídce AERO Friedrichshafen v dubnu 2015. Jedinečná je především stavbou trupu, rozděleného úložnou mezerou pro část křídel na dvě části. Dvojitý trup umožňuje zakrytí obou náprav v plné šíři. Trup je ukončen tlačnou vrtulí poháněnou dvouválcovým motorem společnosti Weber motors o velikosti 850cc. Dvojitý ocas je při přeměně elektronicky zasouván do trupů. Předpokládaný prodej je plánován nejdříve na rok 2018. [4]



Obrázek 19 – Carplane

(http://eandt.theiet.org/news/2011/apr/images/640_carplane.jpg)

Tabulka 3 - Modely současného vývoje

(Zdroj: [1], [4], [27], [34])

Verze	Terrafugia Transition (novější verze)	PD-2	AeroMobil 2.5	AeroMobil 3.0	Carplane
Délka vozu [m]	6	7,5		6	5,44
Šířka vozu [m]	2,3	2,6	1,6	2,24	2,25
Rozpětí [m]	8	10,7	8,2	8,3	9,715
Prázdná hmotnost [kg]	440	740	450	450	498
Max. vzletová hmotnost [kg]	650	1133	-	-	750
Letecký motor, výkon	Rotax 912, 100 hp (75 kW)	Lycoming IO-390, 210hp (160kW)	Rotax 912, 100 hp (75 kW)	Rotax 912, 100 hp (75 kW)	PC 850, 151 hp (113kW)
Maximální rychlost na silnici [km/hod]	110	120	-	160	176

Verze	Terrafugia Transition (novější verze)	PD-2	AeroMobil 2.5	AeroMobil 3.0	Carplane
Maximální letová rychlost [km/hod]	185	240	-	200	222
Minimální letová rychlost [km/hod]	100	77	-	60	66,3
Cestovní rychlost [km/hod]	160	225	-	130	150
Spotřeba automobilu [l/100km]	6,7	9,4	8	7,5	-
Spotřeba letadla [l/hod]	18,9	38	15	15	-
Dojezd [km]	-	-	875	875	-
Dolet (včetně rezervy) [km]	740	-	700	700	800
Minimální vzletová dráha [m]	518	-	200	-	85
Minimální přistávací dráha [m]	63,5	-	50	-	85

2. 4. 2 Autoletadla s rotujícími nosnými plochami

Zajímavým řešením je provázanost vírníku s automobilem, s kterým přišlo několik málo konstruktérů. Vírník lákal především kratší délkou vzletu díky jeho rotoru. Vrtule udává dopředný pohyb a aerodynamickými silami tak uvádí do pohybu rotor.[25,32]

Windmill Autoplane a AC-35

Nejstarším příkladem je Windmill Autoplane z roku 1935 nebo Autogiro ze společnosti Company of America AC-35 (obrázek 20). Oba modely se vyznačovaly rotorem a vrtulí vpředu. Model AC-35 měl motor umístěný za zadním sedadlem, který poháněl přes hřídel vrtuli a zadní kolo. Za letu tak dosahoval rychlosti 121km/hod a na zemi až 40km/hod.



Obrázek 20 - AC-35

(Zdroj: <http://cdn-www.airliners.net/aviation-photos/photos/4/2/4/2611424.jpg>)

Jesse Dixon's Flying Automobile

Američan Jesse Dixon zkonstruoval v období druhé světové války vrtulník (na obrázku 21) s vlastnostmi automobilu. V novinových článcích se uvádí, že Jesse Dixon nevyhledával publicitu, a tak o svědectví vypovídá pouze jediná fotografie a účastníci jeho krátkých letů.



Obrázek 21 – Jesse Dixon létající auto

(Zdroj: http://afflictor.com/wp-content/uploads/2012/05/Jess_Dixon_in_his_flying_automobile.jpg)

Ke konci druhé světové války byl vyvinut Hafner Rotabuggy létající džíp za účelem svržení off-road vozidel ze vzduchu a přeletění obtížný terén. Takto těžký stroj ovšem plně neuspokojoval vojenské cíle.

Wagner FJ-V3 Aerocar

Německý konstruktér Alfred Vogt sestrojil roku 1965 Wagner FJ-V3 Aerocar (obrázek 22) s dvěma protiběžnými rotory. Na rozdíl předchozích strojů měl čtyři stejně velká kola, dvojitý ocas a čtyři místa k sezení.



Obrázek 22 - Wagner FJ-V3 Aerocar
(Zdroj: http://www.aviastar.org/foto/wagner_aerocar_1.jpg)

PAL-V

I v současné době vznikl v Nizozemsku vozidlo PAL-V (obrázek 23), který uskutečnil svůj první let v květnu roku 2012. Zvládne částečně automatizovanou přeměnu vysunutím ocasních ploch a rotoru za 10 minut. Pro vzlet mu stačí délka dráhy 165 metrů, ovšem pro přistání pouhých 30 metrů. Dosahuje rychlosti 180 km/h na zemi i ve vzduchu. Jeho výkon dosahuje 170 kW a proto i jeho spotřeba činí 36 l/hod (22,5 l/100 km) a proto i dolet je menší než u letounů, 350 km – 500 km v závislosti na typu PAL-V.[26]



Obrázek 23 – PAL-V

(Zdroj: <http://www.tyden.cz/obrazek/201207/5005791b25059/pal-v-one-statik-600-50057a322f84a.jpg>)

2. 4. 3 Srovnání s Air car city

Většina historických modelů, ale i například současný model Terrafugia Transition nevyhovují současným předpisům pro homologaci vozidel a certifikaci letadel, a tak si současné modely žádají o výjimku z předpisů. Air car city spojuje výhody historických modelů s novodobými poznatky. Hlavní výhodou Air car city je délka vozidla 2,4 metru, které jako jediné řeší problémy s nedostatkem parkovacích míst především v evropských městech. Většina historických, ale i novodobých typů autoletadel (kromě vírníku PAL-V) jsou svou velikostí nevhodné na městské komunikace. Výhodou vírníků je krátký vzlet a přistání, což umožňuje vzlet a přistání na mnoha místech. Provoz vírníků je ovšem velmi nákladný, protože potřebují větší výkon, pro dostačující vztlak malých ploch rotačních křídel.

Dvojitý trup umožňuje umístění vrtule v tlačném uspořádání přímo mezi tyto trupy, a tak pohonná jednotka snadno zůstane součástí vleku draku letounu. Také lze dvojitý trup využít pro zástavbu stabilizačních kol. Výhodou vrtule v tlačném uspořádání je nerozostřený výhled z kabiny, také křídlo a trup jsou obtékány nerozrušeným proudem vzduchu. Tlačná vrtule na konci trupu stabilizuje, a tak stabilizační SOP mohou být nižší, čímž se sníží citlivost na boční vítr. Odstraněním tažné vrtule dojde ke zvýšení odporu a zhoršení chlazení motoru. Nevýhodou je i nižší účinnost vrtule (2-5%), s čímž souvisí delší potřebná dráha pro vzlet.

3 Základní technické požadavky

3. 1 Homologační podmínky vozidla

V České republice se schvalováním technické způsobilosti daného typu zabývá zákon č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, který byl novelizován zákonem č. 239/2013 Sb.. Mimo to řeší registraci silničních vozidel, měření emisí, stanici technické kontroly, správu, státní dozor, historická, sportovní a zvláštní vozidla. Dále se homologací zabývá nová vyhláška č. 341/2014 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu na pozemních komunikacích ve znění pozdějších předpisů, která nabyla účinnosti dnem 1. ledna 2015.

Do těchto předpisů byly implementovány předpisy EHK/OSN (Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů) a směrnice EHS/ES (Evropského hospodářského společenství, které existovalo do roku 1993, než se transformovalo na Evropské společenství). Předpisy EHK/OSN jsou nejstarší technické zásady, zpracovávané od roku 1958. Od roku 2004 vstupem do EU se Česká republika zavázala přijetím veškerých právních předpisů EU. Technické předpisy Evropského společenství/Evropské unie, které zahrnují směrnice, nařízení a rozhodnutí, jsou členské státy povinny přijmout a aplikovat ve svých schvalovacích postupech. K některým z těchto předpisů existují paralelní předpisy EHK/OSN. Tyto odpovídající předpisy jsou členské státy povinny uznávat také.

Světové fórum pro harmonizaci předpisů vozidel (WP.29) vytváří příslušné předpisy v rámci EHK. Pokud je v členském státě daný předpis přijat, obdrží výrobek po splnění požadavků homologační evropskou značku „E“ na daný předpis. (Například: Splněním předpisů EHK ECE R 1 znamená, že vůz má halogenová hlavní světla předepsané úrovně.) Značka obsahuje v kruhu písmeno „E“ a číslo příslušného státu v kulatém rámečku. Pro Českou republiku je přiděleno číslo 8 (stejně jako Československo). Výrobek s homologačním osvědčením je uznáván i v dalších členských státech (EHK/OSN), které aplikovaly příslušný předpis EHK. Přes 55 států z Evropy, severní Ameriky a Asie (mimo Japonska a Číny, atd.) je členem EHK/OSN a tudíž je toto osvědčení při vývozu velkou výhodou.

Předpisy ES jsou průběžně upravovány změnovými směrnicemi, nařízeními, rozhodnutími s novým pořadovým číslem a vydávány Evropským parlamentem a Radou Evropské unie. Homologační značka se skládá z hranatého rámečku, ve kterém je malého písmene „e“ a číslice (písmeno) příslušného státu. V blízkosti obdélníku je uvedeno tzv. základní číslo schváleného typu, kterému předcházejí dvě číslice označující pořadové číslo poslední technické změny příslušné směrnice.

V Ženevě pod záštitou OSN roku 1998 byla uzavřena tzv. „Dohoda o vytvoření celosvětových technických předpisů pro kolová vozidla a pro vybavení a části, které mohou být montovány anebo užity na kolových vozidlech“, díky níž vznikla soustava celosvětově platných technických předpisů GTR (global technical regulations). Dohoda má za cíl sjednotit předpisy mezi východními a západními zeměmi. Dohodu podepsalo přes 40 států včetně USA, Kanady, Ruska, Číny, Japonska a většiny států EU.

3. 1. 1 Schvalování typu

V průběhu schvalování musí vozidlo projít mnoha schvalovacími zkouškami pro danou kategorii vozidla. Ministerstvo schválí typ silničního vozidla, jeho systému, konstrukční části nebo samostatného technického celku, na který se použijí příslušné předpisy Evropské unie, pokud:

a) typ silničního vozidla, jeho systému, konstrukční části nebo samostatného technického celku

1. odpovídá údajům obsaženým v dokumentaci přiložené k žádosti o schválení typu a
2. splňuje harmonizované technické požadavky na bezpečnost silničního provozu a ochranu života a zdraví člověka a životního prostředí a

b) výrobce je způsobilý zajistit shodu výroby silničních vozidel, jejich systémů, konstrukčních částí nebo samostatných technických celků se schváleným typem.

V případě některých požadavků může ministerstvo udělit výjimku, pokud technické charakteristiky typu silničního vozidla zajišťují srovnatelnou úroveň bezpečnosti silničního provozu a ochranu života a zdraví člověka a životního prostředí jako harmonizované technické požadavky a vozidlo bude uváděno na trh v omezeném počtu kusů. Schválení vozidla s udělenou výjimkou je platné pouze na území České republiky. Tyto požadavky zahrnují zkoušku brzd a brzdových zařízení, měření emisí, hluku, odrušení vozidla, elektromagnetické kompatibility a měření emisí škodlivých výfukových plynů.

Žádost o povolení výroby jednotlivého silničního vozidla (přestavby vozidla), se může podat na vozidlo, na něž byla vydána rozhodnutí o schválení typu. Obecní úřad obce s rozšířenou působností, který vydal povolení k výrobě, může poté schválit technickou způsobilost.

Při přestavbě vozidla lze změnit nebo upravit pouze jednu podstatnou část mechanismu nebo konstrukci silničního vozidla. Jiné podstatné části mechanismu nebo konstrukce silničního vozidla již nesmí být touto, ani žádnou následnou přestavbou změněny.

3. 1. 2 Kategorizace vozidla

Základní kategorie

Příloha zákona č. 56/2001 Sb. vymezuje 7 základních kategorií vozidel:

- L – motorová vozidla zpravidla s méně než čtyřmi koly
- M – motorová vozidla, která mají nejméně čtyři kola a používají se pro dopravu osob
- N – motorová vozidla, která mají nejméně čtyři kola a používají se pro dopravu nákladů
- O – přípojná vozidla
- T – traktory zemědělské nebo lesnické
- S – pracovní stroje
- R – ostatní vozidla, která nelze zařadit do výše uvedených kategorií

Kategorie L

Motorová vozidla kategorie L se podle vyhlášky č. 341/2014 Sb. člení na skupiny, dle čl. 2 směrnice 2002/24/ES, o schvalování typu dvoukolových a tříkolových motorových vozidel takto:

a) **mopedy**, tj. dvoukolová vozidla (**kategorie L1e**) nebo tříkolová vozidla (**kategorie L2e**) s nejvyšší konstrukční rychlostí nepřekračující 45 km/h a charakterizovaná

i) u dvoukolového typu motoru, jehož

- zdvihový objem nepřekračuje 50 cm³, jedná-li se o spalovací typ, nebo

- maximální trvalý jmenovitý výkon není vyšší než 4 kW, jedná-li se o elektrický motor;

ii) u tříkolového typu motorem, jehož

- zdvihový objem nepřekračuje 50 cm³, jedná-li se o zážehový typ, nebo

- maximální netto výkon nepřekračuje 4 kW, jedná-li se o jiné spalovací motory, nebo

- maximální trvalý jmenovitý výkon není vyšší než 4 kW, jedná-li se o elektrický motor;

b) **motocykly**, tj. dvoukolová vozidla bez postranního vozíku (**kategorie L3e**) nebo s ním (**kategorie L4e**) vybavená motorem, který má zdvihový objem větší než 50 cm³, jedná-li se o spalovací motor, nebo s nejvyšší konstrukční rychlostí vyšší než 45 km/h;

c) **motorové tříkolky**, tj. vozidla se třemi symetricky uspořádanými koly (**kategorie L5e**) vybavená motorem, který má zdvihový objem větší než 50 cm³, jedná-li se o spalovací motor, nebo s nejvyšší konstrukční rychlostí vyšší než 45 km/h.

d) **čtyřkolky**, tj. motorová vozidla se čtyřmi koly, která mají tyto vlastnosti:

a) lehké čtyřkolky, jejichž hmotnost v nenaloženém stavu není větší než 350 kg (**kategorie L6e**), do níž se nezapočítává hmotnost baterií v případě elektrických vozidel; dále lehké čtyřkolky, jejichž nejvyšší konstrukční rychlost nepřekračuje 45 km/h a

i) jejichž zdvihový objem motoru nepřekračuje 50 cm³ u zážehových motorů nebo

ii) jejichž maximální netto výkon nepřekračuje 4 kW u elektrických motorů nebo

iii) maximální trvalý jmenovitý výkon není vyšší než 4 kW, jedná-li se o elektrický motor;

Tato vozidla musí splňovat technické požadavky vztahující se na tříkolové mopedy kategorie L2e, pokud není v některé zvláštní směrnici stanoveno jinak.

b) čtyřkolky, jiné než jsou uvedeny pod písmenem a), jejichž hmotnost v nenaloženém stavu nepřekračuje 400 kg (**kategorie L7e**) (550 kg u vozidel určených k přepravě zboží), do níž se nezapočítává hmotnost baterií v případě elektrických vozidel, a u nichž maximální netto výkon motoru nepřekračuje 15 kW. Tato vozidla se považují za motorové tříkolky a musí splňovat technické požadavky platné pro motorové tříkolky kategorie L5e, pokud není v některé zvláštní směrnici stanoveno jinak.

Výchozí stavba počítá pouze se třemi koly. Kategorie L, na rozdíl od kategorie M, vyžaduje méně potřebných konstrukčních prvků a požadavků, proto je jako výchozí navržena kategorie L – konkrétně L5e. Protože se předpokládá použití miniautomobilu Air car city především do měst a na krátké vzdálenosti, postačí nižší výkon vozidla, který je z důvodů menší stability tříkolek potřeba, avšak vyšší než 50 cm³ (4kW).

Schvalování typu L

Pokud by šlo o výrobu v malé sérii, směrnice 2002/24/ES definuje nejvyšší počet silničních vozidel pro kategorii L 200 jednotek ročně daného typu vozidla (systému, konstrukční části nebo samostatného technického celku). Členské státy mohou vozidla, systémy, samostatné technické celky a konstrukční části určené pro malosériovou výrobu osvobodit od uplatňování shody s jedním nebo více požadavky zvláštních směrnic.

Typ konstrukční části nebo samostatného technického celku lze schválit nezávisle na vozidle, pouze pokud lze doložit splnění všech technických, harmonizovaných technických a mezinárodních technických požadavků stanovených pro tento typ samostatného technického celku nebo konstrukční části bez toho, aby byl samostatný technický celek nebo konstrukční část namontován na vozidle.

Při schvalování harmonizovaného typu, pro vozidla kategorií L se použije příloha VI směrnice 2002/24/ES. Způsob zajištění shody výroby systémů silničních vozidel, jejich konstrukčních částí nebo samostatných technických celků se schváleným typem při schvalování mezinárodního typu je uveden v rozhodnutích přijatých na základě mezinárodní smlouvy.

Za vozidla kategorií L (a také M a N) lze připojit pouze vozidla kategorie O. Pro schválení přívěsu, který bude obsahovat složenou konstrukci nosné části letounu, trupů, VOP, SOP, leteckou pohonnou jednotku, tak aby se v případě potřeby mohli tyto části odvést za miniautobilem, je třeba splnit podmínky pro přívěsy v příloze č.3 vyhlášky 341/2014 sb.

3. 1. 3 Požadavky kategorie L5e

Hmotnostní požadavky

Pro tříkolky (L5e) je stanovena (směrnicí 93/93/EHS) maximální technicky přípustná hmotnost 1000kg (bez hmotnosti trakční baterie v případě elektromobilů).

Maximální nosnost (užitečné zatížení = maximální technicky přípustná hmotnost – hmotnost řidiče – pohotovostní hmotnost) nesmí překročit 300kg u tříkolových mopedů a stejně tak i u tříkolek pro dopravu osob (1500kg pro dopravu zboží).

Okamžitá hmotnost vozidla nebo jízdní soupravy nesmí překročit největší povolenou hmotnost vozidla nebo jízdní soupravy.(V případě znečištění může překročit o 3%.)

U vozidel kategorie L v provozu se přípouští nerovnoměrnost rozložení okamžité hmotnosti vozidla na kola jednotlivých náprav mezi pravou a levou polovinou, pokud to dovoluje únosnost pneumatiky, nejvýše však 15 % hmotnosti připadající na nápravu. Tato hodnota však může být překročena, pokud výrobce stanoví pro vozidlo a jeho určitou hmotnost rozmezí přípustných poloh těžiště nákladu a uvede tyto údaje v příručce pro uživatele vozidla.

Rozměrové požadavky

Největší povolená šířka (pro kategorii L, mimo dvoukolových mopedů) je 2 metry.

Největší povolená výška je 2,5 metrů a největší povolená délka je 4 metry.

Další požadavky

Rozsah a obsah technických požadavků na konstrukci vozidel kategorie L při schvalování harmonizovaného typu určuje příloha č. 4 vyhlášky 341/2014 sb. (viz. tabulka 4).

Každá související směrnice Evropské unie stanovuje technické podmínky výroby a provozu dané položky stavební části v tabulce, jež musí splňovat část motorového vozidla, aby bylo možné s nimi volně obchodovat v rámci EU a používat je, pokud budou opatřeny požadovanou značkou schválení typu. S některými z následujících směrnic EHS/ES je uznávána rovnocennost s požadavky předpisů EHK/OSN.

Tabulka 4 - Seznam směrnic EU

(Zdroj: Příloha č. 4 k vyhlášce č. 341/2014 Sb.)

Položka	Směrnice Evropské unie	Harmonizované technické požadavky, rozsah a způsob ověření splnění harmonizovaných technických požadavků	Rozsah a obsah dokumentace obsahující technické údaje o typu	Vzor osvědčení o schválení typu	Značka schválení typu
Měření tlaku vzduchu	86/217/EHS	Příloha	----	----	----
Brzdové systémy	93/14/EHS	Příloha	Dodatek 3 přílohy	Dodatek 4 přílohy	
Zvukové výstražné zařízení	93/30/EHS	Příloha I a II	Dodatek 1 přílohy I a II	Dodatek 2 přílohy I a II	
Ochranná zařízení bránící neoprávněnému použití	93/33/EHS	Příloha I	Dodatek 1 přílohy III	Dodatek 2 přílohy III	
Hmotnosti a rozměry	93/93/EHS	Příloha	Dodatek 1 přílohy	Dodatek 2 přílohy	
Maximální konstrukční rychlosti, maximální točivý moment a maximální netto výkon motoru	95/1/ES	Příloha I a II	Dodatek 2 přílohy I Poddodatky přílohy II	Dodatek 3 přílohy I Poddodatky přílohy II	
Konstrukční části a vlastnosti	97/24/ES	Kapitoly 1 až 12	Dodatky příloh kapitol 1 až 12	Dodatky příloh kapitol 1 až 12	Kapitoly 1 až 12
Rychloměry	2000/7/ES	Příloha	Dodatek 1 přílohy	Dodatek 2 přílohy	
Snížení úrovně emisí znečišťujících látek	2002/51/ES				
Místo pro montáž zadní registrační tabulky	2009/62/ES	Příloha I	Dodatek 1 přílohy I	Dodatek 2 přílohy I	
Montáž zařízení pro osvětlení a světelnou signalizaci	2009/67/ES	Přílohy I až VI	Dodatek 3 přílohy II až VI	Dodatek 4 přílohy II až VI	

Položka	Směrnice Evropské unie	Harmonizované technické požadavky, rozsah a způsob ověření splnění harmonizovaných technických požadavků	Rozsah a obsah dokumentace obsahující technické údaje o typu	Vzor osvědčení o schválení typu	Značka schválení typu
Stojany	2009/78/ES	Příloha I	Dodatek 1 přílohy I	Dodatek 2 přílohy I	
Zadržná zařízení pro spolujezdce	2009/79/ES	Příloha I	Dodatek 1 přílohy I	Dodatek 2 přílohy I	
Označení ovladačů, sdělovačů a indikátorů	2009/80/ES	Příloha I	Dodatek 1 přílohy II	Dodatek 2 přílohy II	
Povinné značení	2009/139/ES	Příloha I	Dodatek 2 přílohy I	Dodatek 3 přílohy I	
Schvalování typu	2002/24/ES	Příloha I	Příloha II	Příloha III	Příloha V

(Některé další technické požadavky na konstrukci vozidel kategorie L jsou uvedeny v příloze 1 směrnice 2002/24/ES v platném znění).

Pokud jsou na vozidle systémy, samostatné technické celky nebo konstrukční části, které nejsou uvedeny v příslušných předpisech Evropské unie nebo v mezinárodních smlouvách v oblasti schvalování technické způsobilosti, kterými je Česká republika vázána, musí být samy i jejich montáž na vozidlo schváleny a musí splňovat požadavky, které podle případu stanoví schvalovací orgán. To platí i v případech, kdy takové systémy, konstrukční části nebo samostatné technické celky jsou namontovány na vozidlo dodatečně.

Směrnice 86/217/EHS stanovuje konstrukci, indikační zařízení, nápisy a značky a maximální přípustné chyby měřidel tlaku vzduchu.

Směrnice 93/14/EHS (rovnocennost s předpisem EHK/OSN č.78) definuje brzdový systém a jeho součásti, požadavky na konstrukci a montáž. Řidiči musí být umožněno provozní brzdění, aniž by sejmul obě ruce z ovládacího orgánu řízení. Každá tříkolka musí být vybavena:

- 1) zařízením provozního brzdění nožně ovládaným, které působí na všechna kola
- 2) zařízením nouzového brzdění, kterým může být parkovací brzda. Nouzové brzdění musí být řidiči umožněno z místa sezení tak, aby alespoň jedna ruka zůstala na ovládacím orgánu řízení.
- 3) zařízením parkovacího brzdění, které působí na kola alespoň jedné nápravy. Ovládací orgán parkovacího zařízení parkovacího brzdění musí být nezávislý na orgánu zařízení provozního brzdění.

Pro dílčí schválení typu motorového vozidla se měří účinek brzdového zařízení při silničních zkouškách při definovaných podmínkách definovaných směrnicí 93/14/EHS.

Směrnice 93/30/EHS (rovnocennost s předpisem EHK/OSN č. 28) udává požadavky na montáž a měření zvukových výstražných zařízení, požadavky na schválení typu konstrukční části pro typ zvukových výstražných zařízení.

Dle směrnice 93/33/EHS (rovnocennost s předpisem EHK/OSN č. 62) musí být všechny tříkolky vybavena ochranným zařízením bránícím neoprávněnému použití dle definovaných specifikací.

Směrnice 95/1/ES se vztahuje na metody měření maximální konstrukční rychlosti, maximálního točivého momentu motoru a maximálního netto výkonu motoru vozidel kategorie L.

Směrnice 97/24/ES se týká pneumatik, zařízení pro osvětlení a světelnou signalizaci, vnějších výčnělků, zpětných zrcátek, opatření proti znečišťování ovzduší, palivových nádrží, opatření proti neoprávněným úpravám, elektromagnetické kompatibility, výfukového systému a přípustné hladiny akustického tlaku, spojovacích zařízení pro připojení přívěsů a jejich uchycení, kotevních úchytů bezpečnostních pásů a bezpečnostních pásů, zasklení, stíračů a ostřikovačů čelního skla a odmrazovacího a odmlžovacího zařízení.

Velmi náročné požadavky jsou kladeny na pneumatiky z hlediska rozměrů, výkonové zkoušky (popsané v dodatku 5 a 6 přílohy II této směrnice). Je možné využít schválených typů pneumatik (jmenovaných v dodatku 4 přílohy II této směrnice), které jsou opatřeny evropskou značkou schválení typu. Po montáži schválených pneumatik musí být splněny požadavky na únosnost, dosažitelnou rychlost a správnost montáže dle podmínek výrobce.

Schválené světlometry pro tříkolky jsou definované v příloze III-B kapitoly 2 této směrnice.

Pro tříkolová motorová vozidla s karoserií určená k dopravě cestujících platí požadavky uvedené ve směrnici 74/483/EHS týkající se vnějších výčnělků motorových vozidel (kategorie M1) (resp. ve směrnici 2007/15/ES, kterou se mění I směrnice 74/483/EHS). Tato směrnice se nevztahuje na části na vnějším povrchu, které při naloženém vozidle, se všemi dveřmi, okny a přístupovými víky atd. v zavřené poloze jsou ve výšce větší než 2 m nebo pod podlahovou čarou nebo umístěny tak, že se jich ve statickém stavu nelze dotknout koulí o průměru 100 mm. Vnější povrch vozidel nesmí vykazovat směrem ven jakékoliv nebezpečné části. Jsou zde uvedeny i výjimky pro vyčnívající části (stírače, konce nárazníků, kliky, kola, boční deflektory atd.).

Na konstrukci a montáž zpětných zrcátek se vztahuje kapitola 4, stanovující minimální počet zpětných zrcátek pro karosovaná vozidla na 1 vnitřní a 1 vnější (levostranné zrcátko pro pravostranný provoz), pokud je umožněn dobrý zpětný výhled definovaný směrnici (20 m širokou část vodorovné vozovky ve vzdálenosti 60 m od zorného pole řidiče) nebo 2 hlavní vnější zrcátka. Je umožněno další nepovinné vnější zpětné zrcátko.

Kapitola 5 směrnice definuje zkoušky, kterými musí motorová tříkolka projít, tak aby splnila požadavky na maximální emise. Prověřují se průměrné emise plyných znečišťujících látek v hustém městském prostoru a oxidu uhelnatého za volnoběhu (pro vozidla se zážehovým motorem) dle přílohy II směrnice 97/24/ES a přílohy směrnice 2002/51/ES, která zpřísnila mezní hodnoty emisí pro motorové tříkolky (a motocykly). (Pro vozidla kategorie M jsou emisní limity několika násobně nižší.)

Palivová nádrž musí být vyrobena z odolných materiálů, které vyhovují užití, musí být odolná vůči tlaku a korozi a nesmí způsobit náboj statické elektřiny. (Pro nekovové nádrže definuje kapitola 6 zkoušky odolnosti). Všechny části musí být vhodně ukotveny a chráněny rámem, či karoserií.

Dle kapitoly 8 musí všechny technické části a vozidlo splňovat požadavky na elektromagnetickou kompatibilitu (systém vozidla nesmí vytvářet elektromagnetické rušení pro cokoli v tomto prostředí). Vozidlo i technické celky musí být odolné vůči elektromagnetickému záření dle stanovených hodnot a nesmí překročit hodnoty pro elektromagnetické vyzařování.

Kapitola 9 stanovuje mezní hodnotu hladiny akustického tlaku pro tříkolky na 80dB, která v případě nepůvodního výfukového systému může být překročena nejvýše o 1dB.

Spojovací zařízení pro připojení přívěsů dle kapitoly 10 směrnice, musí být spolehlivá, trvale funkční nebo je třeba zajistit včas výměnu opotřebovaných částí a formulovat návod na montáž spojovacího zařízení v jazyce členského státu, který zařízení prodává. Na části mechanických spojovacích zařízení musí být použity materiály rovnocenné s ocelí. Typ spojovacího zařízení může být jakékoli, pokud kompatibilita a zaměnitelnost přívěsů není ani potřebná ani možná, avšak musí splňovat následující body:

- Spojovací zařízení a manipulace s ním musí být co nejbezpečnější, jednou osobou spojitelné a rozpojitelné bez užití náradí
- Požadavky na umístění:
 - o Kulové závěsné čepy připevněné k vozidlům musí zajišťovat ničím neomezované a bezpečné ovládání
 - o Musí splňovat geometrické požadavky v obrázku 2 dodatku 1(přílohy 1)
 - o Odpovídající výškové polohy (u jiného než kulového závěsného čepu)

- Musí být splněny požadavky výrobce vozidla na tvar a rozměry a typ spojovacího zařízení, přípustnou hmotnost přívěsu a přípustnou hmotnost staticky svise zatěžující bod spojení
 - Namontované spojovací zařízení nesmí zakrývat zadní registrační tabulku. (Pokud je ho možné odejmout bez speciálního nářadí).
- Požadavky na pohyblivost
 - Požadavky na pevnost (zkouška na únavu s jasně stanoveným postupem v příloze 1)
 - Spojovací zařízení musí být označena podle odpovídajících požadavků směrnice 94/20/ES

Kapitola 11 definuje požadavky na bezpečnostní pásy a kotevní úchyty. Obě (krajní) přední sedadla musí být zajištěna dvěma dolními a jedním horním úchytem, které mohou být připevněny ke kterékoli části vozu, která vyhoví okolnostním zkouškám a jejichž polohy musí náležet do oboru minimálních hodnot dané přílohami.

Poslední kapitola směrnice se vztahuje ke stíračům a ostřikovačům čelního skla a rozmrazovacím a odšťikovacím zařízením karosovaných tříkolek. Podle uvážení výrobce mohou být na karosovaná vozidla montována „čelní skla“ a „zasklení jiná než čelní skla“ vyhovující požadavkům přílohy III-A směrnice 89/173/EHS s vyloučením zasklení, jejichž součinitel propustnosti světla může být menší než 70%.

Každé vozidlo musí být vybaveno nejméně jedním automatickým stíračem čelního skla se stírací plochou nejméně 90% přílohou definované plochy výhledu a frekvencí minimálně 40 cyklů/min. Uložení raménka stírače musí dovolovat jeho odklopení. Každé vozidlo musí být vybaveno ostřikovačem čelního skla, které musí splňovat podmínky funkčnosti i za nepříznivých teplotních podmínek. Vozidla o výkonu větším než 15kw musí splňovat požadavky směrnice 78/317/EHS na odmrazování čelního skla a odmlžování z vnitřního zaskleného povrchu čelního skla.

Směrnice 2000/7/ES týkající se požadavků na rychloměry. (Pro tříkolky s rychloměrem, jehož maximální hodnota na stupnici nepřekračuje 200 km/h musí být číselné údaje rychlosti vyznačeny v intervalu nejvýše 20km/h.)

Směrnice 2009/62/ES stanovuje rozměry místa pro montáž zadní registrační tabulky tříkolky stejné jako pro osobní automobily, vyplývající ze směrnice 70/222/EHS. Místem pro připevnění zadní registrační tabulky má být rovná nebo téměř rovná plocha tvaru obdélníku nejméně těchto rozměrů: „ Šířka 520 mm a výška 120 mm, nebo šířka 340 mm a výška 240 mm.“ Dále určuje polohu vzhledem k podélné ose, náklon, výšku umístění tabulky nad vozovkou a geometrické požadavky na viditelnost.

Dle směrnice 2009/67/ES (rovnocennost s předpisem EHK/OSN č.53) veškeré tříkolky (jejichž maximální šířka přesahuje 1300 mm) musí být vybaveny následujícími zařízeními pro osvětlení a světelnou signalizaci:

- 1) dvěma dálkovými světlomety;
- 2) dvěma potkávacími světlomety;
- 3) dvěma směrovými svítilnami;
- 4) dvěma brzdovými svítilnami;
- 5) předními obrysovými svítilnami;
- 6) zadními obrysovými svítilnami;
- 7) svítilnou zadní registrační tabulky;
- 8) zadními odrazkami jinými než trojúhelníkovými;
- 9) výstražným signálem.

Veškeré tříkolky mohou být dále vybaveny následujícími zařízeními pro osvětlení a světelnou signalizaci:

- 1) předním mlhovým světlometem;
- 2) zadní mlhovou svítilnou;
- 3) zpětným světlometem;
- 4) bočními odrazkami jinými než trojúhelníkovými.

Zařízení pro osvětlení a světelnou signalizaci schválená pro vozidla kategorie M1 a N1 jsou povolena také pro tříkolky. Směrnice upravuje umístění a geometrickou viditelnost a další požadavky svítilen a světlometů.

Směrnice 2009/139/ES udává požadavek na povinné označení vozidel štítkem výrobce a značením striktně definované směrnicí.

Směrnice 2002/24/ES definuje mimo jiné postup schvalování typu a obsahuje kompletní seznam požadavků pro schválení typu vozidla.

Dále mohou být na vozidle systémy, samostatné technické celky nebo konstrukční části, které stanovuje příloha mezinárodní smlouvy Evropské hospodářské Komise Organizace spojených národů (Dohody o přijetí jednotných technických pravidel pro kolová vozidla, zařízení a části, které se mohou montovat a/nebo užívat na kolových vozidlech a o podmínkách pro vzájemné uznávání schválení udělených na základě těchto pravidel).

Příloha č. 12 vyhlášky č. 341/2014 Sb. stanovuje požadavky na konstrukci a stav povinné výbavy a vybavy, která musí mít schválenou technickou způsobilost, technické požadavky na výbavu vozidel světelnými zařízeními, požadavky na výbavu vozidel koly, pneumatikami, protiskluzovými řetězy, technické požadavky na výbavu vozidel doplňkovými zařízeními.

Bezpečnostní požadavky pro homologaci nejsou podmíněny dosažením bezpečnostních nárazových testů, protože při uvedení vozidla do prodeje nemusí být nutně prováděny crash testy. Pouze u několika vozidel jsou tyto crash testy provedeny, avšak se u každé provádějící organizace liší, a proto nelze ani některé výsledky testů u určitých vozidel porovnávat. Ve světě existuje několik nezávislých testovacích organizací. Například, japonská JN-CAP, australská ANCAP, britská USNCAP nebo organizace Euro NCAP složená z několika členů Evropy. Odlišnost měření je například v rychlosti jízdy na překážku testovaného vozidla, v druhu překážky, aj. Je ovšem jasné, že po splnění homologačních předpisů se na silnici nemůže dostat vozidlo, které by nárazovými zkouškami prošlo nedostatečně.

3. 1. 4 Požadavky kategorie O₁

Přípojně vozidlo pro soustavu letových částí autoletadla, které bude nutné převést, bude zařazen do kategorie O₁, což jsou přípojná vozidla, jejichž největší přípustná hmotnost nepřevyšuje 750 kg [6], (Vzhledem k předpokládané celkové váze letounu nepřevyšující 750 kg, nebude přípojně vozidlo tuto hodnotu převyšovat). Tato přípojná vozidla musí splňovat (následující) příslušné požadavky, definované v příloze IV směrnice 2007/46/ES pro ES schválení a to i pro malé série. Maximální počet zaregistrovaných vozidel v malé sérii kategorie O₁ je 500 jednotek/ rok. V rámci vnitrostátní schválení (platnost schválení typu je omezena na území členského státu) může členský stát upustit od dodržení jednoho nebo více ustanovení, pokud stanoví odpovídající požadavky pro zajištění úrovně bezpečnosti a životního prostředí. Ostatní členské státy mají poté možnost přijmout tento typ vozidla také.

Ochrana proti předjetí zezadu (zadní ochranná zařízení dle směrnice 70/221/EHS) není potřeba, neboť dle návrhu projektu vzdálenost středu poslední nápravy od krajního zadního bodu obrysu vozidla není větší než jeden metr.

Požadavky na rozměry místa pro montáž zadní registrační tabulky (dle směrnice 70/222/EHS) jsou stejné jako pro motorové tříkolky (a osobní automobily).

Přípojná vozidla se musí podrobit zkoušce (dle směrnice 70/311/EHS), ve které řidič musí udržet zadní kola v přímé dráze na rovné a vodorovné silnici při rychlosti 80 km/hod nebo při technicky přípustné rychlosti stanovené výrobcem, je-li nižší než 80 km/hod, je-li nižší než 80 km/hod, aniž by učinil jakýkoli abnormální korekční úkon v řízení.

Přípojná vozidla kategorie O₁ nemusí mít zařízení pro provozní brzdění (dle směrnice 71/320/EHS).

Požadavky na montáž zařízení pro osvětlení a světelnou signalizaci a na povinné svítilny a odrazky jsou dle směrnice 76/756/EHS tyto: Zadní a přední (povinné u přípojných vozidel širších než 1600mm) obrysové svítilny, osvětlení zadní registrační značky, 2 brzdové svítilny, výstražný signál nebezpečí, 2 zadní směrové svítilny, zadní mlhová svítilna (druhá nepovinná), 2 trojúhelníkové zadní odrazky, 2 přední netrojúhelníkové odrazky, boční odrazky, popřípadě doplňkové obrysové svítilny (povinné pouze u přípojných vozidel širších 2,1m). Prozatímní návrhová šířka přípojného vozidla je 2,06 m.

Dále musí být splněny požadavky na bezpečnostní sklo (dle směrnice 92/22/EHS), pneumatiky (dle směrnice 92/23/EHS) a označení štítkem výrobce (dle směrnice 76/114/EHS).

Vozidlo včetně přípojného bude velmi lehké a nedojde tak k přesažení maximálního zatížení náprav a hmotnosti dle směrnice 97/27/EHS. Prozatímní návrhová délka přípojného vozidla je 6,7m a nepředpokládá se proto překročení maximální povolené délky určené touto směrnicí (12m). Největší povolená výška pro kategorii O (a většiny motorových vozidel,) je 4 m a šířka 2,55 m.

Dále musí přípojné vozidlo splňovat příslušné požadavky předpisu č.341/2014Sb.:

Nejvyšší rychlost přípojného vozidla kategorie O₁ nesmí být vyšší než vyšší než 80 km.h⁻¹ (s možností zvýšen až na 130 km.h⁻¹). Pokud přípojné vozidlo, jeho náklad nebo výměnná nástavba svými rozměry po připojení k tažnému vozidlu znemožní řidiči řádný výhled vnějšími zpětnými zrcátky, musí být tažné vozidlo opatřeno doplňkovými zpětnými zrcátky s větším vyložením nebo jiným zařízením, které zajistí řádný výhled.

Největší povolená hmotnost nebrzděného přípojného vozidla za vozidlo kategorie L nesmí být větší než 50 % provozní hmotnosti tažného motorového vozidla.

3. 2 Certifikační podmínky letadla

3. 2. 1 Kategorizace letadla

V České republice je certifikace uznávána podle předpisů amerických (FAR), evropských (CS) (zobrazených v tabulce 5) a další předpisů pro sportovní létající zařízení. Sportovní létající zařízení a lehká letadla mají v USA a dalších státech mimo Evropu své stavební předpisy (např.:14 CFR, LSA). Od roku 2003 vydává EASA požadavky CS, které nahradily

předchozí JAR úřadu odpovědného za certifikaci JAA. Pro evropské kategorie existují tyto certifikační specifikace:

Tabulka 5 – Certifikační specifikace

(Zdroj: [36])

Název letadla	Předpis	Specifikace MTOW
Velmi lehká letadla	CS- VLA	Do MTOW 750kg
Kluzáky	CS - 22	Do MTOW 750kg , maximálně se dvěma sedadly
Motorové kluzáky		Do MTOW 850kg, maximálně se dvěma sedadly, s plošným zatížením méně než 3kg/m ²
Letouny kategorie normální, cvičná, akrobatická	CS - 23	Do MTOW 5670 kg, do 9-ti sedadel vyjma pilota
Pro sběrnou dopravu		Do MTOW 8618 kg, dvoumotorové, vrtulí poháněné letouny do 19-ti sedadel vyjma sedadla pilota
Velké letouny	CS - 25	Nad MTOW 5700 kg
Malá rotorová letadla	CS - 27	Do MTOW 3175 kg, do 9-ti sedadel vyjma pilota
Velká rotorová letadla	CS - 29	Kategorie A: MTOW nad 9072kg, 10 a více cestujících Kategorie B: MTOW do 9072kg a méně než 9 cestujících
Volné plynové balóny	CS-31GB	-
Horkovzdušné balóny	CS-31HB	-
Upoutané plynové balóny	CS-31TGB	-

*Pro zařazení letadla do dané kategorie, musí letadlo splnit ještě další specifikace

Americký předpis FAR 23 zahrnuje kategorie Normal, Utility (určena pro omezený akrobatický provoz) a Acrobatic, které spojuje MTOW do 5670kg a maximální počet sedadel 9 vyjma pilotního. Pro letouny předpisu FAR 23 do MTOW 2720kg platí čtrná zjednodušení.

Letouny, které mají 19 sedadel vyjma pilotního a MTOW do 8618 kg lze zařadit do kategorie Commuter také dle FAR 23. Letouny těžší spravuje předpis FAR 25.

V České republice se výkonem státní správy ve věcech sportovních létajících zařízení zabývá LAA a to pro tyto druhy sportovních létajících zařízení (obsažené v LA 2) [22]:

- a) padákový kluzák,
- b) závěsný kluzák,
- c) ultralehký letoun,
- d) motorový závěsný kluzák,
- e) motorový padákový kluzák,
- f) ultralehký vrtulník,
- g) ultralehký motorový vírník.
- h) ELSA – (Tato kategorie je platná od poloviny roku 2011.)

ELSA -aerodynamicky řízené letouny do vzletové hmotnosti 600kg postavené individuálním stavitelem podle vlastního návrhu nebo ze stavebnice splňující požadavky definované předpisem ELSA-A.

Pro zařazení kombinovaného dopravního prostředku do kategorie ELSA, je třeba splnění požadavků letové způsobilosti obsažených v prováděcím právním předpisu ELSA-A.

Požadavky letové způsobilosti ELSA-A mohou být použity pro aerodynamicky řízené SLZ postavené individuálním stavitelem a to podle vlastního návrhu nebo ze stavebnice, splňující následující požadavky:

- (a) Maximální vzletová hmotnost nepřesahuje 600kg.
- (b) Pádová rychlost v přistávací konfiguraci (VS0) není větší než 75km/h(40,5 kts) CAS při maximální vzletové hmotnosti a nejkritičtější poloze těžiště.
- (c) Maximálně dvoumístné.
- (d) S jedním neturbínovým motorem a vrtulí.
- (e) Nepřetlakovanou kabinou.
- (f) Letoun s pevnými křídly.
- (g) Minimální užitečné zatížení ne menší než: 250 kg pro 600kg max. vzletovou hmotnost a 150kg pro max. vzletovou hmotnost menší nebo rovnu 450 kg.
- (h) Maximální výkon motoru 89kW (120k).

Tyto předpisy se vztahují pouze na letouny určené pouze pro neakrobatický a VFR den provoz, který zahrnuje -

- (a) jakýkoliv obrat potřebný pro normální létání;
- (b) nácvik zábran pádů; a
- (c) ostré zatáčky s náklonem do 60°.

LAA je oprávněna k ověřování letové způsobilosti SLZ postavených amatérsky nebo vyrobených profesionálně na území České republiky, a to buď jako komplet nebo ve stavebnici určené k sestavení.

Dle evropské normy 216/2008 Doplněk II stačí, aby alespoň 51% bylo postaveno amatérem nebo neziskovou organizací amatérů, pro jejichž vlastní účely a bez obchodního cíle. Zisková organizace může připravit až 49% rozpracované stavebnice.

Základní stavební předpis pro kategorii ELSA (ELSA-A) odkazuje na předpis UL2, CS-LSA (certifikační specifikace lehkých sportovních letounů) a předpis celosvětových standardů ASTM F2245, který je používán i pro LSA v USA. Standardy ASTM F2245 jsou k dispozici zatím pouze v anglické verzi, což vede k omezení použití kategorie ELSA v České republice. ELSA-A doplňuje ASTM normy, pokud opomíjí nebo neobsahují pro daný problém adekvátní požadavky a pokud se odlišuje od definice LSA FAA (Federální letecký úřad pro USA). Na rozdíl od americké kategorie LSA, neomezuje použití zatahovacích podvozků a stavitelných vrtulí.

Zařazení letounu

Projekt bude zařazen po detailnějším rozpracování konstrukce podle přesného výpočtu maximální vzletové hmotnosti do jedné z kategorie letadel. Je třeba splnit váhové limity, které vymezují jednu z leteckých kategorií.

- a) Kategorie ELSA s MTOW do 600kg, povolující maximální výkon motoru 89kW.
- b) Evropská kategorie VLA – velmi lehká letadla, do které by autoletadlo muselo spadat, pokud by MTOW nepřekročila 750kg (resp. překročila 600kg).
- c) Evropská kategorie dle předpisu cs-23 (kategorie letouny normální s MTOW do 5670 kg)

Váha vozidla Air car city při využití leteckých materiálů s nízkou měrnou hmotností je odhadována na 300kg. Po přičtení váhy pohonné letecké soustavy, křídel, koncové části trupu, ocasních ploch, systému řízení a kol se celková váha autoletadla bude pohybovat v rozmezí 500kg – 600kg. S přičtením provozních kapalin a váhy pilota se předpokládá zařazení Air car city do kategorie VLA.

3. 2. 2 Požadavky kategorie VLA

Evropská kategorie VLA – velmi lehká letadla, do které by autoletadlo muselo spadat, pokud:

- 1) Nejvyšší vzletová hmotnost není vyšší než 750kg
- 2) Pádová rychlost v přistávací konfiguraci může dosahovat až 83km/h (45uzlů) (CAS)
- 3) Jedná se o neakrobatický letoun (stejně jako ELSA)
- 4) S jedním ne proudovým motorem
- 5) Je pro maximálně dva členy posádky,
- 6) Létání je dovoleno pouze podle pravidel VFR a neslouží ke komerčním účelům.

V České republice spravuje tuto kategorii ÚCL, čímž jsou na provoz VLA letadel kladeny větší finanční a certifikační nároky než u kategorie EASA.

Kromě požadavků vymezujících tuto kategorii, musí letoun splnit další požadavky. Tyto požadavky se týkají letu, konstrukce, pohonné jednotky, vybavení, provozních omezení a letových informačních materiálů.

Pádová rychlost nesmí převýšit. Vzdálenost pro vzlet ze suchého, vodorovného a tvrdého povrchu včetně dosažení výšky 15 metrů nesmí převýšit 500 metrů. Po dosažení výšky 15 metrů nad úroveň vzletového povrchu musí letoun získat rychlost ne menší než 1,3 pádové rychlosti. Ustálená hodnota stoupání musí být nejméně 2 m/s za běžných podmínek vzletu.

Letoun musí být bezpečně říditelný a obratný během všech konfigurací (vzlet, stoupání, vodorovný let, sestup, přistání (s výkonem motoru a bez výkonu motoru) se vztlakovými klapkami vysunutými zasunutými). Dále musí splnit minimální a maximální síly v řízení u všech kormidel, splnit požadavky pro vývrtky a pády, prokázat setrvání ve vyváženém stavu při rychlostech $0,9 V_H$ nebo V_C . Letoun musí prokázat dynamickou, podélnou, příčnou a směrovou stabilitu, zábranu pádů včetně varování před pádem, vybrání vývrtky. Dále prokázat, že se nesmí objevit nadměrné vibrace, či třepání kromě definovaných požadavků.

Pevnost konstrukce letounu je dána maximálním provozním zatížením, které musí každá konstrukce přenášet bez škodlivé trvalé deformace. Pro bezpečnost je ještě počítáno s početním zatížením, což je 1,5 násobek maximálního provozního zatížení, při kterém může

nastat deformace, ale nesmí vést ke ztrátě únosnosti konstrukce. (Pro kompozitní materiál bývá početní zatížení ještě větší.)

Splnění požadavků na pevnost musí být prokázáno pro každou kombinaci rychlosti letu a násobku zatížení v mezích letové obálky (závislost rychlosti letu a zatížení v podmínkách specifikovaných pomocí obálky obrátů a poryvů). Obálka obrátů vznikne z kombinace rychlosti letu a násobků zatížení vycházejících ze symetrických obrátů, kterým je letoun podroben při stanovených rychlostech. Obálka poryvů vznikne z kombinace rychlosti letu a výpočtem násobků zatížení vycházejících z definovaných svislých poryvů (15,24 m/s a 7,62 m/s), kterým je letoun vystaven při stanovených návrhových rychlostech. Návrhové rychlosti je třeba stanovit pomocí výpočtů a odborných odhadů definovaných dle CS-VLA 335 a CS-VLA 341. Zároveň nesmí maximální provozní násobky při obratech být nižší než určené hodnoty (-1,5 pro záporný násobek a 3,8 pro kladný násobek). Letoun musí prokázat odolnost maximálního provozního zatížení pro nesymetrická zatížení křídla, boční zatížení SOP, i se vztlakovými klapkami pro určené hodnoty. Motorové lože a jeho nosná konstrukce musí být navrženy pro účinky určeného maximálního provozního krouticího momentu motoru, mezní násobek zatížení v bočním směru (alespoň 1,33). Dále musí být letoun navržen pro daná zatížení řídicích ploch, soustavy řízení, pozemní zatížení. I při nouzovém přistání musí konstrukce splnit bezpečnostní požadavky pro ochranu osob. U každé části konstrukce, jejíž porucha by mohla ohrozit bezpečnost, musí být prokázána dostatečná životnost.

Vhodnost každého sporného návrhu detailu části, které výrazně ovlivňují bezpečnost provozu, se musí prokázat zkouškami. Schválení pevnost křidel s nosnými potahy je možné schválenými zatěžovacími zkouškami nebo kombinací pevnostního výpočtu konstrukce a zatěžovacích zkoušek. Každé řízení musí pracovat lehce, plynule a dostatečně spolehlivě, aby byl možný správný výkon jejich funkce. Řídidla musí být uspořádána a odlišena tak, aby umožňovala pohodlné ovládání a nepřipouštěla možnost záměny. Pilotní prostor musí splňovat požadavky na výhled, na umístění řídidel, tvary a rukojeti leteckých ovladačů, sedadla, bezpečnostní pásy. Dle knihy 2 předpisu VLA je možné kromě leteckých bezpečnostních postrojů použít i pásy s jedním diagonálním ramenním popruhem (jako u osobních automobilů). Čelní skla musí být z materiálu, který nezpůsobí vážná zranění při roztržení. Interiér a další části letounu musí být protipožárně zabezpečeny.

Požadavky na některé části pohonné jednotky (palivová soustava, olejová soustava, kapalínové chlazení, systém sání, výfukový systém a systémy řízení pohonné jednotky) a části, které ovlivňují bezpečnost pohonné jednotky (protipožární ochrana) stanovuje hlava E.

Vrtule musí vyhovět specifikacím hlavy J, CS-22. Specifikace pro motory musí splňovat hlavu H, CS-22.

Hlava F stanovuje povinné vybavení VLA letadel a jejich požadavky. Mezi povinné vybavení patří letové navigační přístroje (rychloměr, výškoměr, ukazatel magnetického směru) a přístroje pohonné jednotky (palivoměr, otáčkoměr, ukazatel množství oleje, atd.), sedadlo schváleného typu. Požadavky jsou kladeny na elektrické soustavy přístrojů. Vnější světla musí splňovat použitelné pododstavce odstavců 23.1385 až 23.1401 CS-23.

Pro provoz musí být stanovena letová příručka, příručka pro údržbu s definovanými informacemi (dle CS-VLA 1529) a omezení vzdušné a obrátové rychlosti, rychlosti s vysunutými klapkami, hmotnosti, polohy těžiště a pohonné jednotky.

Letoun musí mít značení a štítky všech přístroj a částí letounu, které jsou specifikované v CS-VLA 1545 až 1547 a dalších částí, jestliže má letoun neobvyklou konstrukci.

4 Zpracování statistiky

4. 1 Porovnání tras

V současnosti je v České republice evidováno celkem 168 letišť kategorií V SLZ, N SLZ, VVL, NVL, VML a NML. Následující tabulka 6 zobrazuje porovnání dostupnosti center obcí mezi Prahou a dalšími městy s počtem obyvatel větších než 25 000. Uvažovaná rychlost letu je 160km/hod a běžný silniční provoz. Uvažovaný čas na přestavbu vozidlo - letadlo, letadlo-vozidlo je 20 minut. Doba transferu z centra Prahy na letiště Letňany je uvažována 18 minut (vzdálenější letiště by nebyly časově úspornější).

Tabulka 6 – Statistika časové úspory v České republice

Obec X	S _v [km]	D _v [min]	S _L [km]	T _L [min]	P [min]	O [min]	L [min]	D _{al} [min]	Název letiště	Typ letiště	T [min]	X [km]
Brno	205	135	224	70	20	18	17	125	Brno Tuřany	VML	10	-19
Ostrava	371	207	311	97	20	18	30	165	Ostrava Mošnov	VML	42	60
Plzeň	92	80	125	34	20	18	14	86	Letkov	VVL	-6	-33
Liberec	111	73	99	28	20	18	6	72	Liberec	NML	1	12
Olomouc	280	153	239	80	20	18	7	125	Olomouc	VVL	28	41
Ústí nad Labem	88	64	110	28	20	18	15	81	Ústí nad Labem	NVL	-17	-22
Hradec Králové	113	76	128	36	20	18	12	86	Hradec Králové	VVL	-10	-15
České Budějovice	150	106	158	47	20	18	13	98	Hosín	VVL	8	-8
Pardubice	119	79	107	29	20	18	10	77	Pardubice	VML	2	13
Havířov	382	210	329	105	20	18	27	170	Místek	V SLZ	40	53
Zlín	298	167	274	90	20	18	14	142	Zlín Štípa	V SLZ	25	24
Most	101	73	95	26	20	18	7	71	Most	VVL	2	6
Karviná	392	218	342	105	20	18	38	181	Místek	V SLZ	37	50
Opava	372	209	285	94	20	18	14	146	Opava	N SLZ	63	88
Frydek- Místek	370	203	308	105	20	18	9	152	Místek	V SLZ	51	62
Karlovy Vary	128	101	147	43	20	18	13	94	Karlovy Vary	VML	7	-19

Obec X	S _v [km]	D _v [min]	S _L [km]	T _L ' [min]	P [min]	O [min]	L [min]	D _{ai} [min]	Název letišťe	Typ letišťe	T [min]	X [km]
Jihlava	128	76	140	42	20	18	9	89	Jihlava	VVL	-13	-12
Děčín	112	84	116	30	20	18	16	84	Bynovec	N SLZ	0	-4
Chomutov	96,5	80	110	32	20	18	6	76	Chomutov	VVL	4	-13
Přerov	288	169	271	85	20	18	23	146	Prostějov	NVL	23	17
			248	80	20	18	15	133	Přerov	NML	36	40
Jablonec nad Nisou	108	76	103	25	20	18	16	79	Hodkovice	VVL	-3	5
Mladá Boleslav	63,1	51	65	15	20	18	6	59	Mladá Boleslav	VVL	-8	-1
Prostějov	262	155	240	75	20	18	19	132	Prostějov	NVL	23	22
Třebíč	163	107	174	56	20	18	6	100	Třebíč	N SLZ	7	-11
Česká Lípa	91,8	78	86	22	20	18	8	68	Česká Lípa	VVL	10	6
Třinec	398	231	322	101	20	18	30	169	Místek	V SLZ	62	76
Tábor	89,2	67	117	32	20	18	12	82	Tábor	VVL	-15	-28
Znojmo	146	203	208	68	20	18	8	114	Znojmo	NVL	89	-62
Příbram	62,9	59	83	18	20	18	15	71	Příbram	VVL	-12	-20
Cheb	170	136	175	55	20	18	9	102	Cheb	VVL	34	-5
Orlová	385	218	323	98	20	18	38	174	Ostrava Mošnov	VML	44	62
Kolín	69,6	59	71	17	20	18	7	62	Kolín	VVL	-3	-1
Trutnov	160	125	141	41	20	18	12	91	Trutnov	N SLZ	34	19
Písek	107	81	122	34	20	18	12	84	Písek	V SLZ	-3	-15
Kroměříž	269	157	223	75	20	18	5	118	Kroměříž	NVL	39	46
Šumperk	246	187	204	67	20	18	7	112	Šumperk	VVL	75	42
Vsetín	332	230	204	55	20	18	34	127	Zlín Štípa	V SLZ	103	128
Valašské Meziříčí	346	234	299	92	20	18	31	161	Hranice	VVL	73	47
Litvínov	110	88	105	29	20	18	9	76	Most Libkovic	N SLZ	12	5
Uherské Hradiště	279	206	283	94	20	18	13	145	Kunovice	NML	61	-4
Hodonín	271	186	288	93	20	18	19	150	Kyjov	VVL	36	-17

Použité zkratky:

S_v [km] – Vzdálenost trasy vozidla mezi Prahou a centrem obce X

S_L [km] – Vzdálenost trasy autoletadla mezi Prahou a centrem obce X

P [min] – Doba přestavby autoletadla a rezervy (vozidlo-letadlo, letadlo-vozidlo)

O [min] - Doba dopravy z centra Prahy na neoptimálnější letiště (Letňany)

T_L' [min] - doba letu z letiště Letňany na nejbližší letiště k obci X (vychází z příslušné vzdálenost dle letecké mapy a předpokládané cestovní rychlosti 160km/h)

L [min] – Doba transferu z nejbližšího letiště do centra obce X

D_v [min] – Celková doba transferu vozidla mezi Prahou a centrem obce X

D_{al} [min] – Celková doba transferu autoletadla mezi Prahou a centrem obce X;

$$D_{al} = P + O + T_L' + L \quad (3)$$

$$X \text{ [km]} – \text{Rozdíl vzdáleností tras dopravních prostředků; } X = S_v - S_L \quad (4)$$

$$T \text{ [min]} – \text{Časová úspora; } T = D_v - D_{al} \quad (5)$$

(Údaje, u kterých není uveden vzorec, byly zjištěny z leteckých map nebo pomocí aplikace Google Maps, či jejich kombinací.)

Zkratky letišť:

V SLZ – plocha sportovních létajících zařízení veřejná

N SLZ – plocha sportovních létajících zařízení neveřejná

VVL – veřejné vnitrostátní letiště

NVL – neveřejné vnitrostátní letiště

VML – veřejné mezinárodní letiště

NML – neveřejné mezinárodní letiště

Ze statistických hodnot bylo zjištěno, že průměrná doba transferu z nejbližšího letiště do centra obce je 15minut (0,25 hod.). Délka trasy vozidla je průměrně o 14,6km delší než délka trasy autoletadla, což odpovídá 7,2% trasy vozidla. Celková časová úspora je přibližně 17,5% z času vozidla a přibližně 11,6minut/100km.

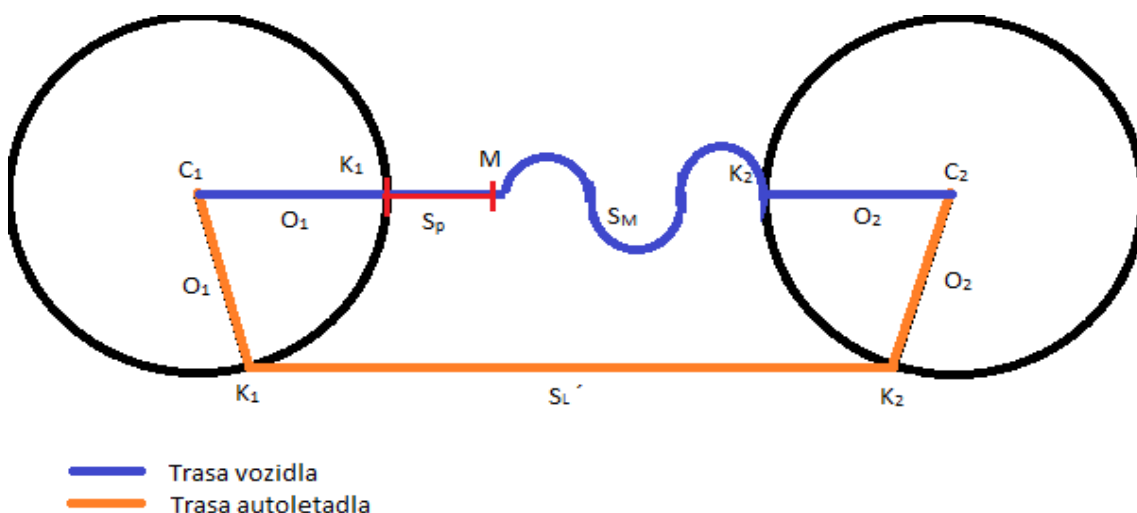
Vzhledem k doletu autoletadla 600km lze uvážit porovnání i do zahraničních měst. Z tabulky 7 je patrná velká časová úspora autoletadla při dlouhém letu a to například 3 hodin a 21 minut v porovnání s vozidlem na jeho trati dlouhé 665km.

Tabulka 7 – Statistika časové úspory mezinárodních letišť

Zahraňi- ní město	V [km]	Dv [min]	T_L' [min]	P [min]	O [min]	L [min]	Dal [min]	Název letiště	Typ letiště	T [min]
Bratislava	328	216	150	20	18	11	161	Bratislava	VML	55
Košice	665	453	233	20	18	19	252	Košice	VML	201
Berlín	351	219	142	20	18	30	172	Berlín- Schönefeld	VML	47
Vídeň	331	205	143	20	18	23	166	Vídeň- Schwechat	VML	39
Varšava	682	417	230	20	18	15	245	letiště Frédérica Chopina	VML	172

4. 2 Časová úspora

Lze porovnat přibližnou dobu autoletadlem T_L a dobu jízdy vozidlem T_V mezi dvěma libovolnými obcemi. Do doby T_L je nutné připočítat přestavbu T_P stanovenou jako součet doby přestavby vozidlo – letadlo (5min.) letadlo – vozidlo (5min.) včetně rezerv (10min.) na 20minut (= 0,333 hodin). Dále je stanovena průměrná rychlost letu na 160km/hod a vozidla 90km/hod mezi body K_1 a K_2 .



Obrázek 24 – Srovnání tras

(Zdroj: Vlastní)

Doba, po kterou autoletadlo provádí přestavbu je rovna době, po kterou vozidlo jede, a tudíž je tato doba (dráha) přičítána k celkové době (dráze) ujeté vozidlem. Tato doba se rovná době přestavby a označuje se proto T_P . Ujetá dráha vozidlem za tuto dobu je S_P .

Doba (T_M) od bodu M do bodů K2 je pro vozidlo stejná jako K1 do K2 pro autoletadlo, (avšak dráha kvůli rozdílné rychlosti dopravních prostředků je jiná). Pro porovnání uvažujeme případ, kdy vozidlo i autoletadlo dorazí do místa centra obce současně, pokud vyrazí současně. Zároveň (X) je rozdíl mezi dráhou vozidla a letounu, tedy dráhy letounu mezi letišti (S_L') a součtu dráhy vozidla za dobu přestavby autoletadla (S_P) a ujetá vzdálenost vozidlem z bodu M do bodu K2 (S_M). Tyto dráhy jsou znázorněny na obrázku 24.

$V_V = 90\text{km/h}$ - rychlost vozidla

$V_L = 160\text{km/h}$ - rychlost letounu

S_V - celková trasa vozidla (v obrázku vyznačena modře)

S_V' - dráha vozidla mezi body K1 a K2

S_L - celková trasa autoletadla (v obrázku vyznačena oranžově)

S_L' - dráha letounu mezi body K1 a K2

S_P – ujetá vzdálenost vozidlem za dobu přestavby autoletadla

S_M – ujetá vzdálenost vozidlem z bodu M do bodu K2

T_M - doba z bodu M do bodu K2

$T_P = 20\text{min.}$ - doba celkové přestavby

X – rozdíl dráhy vozidla a letounu

$$X = S_P + S_M - S_L' \quad (6)$$

Dle obrázku 24 je vidět, že doba i vzdálenost z centra obce C_1 do bodu K1 (letišť) autoletadla i vozidla je stejná (Body $K1_n$ tvoří kružnici se středem v centru obce). Uvažujeme-li že i jedou stejnou průměrnou rychlostí do bodu K1. Totéž platí i o bodu K2. (Vzdálenost od bodů K2 do centra druhého města C_2 je stejná). Pokud je tato rychlost stejná, porovnávací doba nezáleží na vzdálenosti letiště od centra. Proto lze tuto vzdálenost (dobu) pro oba dopravní prostředky neuvážovat.

$$S_V = S_L$$

$$S_V' + O_1 + O_2 = S_L' + O_1 + O_2 \quad (7)$$

O_1 – vzdálenost z bodu C_1 do K_1

O_2 – vzdálenost z bodu C_2 do K_2

Pokud by vozidla dorazila do místa současně, pokud vyrazí současně, musí být doba cesty obou dopravních prostředků stejná.

$$T_L = T_V$$

$$T_O + T_P + T_M = T_O + T_P + T_M \quad (8)$$

T_O – doba potřebná k ujetí vzdálenosti $O_1 + O_2$ není prozatím uvažována

$$\frac{S_P + S_M}{V_V} = \frac{S_L'}{V_L} + T_P \quad (9)$$

$$\frac{1}{V_V} * (S_P + S_M) = \frac{S_L'}{V_L} + T_P \quad (10)$$

Po dosazení vztahu (6) dostáváme:

$$\frac{S_L' + X}{V_V} = \frac{S_L'}{V_L} + T_P \quad (11)$$

$$\frac{S_L' + X}{V_V} - \frac{S_L'}{V_L} = T_P \quad (12)$$

$$\frac{(S_L' + X) * V_L - S_L' * V_V}{V_V * V_L} = T_P \quad (13)$$

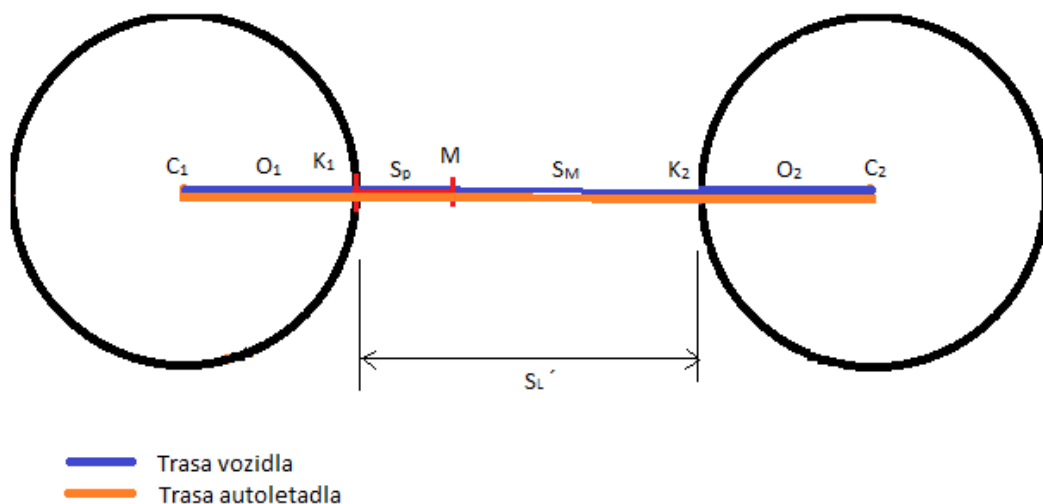
$$S_L' * V_L + X * V_L - S_L' * V_V = T_P * V_V * V_L \quad (14)$$

$$S_L' * (V_L - V_V) = T_P * V_V * V_L - X * V_L \quad (15)$$

$$S_L' = \frac{T_P * V_V * V_L - X * V_L}{(V_L - V_V)} \quad (16)$$

Ze statistických údajů jsem zjistila, že vzdálenosti tras vozidlem jsou nejčastěji o 14,6 km delší. Porovнала jsem proto tři případy, kdy jsou dráhy stejně dlouhé, trasa vozidla je o 14,6km delší a letiště je v opačném směru než směr trasy:

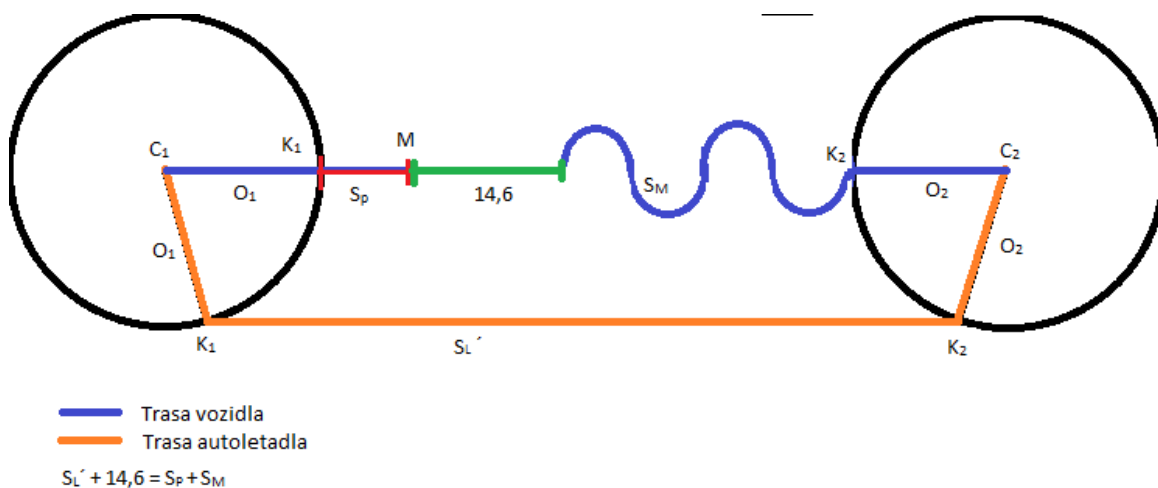
a) Dráhy jsou stejně dlouhé (schematicky znázorněno na obrázku 25)



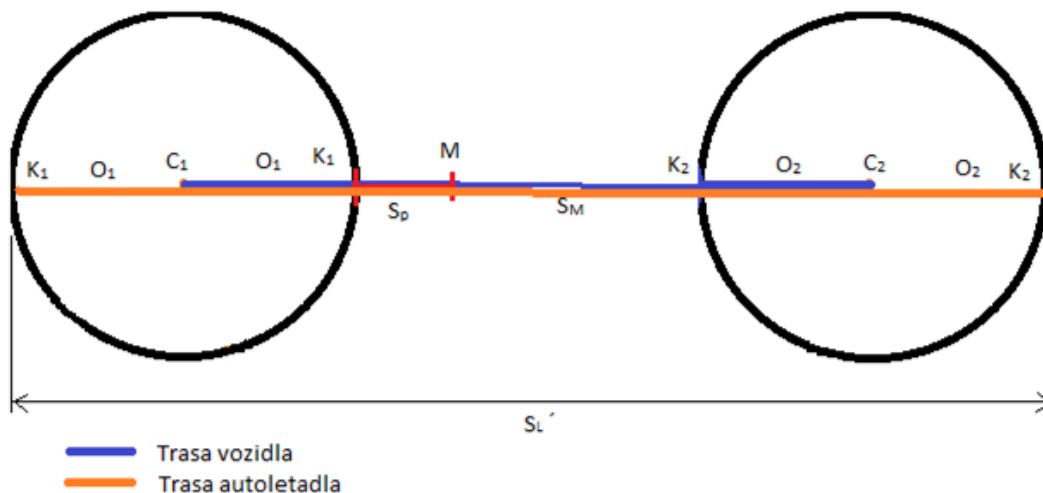
Obrázek 25 – Příklad a

(Zdroj: Vlastní)

b) Trasa vozidla je o 14,6km delší (schematicky znázorněno na obrázku 26)



c) Letiště je v opačném směru než směr trasy (schematicky znázorněno na obrázku 27)



Obrázek 27 – Příklad c

a) Pokud by jejich dráha byla nejmenší možná a rovnala by se, muselo by platit, že:

$$X=0$$

Dráhu lze vypočítat dosazením do obecného vzorce (16):

$$S_L' = \frac{T_P * V_V * V_L - X * V_L}{(V_L - V_V)}$$

$$S_L' = \frac{0,333 * 90 * 160}{160 - 90}$$

$$S_L' = 68,5 \text{ km}$$

Mohu také rovnou porovnat dráhu obou dopravních prostředku:

$$S_P + S_M = S_L' \tag{17}$$

$$T_P * V_V + V_V * T_M = V_L * T_M \tag{18}$$

$$0,333 * 90 + 90 T_M = 160 T_M$$

$$29,97 = 160 T_M - 90 T_M$$

$$29,97 = 70 T_M$$

$$T_M = \frac{29,97}{70}$$

$$T_M = 0,428 \text{ hod.}$$

Po dosazení do předchozí rovnice:

$$S_L' = 160 * 0,428$$

$$S_L' = 68,5 \text{ km}$$

K této vzdálenosti je nutné ještě připočítat dráhu k letišti a od letiště do centra druhé obce ujetou za $T = 15 \text{ minut} = 0,25 \text{ hod.}$ Tato doba je zjištěna statistickou metodou ze souborů hodnot daných tabulkou výše. Pro tento výpočet uvažujeme rychlost vozidel 70 km/hod. , protože se část trasy projíždí obcí.

O – celková dráha

A platí, že $O_1 = O_2$

$$O = 2 * O_1 \tag{19}$$

$$O = 2 * V * T \tag{20}$$

$$O = 2 * 70 * 0,25$$

$$O = 35 \text{ km}$$

$$S_V = S_L = O + S_L' = 35 + 68,5 = 103,5 \text{ km}$$

Zjistila jsem, že v tomto případě pokud je vzdálenost mezi centry měst větší než $103,5 \text{ km}$ bude časově výhodnější použití autoletadla.

b) Trasa vozidla je o 14,6 km delší:

$$X = 14,6 \text{ km}$$

Dosazením do vzorce (16) jsem dostala:

$$SL' = \frac{0,333*90*160 - 14,6*160}{(160-90)}$$

$$SL' = 35,1\text{km}$$

Přičtením vzdálenosti z centra obce na letiště a z druhého letiště do místa určení, za předpokladu, že oba prostředky jedou stejnou rychlostí:

$$S_L = S_L' + O \quad (21)$$

$$S_L = 35,1 + 35 = 70,1\text{km}$$

$$S_V = S_L + X \quad (22)$$

$$S_V = 70,1 + 14,6 = 84,7\text{km}$$

Hodnota 14,6 km vychází ze statistických zjištění, proto se hodnota 70,1km nejvíce podobá reálné (průměrné) hodnotě. Pokud je trasa letounu mezi letišti delší než 35,1 km vyplatí se z časových důvodů použití autoletadla. Dle statistické vzdálenosti centra a letiště 17,5 km odpovídá bod úspory délce trasy vozidla 84,7km.

c) Letiště je v opačném směru než směr trasy:

V tomto případě je trasa vozidla kratší o:

$$Y = O_1 + O_1 + O_2 + O_2 = 4*O_1 \quad (23)$$

Aby se vzdálenost autoletadla a vozidla rovnala, je nutné odečíst vzdálenost $4*O_1$ od (delší) trasy autoletadla. A po dosazení vztahu (19) dostávám:

$$X = -2*O$$

Opět jsem vyšla z obecného vzorce (16):

$$SL' = \frac{T_p * V_V * V_L - X * V_L}{(V_L - V_V)}$$

Po dosazení:

$$SL' = \frac{0,333*90*160 + 2*35*160}{(160 - 90)}$$

$$SL' = 228,5\text{km}$$

Po dosazení do vztahu (21)a (22) jsem dostala:

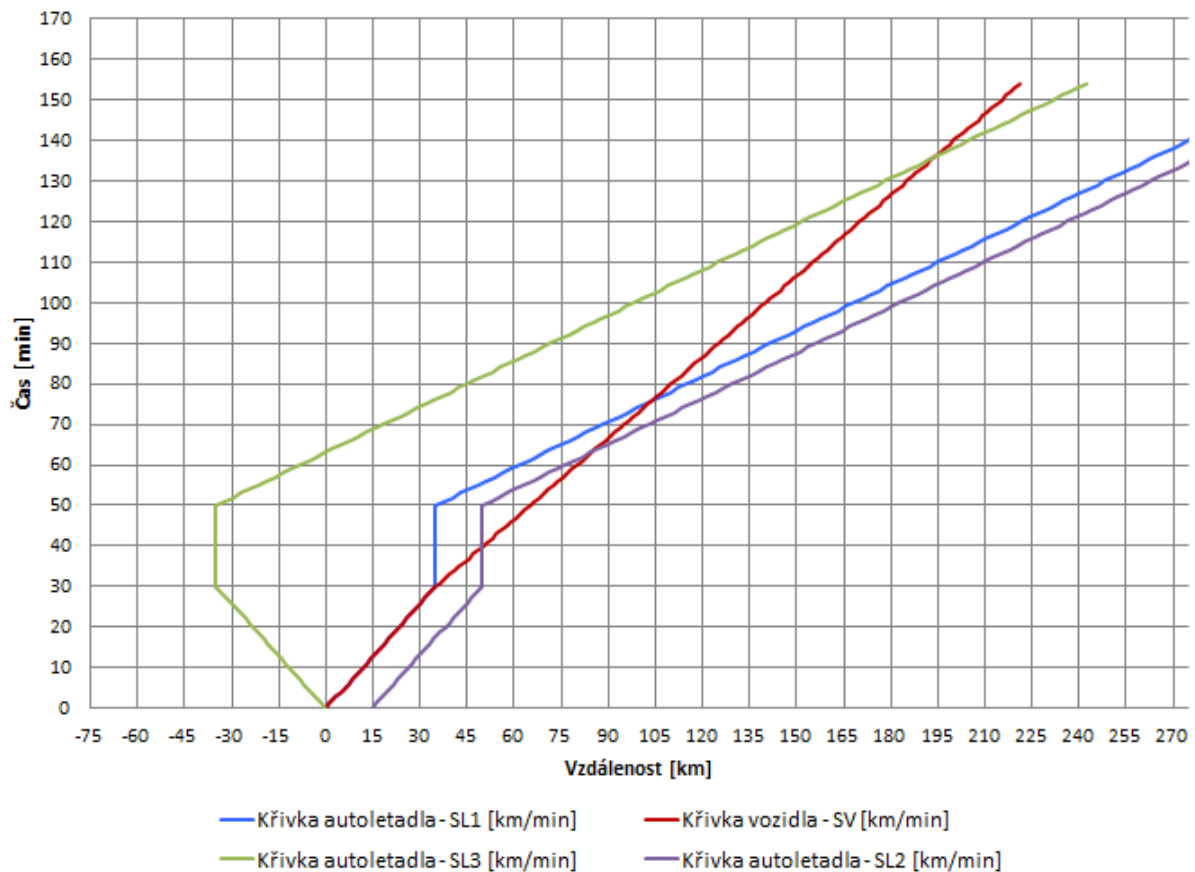
$$S_L = 228,5 + 35 = 263,5\text{km}$$

$$S_V = 263,5 - 2 \cdot 35 = 193,5\text{km}$$

Zjistila jsem, že v tomto případě pokud je vzdálenost mezi centry měst větší než 193,5 km, je rychlejší použití autoletadla. Je to ale krajní (málo pravděpodobný) případ, kdy nejvhodnější letiště je na opačnou stranu od centra než směr letu.

Graf 28 zobrazuje vzdálenost závislou na čase vozidlem a autoletadlem pro vypočítané předchozí případy a, b a c. Červená křivka zobrazuje vzdálenost ujetou vozidlem. Vozidlo i autoletadlo na počátku ($t=0$) vyrazí současně z centra obce proto je jejich průměrná rychlost počítána 70km/hod. Ve 30 minutě (vychází ze statistických hodnot) nastává bod přestavby. (15 minut z centra C1 na letiště K1 a 15 minut z letiště K2 do druhého centra C2). Celková přestavba letounu trvá 20 minut včetně rezervy (vozidlo – letadlo (5min.) letadlo – vozidlo (5min.) včetně rezerv (10min.) Přestavba je znázorněna jen u křivek autoletadla, vozidlo (červená křivka SV) mezitím jede s průměrnou rychlostí 90km/hod. Po přestavbě vyráží letoun cestovní rychlostí 160km/hod.

V případě a (křivka SL1) i případě c (křivka SL3) vyráží autoletadlo i vozidlo ze stejného místa. Zelená křivka SL3 je do 30 minuty v odklonu, protože to je doba kterou jede proti směru cíli cesty (15 minut z centra C1 na letiště K1 a 15 minut z letiště K2 do druhého centra C2). V případě b (křivka SL2) má vozidlo delší trasu o 14,6km neboli autoletadlo je o 14,6 km blíže k cíli, jak je vidět na grafu. Body, kde se křivka autoletadla protíná s křivkou vozidla je bod úspory. Při vzdálenosti za bod úspory bude rychlejší použití autoletadla.



Obrázek 28 – Graf časové úspory

(Zdroj: Vlastní)

Časová úspora je v grafu vidět na svislé ose, jako rozdíl křivek autoletadla a vozidla. Například pokud by trasa vozidla byla o 14,6 km delší (varianta b), bylo by autoletadlo v místě vzdáleném od místa vyjetí 200km o 34 minut dříve. Toto jsou pouze teoretické hodnoty, jejichž parametry jsou jednoznačně určeny (např.: vzdálenosti místa vyjetí od letiště) dle předchozích statistik. Reálné hodnoty se mohou lišit. Často na pozemních komunikacích dochází k dopravním omezením, které trasu vozidla prodlouží především z hlediska času. Proto rozdíl křivek SV a SL2 ukazuje nejreálnější, avšak minimální hodnoty úspory času autoletadla. Posunutím křivky SL2 vpravo, bychom dostali hodnoty úspory s přihlédnutím ke zdržení plynoucího z dopravních omezení. Celkový čas trasy autoletadla bude ještě zkrácen ve fázi parkování především ve velkých městech, kdy použití miniautomobilů zkrátí dobu parkování. V budoucnu, při stávajícím růstu letecké dopravy menších letadel, předpokládám rozšíření sítě menších letišť v okolí měst a obcí. Časová úspora tak bude poté mnohem větší.

4. 3 Ekonomické zhodnocení

Porovnávala jsem cenu za spotřebu pohonných hmot autoletadla se současně nejprodávanějšími vozidly v České republice a to s dieselovým a benzinovým motorem (v tabulce 8). Nejčastěji se na našem trhu objevují vozidla nižší střední třídy (33%) a malá vozidla (23%), zbytek tvoří převážně SUV, MPV a ostatní (např.: miniautomobily). Z kategorie nižší střední třídy jsem zvolila dieselového zástupce Škodu Octavia 1,9 TDI a v benzinu Škodu Octavia 1,6 (75kW). Z kategorie malých vozidel jsem zvolila Škodu Fabia 1,4 TDI (77kW) s dieselovým motorem a Škodu Fabia 1,2 HTP s benzinovým motorem. Pro spotřebu jsem použila oficiální údaje výrobce. Cena nafty je uvažována dle aktuálního ceníku (srpen 2014) 31,3Kč, cena benzínu 29,6Kč. Předpokládáme, že vzdálenost z počátku cesty na letiště autoletadlem je stejná jako vzdálenost vozidlem, neboť oba dopravní prostředky jedou na hranu pomyslné kružnice a to stejnou rychlostí. To stejné předpokládáme i o cíli cesty. Vzdálenost miniautomobilu na letiště je převzata z předchozích statistických údajů - 17,5km se spotřebou vozidla Aixam City Pack. U vozidel je spotřeba na tuto trasu stanovena jako 50% spotřeby ve městě doplněno 50% spotřeby mimo město. Spotřeba na delší trasu je stanovena jako kombinovaná spotřeba tedy 30% spotřeby ve městě doplněno 70% spotřeby mimo město. Časová spotřeba letounu je brána 16 l/hod při cestovní rychlosti 160km/hod.

Tabulka 8 – Porovnání spotřeby

(Zdroj: [19,39,40,41])

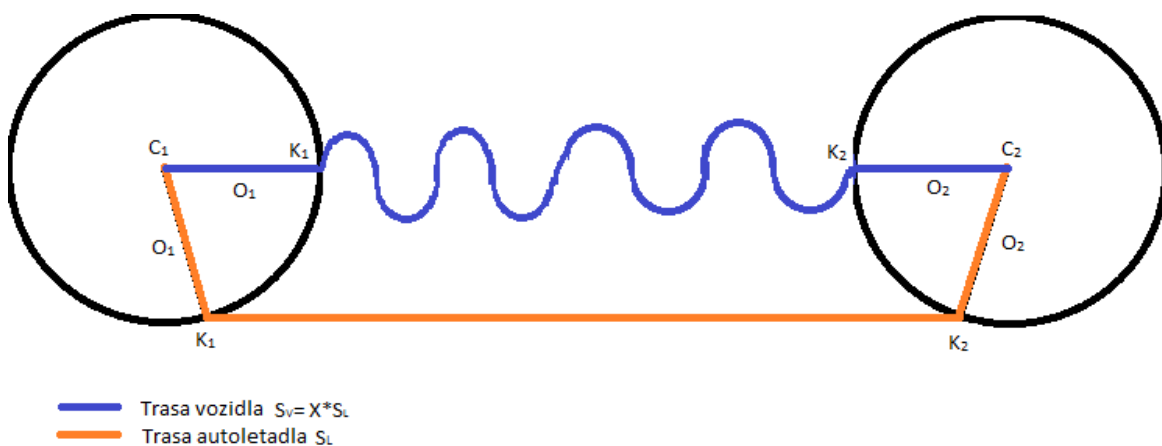
	Spotřeba na letišti (částečně ve městě) [l/100km]	Cena na 35km [Kč]	Spotřeba na trasu mezi letišti [l/100km]	Cena za 1km trasy mezi letišti [Kč/km]	
Autoletadlo	2,96	33	10	2,96	
Škoda Octavia 1,9 TDI	5,5	61	5	1,565	
Škoda Octavia 1,6 MPI	7,95	83	7,17	2,123	
Škoda Fabia 1,4 TDI	4,9	54	4,58	1,434	
Škoda Fabia 1,2 HTP	6,3	66	5,74	1,699	
Rozdíl autoletadla s vozidlem	Škoda Octavia 1,9 TDI	-2,54	-28	5	1,395
	Škoda Octavia 1,6 MPI	-4,99	-50	2,83	0,837
	Škoda Fabia 1,4 TDI	-1,94	-21	5,42	1,526
	Škoda Fabia 1,2 HTP	-3,34	-33	4,26	1,261

Z tabulky 8 vyplývá rozdíl ceny spotřebovaných PHM mezi uvažovanými vozidly a letadla, který je v průměru 4,4 l/100km. Předpokládaná spotřeba letounu činí 10 l/100km a průměrná spotřeba uvažovaných vozidel je 5,6 l/100km. Pokud by se spotřeba PHM autoletadla porovnávala s vozidlem s vyšší spotřebou, vycházelo by autoletadlo o něco výhodněji.

Při výpočtech nejsou uvažovány náklady na údržbu nebo přistávací poplatky. Přistávací poplatky se platí jen na některých letištích a pohybují se kolem 50Kč/ULL nebo 100Kč/t, ovšem na letištích v blízkosti Prahy jsou tyto poplatky vyšší. Například na letišti Praha Letňany je přistávací poplatek 300Kč/ULL a 400Kč/ACFT do 2t. Náklady na vozidlo, při delších trasách jsou navýšeny o poplatky silnic, dálnic, mostů a tunelů.

V praxi se bude lišit délka trasy autoletadla, jehož trasa povede přes letiště, které nemusí být ve směru nejkratší trasy s cílem a trasy vozidla, které se musí přizpůsobit nelinearitě pozemních komunikací. Trasa vozidla tak bude s velkou pravděpodobností o nějakou vzdálenost delší, ovšem jsou i případy, kdy je vzdálenost trasy vozidla kratší.

Následující tabulky (9 a 10) zobrazují ekonomické srovnání spotřeby PHM, pokud se liší vzdálenost trasy autoletadla a automobilu. Označila jsem X jako násobek, o který je ujetá vzdálenost vozidla delší než vzdálenost autoletadla. Předpokládám opět, že vzdálenost z počátku cesty na letiště autoletadlem je stejná jako vzdálenost vozidlem, neboť oba dopravní prostředky jedou na hranu pomyslné kružnice a to stejnou rychlostí (znázorněno na obrázku 29). A to stejné předpokládám i o cíli cesty. K výpočtu jsou použity údaje z tabulky 8. Jako srovnávací vozidlo jsem zvolila Škodu Fabia 1,2 HTP.



Obrázek 29 – Porovnání PHM

(Zdroj: Vlastní)

Cena spotřebovaných PHM vozidla na celkovou trasu je počítána jako:

$$CS_{PHMV} = (X * S_L - O) * s_v + c_v \quad (24)$$

Cena spotřebovaných PHM autoletadla na celkovou trasu je počítána jako:

$$CS_{PHML} = (S_L - O) * s_i + c_i \quad (25)$$

X - Násobek celkové trasy letadla

S_L – Vzdálenost celkové trasy autoletadla [km]

s_v – Spotřeba vozidla [Kč/km]

s_i – Spotřeba autoletadla [Kč/km]

c_v - Cena PHM vozidla na 35km [Kč]

c_i - Cena PHM miniautomobilu na 35km [Kč]

O_1 - vzdálenosti z místa výjezdu na nejbližší letiště

O_2 - vzdálenosti z místa přistání do cíle

O – Součet vzdálenosti z místa výjezdu na nejbližší letiště a vzdálenosti z místa přistání do cíle ($O=O_1 + O_2$)

Tabulka 9 – Ceny spotřeby PHM

Vzdálenost autoletadla (SL) [km]		50	75	100	150	200	250	300
Cena PHM autoletadla [Kč]		77	151	225	373	521	669	817
Cena PHM vozidla v závislosti na násobku X	0,5	49	70	91	134	176	219	261
	0,65	62	89	117	172	227	283	338
	0,8	74	108	142	210	278	346	414
	1	91	134	176	261	346	431	516
	1,05	96	140	185	274	363	453	542
	1,1	100	147	193	287	380	474	567
	1,15	104	153	202	300	397	495	593
	1,2	108	159	210	312	414	516	618
	1,25	113	166	219	325	431	537	644
	1,3	117	172	227	338	448	559	669
	1,4	125	185	244	363	482	601	720
	1,5	134	198	261	389	516	644	771
	1,6	142	210	278	414	550	686	822
1,7	151	223	295	440	584	729	873	

Rozdílnost nákladů ve spotřebě PHM je následně počítána jako rozdíl ceny spotřeby PHM autoletadla a ceny spotřeby PHM vozidla.

$$\Delta N = CS_{PHML} - CS_{PHMV} \quad (26)$$

Tabulka 10 zobrazuje, o kolik jsou náklady na spotřebu PHM autoletadla dražší.

Tabulka 10 – Rozdíl cen PHM

Rozdíl cen PHM [Kč]		Vzdálenost autoletadla [km]						
		50	75	100	150	200	250	300
Rozdíl cen PHM v závislosti na násobku X	0,5	28	81	134	239	345	450	556
	0,65	15	62	108	201	294	386	479
	0,8	3	43	83	163	243	323	403
	1	-14	17	49	112	175	238	301
	1,05	-19	11	40	99	158	216	275
	1,1	-23	4	32	86	141	195	250
	1,15	-27	-2	23	73	124	174	224
	1,2	-31	-8	15	61	107	153	199
	1,25	-36	-15	6	48	90	132	173
	1,3	-40	-21	-2	35	73	110	148
	1,4	-48	-34	-19	10	39	68	97
	1,5	-57	-47	-36	-16	5	25	46
	1,6	-65	-59	-53	-41	-29	-17	-5
	1,7	-74	-72	-70	-67	-63	-60	-56

Při stejně dlouhé trase jsou náklady autoletadla jednoznačně vyšší, což je způsobeno vyšší spotřebou letounu. Při rozličně dlouhé trase ovšem pro každý násobek vzdáleností existuje bod (vzdálenost), od kterého je využití autoletadla dokonce výhodnější. Přesto jsem zjistila, že náklady PHM autoletadla nejsou o mnoho vyšší při delší trase vozidlem. Při vzdálenosti trasy autoletadla 75km je výhodnější jeho použití již pokud je trasa vozidla delší o 10 km. Pro sto kilometrovou trasu autoletadlem musí být trasa vozidla delší o 30km, aby se náklady na PHM vyrovnaly. Do vzdálenosti přibližně 68km se vyplatí použít pouze miniautomobil (bez přestavby na letoun), z důvodů jeho nízké spotřeby i časových důvodů (neboť letoun nestihne dohnat vozidlo, z důvodů zdržení při přestavbě). Tato vzdálenost je relativní, a

závisí na vzdálenosti mezi místem výjezdu a nejbližším letištěm a na vzdálenosti mezi místem přistání a cílem.

Ze statistických údajů vyplývá, že vzdálenosti tras vozidlem jsou nejčastěji mírně delší ($X=1,08$) než autoletadla. Porovnáním ceny za spotřebu PHM (a dosazením vzorců 24 a25) při dané hodnotě X jsem dostala:

$$CS_{PHML} = CS_{PHMV}$$

$$(S_L - O) * s_l + c_l = (X * S_L - O) * s_v + c_v$$

$$S_L * s_l - O * s_l = X * S_L * s_v - O * s_v + c_v - c_l$$

$$S_L * s_l - X * S_L * s_v = O * s_l - O * s_v + c_v - c_l$$

$$SL = \frac{O*s_l - O*s_v + c_v - c_l}{s_l - s_v * X}$$

$$SL = \frac{35*2,96 - 35*1,699 + 66 - 33}{2,96 - 1,699*1,08}$$

$$S_L = 68,559\text{km}$$

$$S_V = X * S_L$$

$$S_V = 1,08 * 68,559$$

$$S_V = 74\text{km}$$

Z toho vyplývá, že ekonomické hodnoty jsou v oblasti přibližně do 69km trasy autoletadla (74km trasy vozidla), kdy náklady PHM autoletadla jsou stejné nebo nižší. Od tohoto bodu se navyšuje cena PHM autoletadla v závislosti na rozdílech spotřeb (5,51l/100km a - 3,34l/100km).

Důležitým srovnávacím faktorem jsou i náklady na servis, havarijní pojištění, či povinné ručení. Pro kombinovaný dopravní prostředek zahrnují tyto náklady zvláště výdaje za vozidlo a letadlo. Výše povinného ručení je stanovena z faktorů vozidla a pojistných osob. Předpokládá se, že ne prototyp tohoto vozu, by povinné ručení mohlo být až o 100% dražší. Pokud by se výroba rozšířila, pojišťovací společnosti by s velkou pravděpodobností přistoupily k zavedení jednotných pojištění pro auto i letadlo, čímž by výše pojistného klesla.

4. 4 Bezpečnost

Dle výroční zprávy ÚZPLN za rok 2014 se v České republice v souvislosti s letadly s MTOW do 2250 kg vzniklo 66 incidentů. Z toho 31 nehod SLZ a 35 registrovaných v leteckém rejstříku. Smrtelných nehod bylo 8, při nichž zemřelo 10 lidí. Kromě těchto nehod se stalo ještě 26 nehod při seskoku padákem, z nichž 1 byla smrtelná. Nejvíce osob zemřelo v souvislosti s ULL (6 osob), jak je vidět z tabulky 11.

Tabulka 11 – Statistika leteckých nehod letadel s MTOW do 2250 kg za rok 2014

(Zdroj: [37])

Kategorie letadla	Nehody celkem	Nehody se smrtelným zraněním	Počet obětí
Letadla zapsaná v leteckém rejstříku	35	2	2
Letouny	15	2	2
Vrtulníky	3	0	0
Kluzáky	15	0	0
Balóny	0	0	0
Bezpilotní letadla	2	0	0
Sportovní létající zařízení	31	6	8
Ultralehké letouny	20	4	6
Ultralehké vrtulníky a vírníky	1	0	0
Ultralehké kluzáky	1	0	0
Padákové kluzáky	7	1	1
Motorové padákové kluzáky	2	1	1
Závěsné kluzáky	0	0	0
Motorové závěsné kluzáky	0	0	0
Celkem letadla do hmotnosti 2 250 kg	66	8	10
Sportovní a tandemové padáky	25	1	1
Celkem všechny nehody na území ČR	91	9	11
Změna (%) 2014 oproti předchozímu roku	+12 %	0 %	+22 %

Mezi nejčastější příčiny leteckých nehod (dle ÚZPLN) patří ztráta řízení za letu v důsledku několika chyb pilota a nedodržení příslušných pravidel.

V posledních letech se mění poměry nehod a smrtelných nehod mezi jednotlivými kategoriemi letadel. V loňském a předloňském roce zemřelo více osob při seskoku padákem a méně v souvislosti s ULL. Průměrný celkový počet obětí za posledních pět let je 10,6.

Dle statistiky dopravních nehod na pozemních komunikacích v roce 2014 se stalo 86 869 nehod a většinový podíl (22%) nese hlavní město Praha. Při těchto nehodách bylo zraněno 26 417 lidí, z nichž 2 762 bylo zraněno těžce a 629 osob zemřelo. Následně, tj. v době od 24 hodin do 30 dnů po nehodě zemřelo ještě dalších 59 osob, tj. 8,58% z celkového počtu osob zemřelých při nehodách nebo na následky utrpených zranění. V osobním automobilu bez přívěsu zemřelo 465 osob (do 30 dnů po nehodě) z celkového počtu nehod 45 325 (a 1830 osob bylo těžce zraněno). [28]

K 31. 12. 2014 je v České republice hlášeno 4 908 462 osobních vozidel. [35] Dle statistické ročenky TSK pro rok 2014 vyplývá, že tato osobní vozidla ujedou za rok 47 784 mil. Vozokm. (9 735 km/rok)

ULL nalétají za rok průměrně 9600 km/rok (při průměrných statisticky zjištěných údajích cestovní rychlosti 150km/hod a 50 hod/rok) a letouny do 2250kg 21600km/rok (při průměrných statisticky zjištěných údajích cestovní rychlosti 180km/hod a 120 hod/rok)

Celkových relevantních leteckých nehod (pokud počítáme letouny a ULL) pro rok 2014 je 35 přičemž 20 připadá na ULL a 15 na letouny. Při těchto nehodách došlo k usmrcení šesti osob v ULL a dvou osob v letounech. K roku 2014 je v České republice evidováno přibližně 3200 ULL a počet evidovaných letadel v leteckém rejstříku, který vede ÚCL je přibližně 1070. Protože počet leteckých nehod velmi kolísá, rozhodla jsem se uvažovat ještě průměrnou hodnotu za posledních pět let. Průměrný počet leteckých nehod za posledních pět let ULL je 14,4 a nehod letounů 10,6. V nichž průměrně 2,8 osob zemřelo v ULL a 3,2 osob v letounech.

Pro ULL: $9\,600 * 3\,200 = 30,72$ mil. vozokm

Pro letouny: $21\,600 * 1070 = 23,112$ mil. vozokm

Tabulka 12 – Srovnání nehodovosti

Typ letadla	Relativní nehodovost		Relativní úmrtnost		Relativní počet těžce zraněných nebo zemřelých osob
	Rok 2014 [nehod/ mil. vozokm]	Průměrně za rok [nehod/ mil. vozokm]	Rok 2014 [úmrť/ mil. vozokm]	Průměrně za rok [úmrť/mil. vozokm]	Rok 2014 [těžce zraněných a zemřelých/ mil. vozokm]
ULL	0,651	0,469	0,195	0,091	-
Letounů do MTOW 2250 kg	0,649	0,459	0,087	0,139	-
Osobních vozidel	0,949	-	0,01	-	0,038

Bezpečnost letecké dopravy se většinou týká hlavně dopravních letounů větší kapacity, které bezpečně přepravují desítky až stovky cestujících na tisíce kilometrů. Tato statistika srovnává pouze ULL a letouny do MTOW 2250 kg. Relativní nehodovost ULL je 0,469 nehod/ mil. vozokm a 0,459 nehod/ mil. vozokm je u lehčích letounů. Průměrně se jedna nehoda týká každého 222. ULL (101. lehčího letounu). Pro rok 2014 se jedna nehoda týká každého 108. osobního vozidla. Relativní nehodovost osobních vozidel je větší a to 0,949 nehod/ mil. vozokm.

Relativní úmrtnost ULL je 0,091 úmrť/ mil. vozokm a lehčích letounů 0,139 úmrť/mil. vozokm, je tedy vyšší než u osobních vozidel (0,01 úmrť/ mil. Vozokm).

Při použití leteckých bezpečnostních systémů se letecká doprava lehkými letouny stane velmi bezpečná, neboť nehodovost není vysoká (není vyšší než u IAD) a předpokládá se zlepšení poměru relativní úmrtnosti mezi zmiňovanými leteckými dopravními prostředky a motorovými vozidly.

V současnosti existuje několik leteckých bezpečnostních systémů, které by moderní dopravní prostředek měl aplikovat. Air car city bude standardně vybaveno již certifikovanými leteckými systémy pro zvýšení bezpečnosti, jako je autopilot, či systém indikující vzdálenost okolních letounů nebo záchranným padákem. Ten se otevře přibližně za 8 sekund, při kterých letadlo ztratí přibližně 152 m během vodorovného letu a až 280 m při aktivaci v neobvyklé poloze nebo vývrtce. I z takto malé výšky se pak pilot zachrání. Při aktivaci táhla na stropě dojde k odpálení rakety, která proletí krytem za zavazadlovým prostorem, a tak vytáhne popruhy se samotným padákem. Aby nedošlo k příliš rychlému nafouknutí padáku a kritickému zatížení, je padák vybaven patentovaným jezdcem, který zpomaluje jeho naplnění vzduchem.

Další bezpečnostní letecké systémy by mohly snížit závislost autoletadla na meteorologických podmínkách například systémy vylučující defekty způsobené námrazou. Při použití těchto systémů je nutné certifikovat autoletadla ve vyšší letecké kategorii pro IFR lety, neboť kategorie VLA je určena pouze pro VFR lety a nepředpokládá se tak let ve špatných meteorologických podmínkách.

5 Marketingový průzkum

[21] V přípravné fázi marketingového průzkumu jsem si vymezila účel výzkumu, což definuje cíle. Ty zahrnují:

- a) Co bude výzkum řešit
- b) Kde budu získávat respondenty
- c) Které specifikace bude výzkum řešit

Definovala jsem informace, které chci získat (například.: Zda by mohl být o projekt zájem mezi piloty, či širší veřejností).

Dalším krokem marketingového průzkumu je analýza situace. Zjistila jsem jaké informace a názory jsou dostupné od interních a externích zdrojů.

Dalším krokem je sestavení plánu výzkumu, což zahrnovalo sestavení harmonogramu, typy údajů, které budu shromažďovat, způsob sběru dat, metody analýzy. Zvolila jsem reprezentativní vzorek respondentů a vytvořila podklady pro vlastní výzkum.

Ve fázi zpracování údajů je třeba prověřit validitu údajů (zda zjišťuji to, co potřebuji zjistit) a reliabilitu údajů (při opakované aplikaci měření se výsledky nemění, pokud se stav pozorovaného objektu nemění). Dále jsem provedla analýzu údajů, z níž vyplynula frekvence jednotlivých odpovědí a závislost mezi nimi. V závěru jsem provedla šetření doporučeného postupu při další marketingové strategii vycházející z výsledků průzkumu.

Informace jsem získala osobním a elektronickým dotazováním pomocí internetového dotazníku. Celkem se zúčastnilo 387 respondentů, přičemž všichni byli starší 15-ti let. Pro získání výpovědí od relevantních respondentů, jsem dotazované zařadila do jednotlivých kategorií, abych zajistila, že struktura vzorku odpovídá z velké části reálné struktuře populace (věk, dosažené vzdělání). Reprezentativnost vyjadřuje spolehlivost zastupování populace vzorkem. Zjišťuje se například testem statických hypotéz.

I v případě, že jsou zjištěná data vzhledem k celé populaci reprezentativní, způsobuje část vzorku jistou míru nejistoty. Procenta odpovědí jsou pro přehlednost zaokrouhleny na půl procento.

Před dotazováním byli respondenti seznámeni s významem pojmu autoletadla. Ve vyhodnocení otázek jsem vždy použila typ grafu (tabulku), na kterém bylo nejlépe viditelné poměrové srovnání.

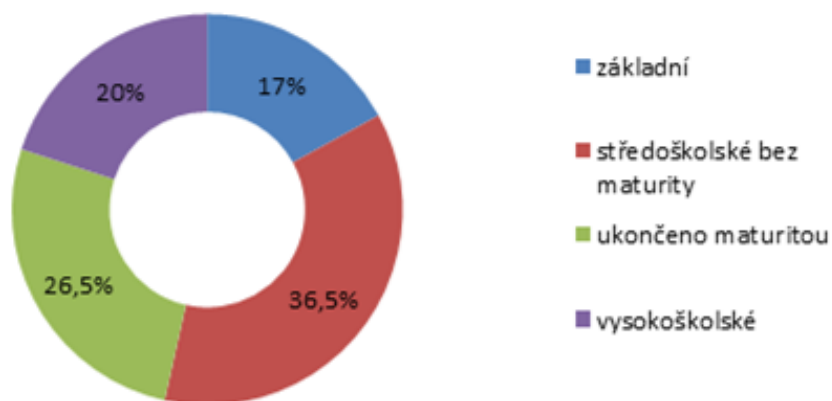
Seznam otázek:

1. Slyšel(a) jste již před vyplněním tohoto dotazníku o autoletadle?
2. Jste pilot nebo máte podobné zkušenosti z oboru letectví?
3. Uvažujete v budoucnu o koupi malého vozidla (dvoumístného do délky 3metrů)?
4. Co na autoletadle nejvíce oceňujete?
5. Ne zvolil(a) byste autoletadlo z důvodů?
6. Myslíte si, že je rozšíření trhu s autoletadly perspektivní?
7. Prosím zaškrtněte vaši věkovou skupinu.
8. Prosím zaškrtněte vaše nejvyšší dosažené vzdělání.

Zpracování údajů

Následující grafy zobrazují rozložení respondentů dle definovaných kritérií. Struktura vzorku odpovídá z velké části reálné struktuře populace z hlediska věku a dosaženého vzdělání.

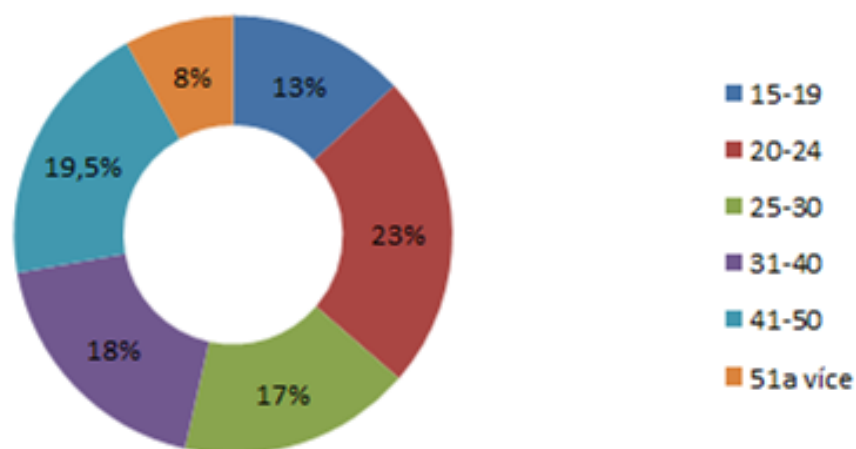
Nejvyšší ukončené vzdělání



Obrázek 30 – Nejvyšší dosažené vzdělání

(Zdroj: Vlastní)

Rozložení věkových kategorií



Obrázek 31 – Rozložení věkových kategorií

(Zdroj: Vlastní)

Slyšel(a) jste již před vyplněním tohoto dotazníku o autoletadle:

Tabulka 13 – Vyhodnocení otázky č.1

Odpovědi / Segmenty	Všichni respondenti	Respondenti byli piloti*	Respondenti nebyli piloti*
ano	41%	78,5%	36,5%
ne	59%	21,5%	63,5%

* nebo měli větší zkušenosti z oboru letectví

Povědomí lidí o již existujících projektech z hlediska celkové populace je 41%. Většina z těchto lidí jsou piloti nebo lidé, kteří mají s leteckým oborem větší zkušenosti. 63,5% osob, kteří nejsou piloti neví, že byl podobný projekt realizován.

Myslíte si, že je rozšíření trhu s autoletadly perspektivní:

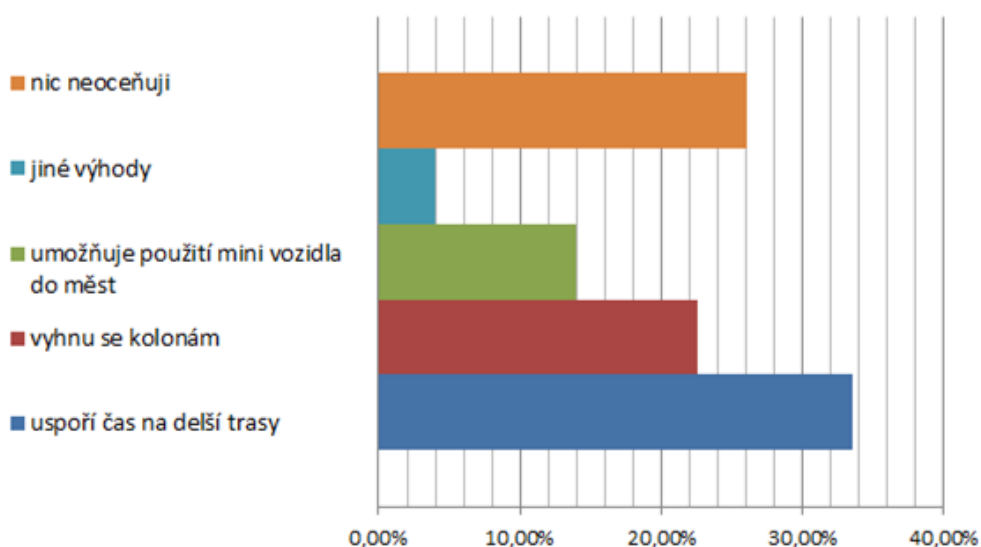
Tabulka 14 – Vyhodnocení otázky č.6

Odpovědi / Segmenty		Všichni respondenti		Respondenti byli piloti*		Respondenti nebyli piloti*	
ano - obecně pro společnost	ne -pro mě	31%	47,5%	21,5%	64,5%	32%	45%
	ano -pro mě	16,5 %		43%		13%	
ne - obecně pro společnost	ne -pro mě	24%	30%	7%	28,5%	26%	30,5%
	ano -pro mě	6%		21,5%		4,5%	
nevím		22,5%		7%		24,5%	

* nebo měli větší zkušenosti z oboru letectví

Opět jsem očekávala rozličné odpovědi u lidí pilotů a ostatních, a tak je procento odpovědí v tabulce rozčleněno. Téměř polovina respondentů (47,5%) považují rozšíření trhu s autoletadly perspektivní pro společnost, z nich většina si myslí, že je perspektivní pro ně osobně. 22,5% dotázaných neví, zda jsou takovéto projekty perspektivní. Mezi piloty je tento poměr jiný. 64,5% pilotů vidí budoucnost v rozšíření trhu s autoletadly a většina z nich si myslí, že i pro ně osobně je to perspektivní.

Co na autoletadle nejvíce oceňujete:

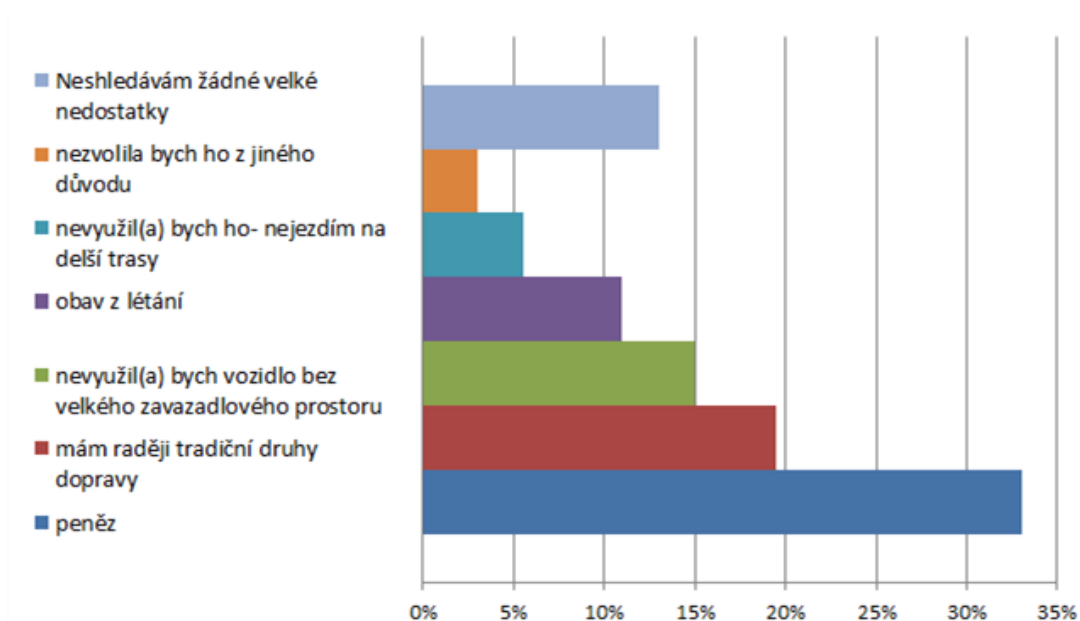


Obrázek 32 – Vyhodnocení otázky č. 4

(Zdroj: vlastní)

Z převažujících názorů, mohu zjistit, z jakého důvodu by si autoletadlo pořídily. Převažuje důvod úspory času (33,5%), dále lidé oceňují možnost vyhnout se kolonám (22,5%), použití minivozidla do měst (14%) nebo jiné výhody. Mezi dalšími výhodami převažuje požitek z létání, ale lidem se líbí i inovativnost a rozvoj nových technologií souvisejících s tímto projektem. 26% respondentů nic neoceňují, což odpovídá i části procentu lidí, kteří o projekt vůbec nemají zájem.

Nezvolil(a) byste autoletadlo z důvodů:

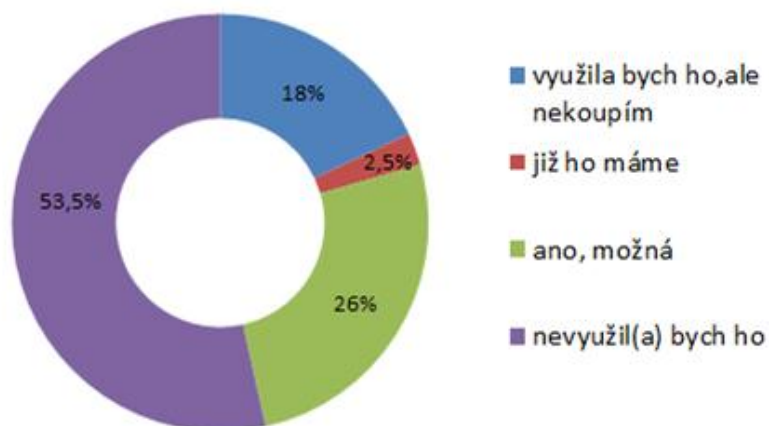


Obrázek 33 – Vyhodnocení otázky č. 5

(Zdroj: vlastní)

Respondenti uvedli jako nejpodstatnější důvod, proč by o autoletadle neuvažovali cenu tohoto prostředku (33%). Kromě ceny by si 19,5% respondentů nevybralo tento prostředek, protože mají raději tradiční druhy dopravy, 15% respondentů by nevyužilo vozidlo bez velkého zavazadlového prostoru, 11% kvůli obavám z létání, 5,5% nejezdí na delší trasy, 3% respondentů uvedlo jiný důvod (například: obava z krádeže, obav z bezpečnosti leteckého provozu). 13% respondentů neshledává žádné velké nedostatky na tomto typu dopravy.

Uvažujete v budoucnu o koupi minivozidla (dvoumístného do délky 3metrů):



Obrázek 34 – Vyhodnocení otázky č. 3

(Zdroj: vlastní)

Celkem pozitivní hodnocení vzbuzuje i malé vozidlo, které je hlavním důvodem pro vytvoření projektu Air car city. Celkem 46,5% respondentů by vozidlo využili. Z toho 2,5% už ho vlastní a 18% respondentů by minivozidlo využili, ale zatím neuvažují o jeho koupi.

6 Závěrečné zhodnocení

Nepopíratelným faktem jsou zhoršující se dopravní kongesce ve městech. V různých částech světa a především v EU je evidovaný neustálý nárůst intenzity dopravy. Vozidla jsou stále cenově dostupnější, avšak kapacita silnic je často nedostačující a to především v městských centrech. Vzhledem ke skutečnosti, že ve městech nevyužívají jedno vozidlo více než 2 osoby, je vhodné využívání miniautomobilů, což Air car city nabízí a zároveň umožňuje snadné parkování, které je komplikovanější při stávajícím růstu IAD.

Silniční komunikace doprovází dopravní omezení související se snížením rychlosti, které přepravu časově prodlouží. Na dálnicích a dálničních nájezdech především v dopravních špičkách se zpoždění stává každodenní realitou. A tak ani stále rostoucí možnosti vyššího výkonu vozidel nejsou využity. Přenesení části přepravních výkonů IAD do vzduchu by odlehčilo silničnímu provozu, neboť vzdušné prostory nabízí rychlejší a klidný přelet. Také není nutné překonávat výškové rozdíly a územní překážky (řeky, železniční tratě, města) a cestovat delší trasou pro jejich překonání a tudíž dojde ke zkrácení jízdní doby na delší vzdálenosti. Časová úspora závisí na několika parametrech, například vzdálenosti mezi místem výjezdu a letištěm, či dopravních omezeních.

Aby bylo zavedení této kombinované dopravy realizované ve větším měřítku, musí být aplikovány určité dopravní systémy, jako jsou například bezpečnostní systémy, přistávací karty nebo systémy skladovacích prostor pro kompletovací letecké části. Při stávajícím růstu letecké dopravy menších letadel, očekávám v budoucnu rozšíření sítě menších letišť v okolí měst a obcí, což kladně ovlivní časovou i kilometrovou úsporu. Bezpečnost autoletadel bude záviset na aplikovaných bezpečnostních systémech a v současnosti nelze bezpečnostní statistiku určit, neboť nejsou dostatečná fakta o těchto typech dopravních prostředcích. Air car city pro zvýšení bezpečnosti bude vybaveno leteckými bezpečnostními systémy, jako je autopilot s indikací výšky a vzdálenosti okolních letounů nebo záchranný padák. S použitím současných existujících bezpečnostních systémů, ale i budoucích technologií dojde ke zvýšení bezpečnosti u letounů a prostředek Air car city tak může být velmi bezpečný.

V této práci jsem autoletadlo porovnávala s nejprodávanějšími dopravními vozidly kategorie M a to z hlediska finančních nákladů, časových úspor, doletu a dojezdu. Ze současných statistických šetření se ukázala trasa vozidla jako delší u většiny tras a to převážně o 14,6km trasy autoletadla (jde o násobky průměrně 1,08 trasy autoletadla). Ovšem evidovala jsem i případy, kdy je vzdálenost vozidla kratší.

Dále jsem porovnávala podíl trasy vozidla a autoletadla v závislosti na spotřebě PHM. Úspora ceny spotřeby PHM při využití autoletadla začíná při delší trase vozidla alespoň o

30% na 100km trasy autoletadla. Dle statistických hodnot vychází nejčastěji trasa vozidlem o 8% delší (což odpovídá násobkům 1,08). Dle výpočtů se dá říci, že průměrně je cena spotřeby PHM autoletadla ekonomičtější v oblasti do 69 km trasy autoletadla (do 74km trasy vozidla), protože náklady na spotřebu PHM při této vzdálenosti jsou stejné nebo nižší než vozidla především díky malé spotřebě minivozů. Od tohoto bodu se navyšuje cena spotřeby PHM autoletadla v závislosti na rozdílech určujících spotřeb.

Marketingovým průzkumem jsem zjistila, že většina lidí považuje autoletadla za perspektivní pro společnost, především pro úsporu času, a 46,5% respondentů odpovídající české populaci by využilo i miniautomobil. Z důvodů pořizovacích nákladů, nákladů na provoz a údržbu, by 33% populace tento kombinovaný dopravní prostředek nevyužili. Další nevýhodou, která by lidem vadila je menší zavazadlový prostor (cca 50l), ovšem tyto konstrukční změny se mohou změnit v dalších generacích autoletadel.

Tento kombinovaný dopravní prostředek je určen pro úzkou část populace. Z dlouhodobého hlediska se tento typ kombinovaného prostředku může stát zábavnou a zároveň praktickou formou dopravy do městských center obyvatelům žijícím mimo městské oblasti, ale i do rekreačních oblastí. Specifika těchto dopravních prostředků jako je rychlost, jsou vhodné pro využití prostředku ke služebním cestám a díky doletu přibližně 600km i do zahraničí. V neposlední řadě doprava těmito prostředky odlehčuje potřebu dálnic, neboť sama tvoří rychlostně a kapacitně relativně neomezenou síť.

Práce prokázala perspektivní využitelnost a realizovatelnost tohoto moderního dopravního prostředku. Z hlediska schvalování je projekt realizovatelný, neboť se v této fázi neukázali protichůdné požadavky pro certifikaci letounu a homologaci vozidla v České republice. Práce prokázala úsporu času i trasy autoletadla oproti klasickým osobním vozidlům. Při předpokládaných změnách dalších parametrů, je pravděpodobné, že úspory času budou mnohem vyšší. Z hlediska některých faktorů nemohu projekt v současnosti jednoznačně posoudit. Je potřeba dalších odborných studií pro zjištění dalších faktů. Zjistila jsem, že je vesměs pozitivní vztah společnosti k přijetí těchto prostředků. Hlavní nevýhodou shledávám závislost autoletadla na meteorologických podmínkách, která se v budoucnu může řešit použitím leteckých systémů, či změnami konstrukce letounu. Projekt také vede k nutnosti rozšíření komponentů automobilového, leteckého a elektrotechnického průmyslu. Z těchto důvodů předpokládám, že realizace tohoto projektu bude možná nejdříve za několik let.

Použité zdroje

- [1] Aeromobil. AeroMobil 3.0. [online]. ©2014 [Cit. 3.8.2015]. Dostupné z WWW: <http://www.aeromobil.com/#s-about>
- [2] Aixam. Automobily. [online]. ©2015 [Cit. 1.10.2015]. Dostupné z WWW: <http://www.aixam.cz/>
- [3] BONSOR, Kevin. Létající vozidla. howstuffworks. [online]. [Cit. 10.5.2015]. Dostupné z WWW: <http://auto.howstuffworks.com/flying-car1.htm&prev=search>
- [4] Carplane. Technical Specifications. [online]. ©2014 [Cit. 3.8.2015]. Dostupné z WWW: <http://carplane.de/specs/>
- [5] ČESKO. Vyhláška Ministerstva dopravy č. 341/2014 Sb. ze dne 19. prosince 2014, o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích. In: Sbírka zákonů České republiky. 2014,134. Dostupné z: <http://portal.gov.cz/app/zakony/zakonInfo.jsp?idBiblio=83221&nr=341~2F2014&rpp=15#local-content>.
- [6] ČESKO. Zákon č. 56/2001Sb. ze dne 10. ledna 2001, o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích a o změně zákona č. 168/1999 Sb., o pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem vozidla a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o pojištění odpovědnosti z provozu vozidla), ve znění zákona č. 307/1999 Sb. In: Sbírka zákonů České republiky. 2001, částka 21. Dostupné z: <https://portal.gov.cz/app/zakony/zakon.jsp?page=0&nr=56~2F2001&rpp=15#seznam>
- [7] ČESKO. Zákon, kterým se mění zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (zákon o silničním provozu), ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 247/2000 Sb., o získávání a zdokonalování odborné způsobilosti k řízení motorových vozidel a o změnách některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů. In: Sbírka zákonů České republiky. 2000, částka 96. Dostupné z: <http://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?cz=230&r=2014>
- [8] ČSN 73 6056. Odstavné a parkovací plochy silničních vozidel. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011. 28s. Třídní znak: 736056
- [9] EVROPSKÁ UNIE. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2007/46/ES ze dne 5. září 2007, kterou se stanoví rámec pro schvalování motorových vozidel a jejich přípojných vozidel, jakož i systémů, konstrukčních částí a samostatných technických celků určených pro tato vozidla. In: Úřední věstník L, č.263/1, 9.10.2007.

- [10] EVROPSKÁ UNIE. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/24/ES ze dne 18. března 2002 o schvalování typu dvoukolových a tříkolových motorových vozidel, kterou se zrušuje směrnice Rady 92/61/EHS. In: Úřední věstník L, č.124, 9.5.2002.
- [11] EVROPSKÁ UNIE. Směrnice Rady 93/14/EHS ze dne 5. dubna 1993 o brzdových systémech dvoukolových a tříkolových motorových vozidel. In: Úřední věstník L, č.121, 15.5.1993.
- [12] EVROPSKÁ UNIE. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 97/24/ES ze dne 17. června 1997 o některých konstrukčních částech a vlastnostech dvoukolových a tříkolových motorových vozidel. In: Úřední věstník L, č.226, 18.8.1997.
- [13] EVROPSKÁ UNIE. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/51/ES ze dne 19. července 2002 o snížení úrovně emisí znečišťujících látek z dvoukolových a tříkolových motorových vozidel a o změně směrnice 97/24/ES. In: Úřední věstník L, č.252, 20.9.2002.
- [14] EVROPSKÁ UNIE. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/62/ES ze dne 13. července 2009 týkající se místa pro montáž zadní registrační tabulky dvoukolových a tříkolových motorových vozidel. In: Úřední věstník L, č.198, 30.7.2009.
- [15] EVROPSKÁ UNIE. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/67/ES ze dne 13. července 2009 o montáži zařízení pro osvětlení a světelnou signalizaci na dvoukolová a tříkolová motorová vozidla. In: Úřední věstník L, č.222, 28.9.2009.
- [16] Google. Mapová data. [online]. ©2015 [Cit. 4.9.2015]. Dostupné z WWW: <https://www.google.cz/maps/@50.0459303,14.4733244,14z>
- [17] CHVÁLA, V., CHVOJKA, P. Pilot LAA ČR. 2014, roč.28, 3/14, s. 8-11. ISSN: 1211-4081.
- [18] JARRETT, Philip. Letadla. Praha: Slovart, s. r. o., 2001. 176s. ISBN 80-7209-268-5.
- [19] JUNGMAN, Aleš. Škoda Fabia 1,2. Auto. [online]. 1. 8. 2005 [Cit. 24.12.2007]. Dostupné z WWW: <http://www.auto.cz/skoda-fabia-1-2-htp-51-kw-tri-valce-v-akci-1686>
- [20] Kolektiv autorů. Učebnice pilota. Cheb: Svět křídel, 2006. 696s. ISBN 80-86808-28-9.
- [21] KOZEL, R. a kolektiv. Moderní marketingový výzkum. Praha: Grada, 2006. 277s. ISBN 80-247-0966-X.

- [22] Letecká amatérská asociace ČR. Předpisy. LAA. [online]. ©2015 [Cit. 4.9.2015]. Dostupné z WWW: <http://www.laacr.cz/Stranky/Predpisy/default.aspx>
- [23] Ligier. Automobily. [online]. 2015 [Cit. 1.10.2015]. Dostupné z WWW: <http://www.ligier.cz/>
- [24] MD ČR. Vývoj dopravy a infrastruktura. Informační systém statistikyareportingu. [online]. 28. 8. 2014 [Cit. 16.6.2015]. Dostupné z WWW: <http://issar.cenia.cz/issar/page.php?id=1587>
- [25] MEIER, M. Liever de lucht in: Kijk, 12.2009, Nr.12, s. 14-23.
- [26] PAL-V. The PAL-V ONE. [online]. ©2015 [Cit. 15.9.2015]. Dostupné z WWW: <http://pal-v.com/>
- [27] Planedriven. Plane Driven. [online]. ©2014 [Cit. 10.8.2015]. Dostupné z WWW: <http://planedriven.com/>
- [28] Policie ČR. Statistika nehod na pozemních komunikacích. [online] 2014 [Cit. 1.10.2015]. Dostupné z WWW: <http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx?q=Y2hudW09Mg%3d%3d>
- [29] RADA EU. Směrnice Rady 93/93/EHS. ze dne 29. října 1993. o hmotnostech a rozměrech dvoukolových a tříkolových motorových vozidel. In: Úřední věstník L, č.311, 14.12.1993.
- [30] ŘEZÁČEK, Michal. Záchraný systém. Aeroweb. [online]. 31.10.2014 [Cit. 19.9.2015]. Dostupné z WWW: <http://www.aeroweb.cz/clanky/4350->
- [31] Smart (automobil). In: Wikipedia: the free encyclopedia. [online]. 8. 9. 2014 [Cit. 26.8.2015]. Dostupné z WWW: https://cs.wikipedia.org/wiki/Smart_%28automobil%29
- [32] TATEK, Martin. Létařící automobily 1.část. Aeroweb. [online] 4.12.2013 [Cit. 12.8.2015]. Dostupné z WWW: <http://www.aeroweb.cz/print.asp?ID=4031>
- [33] TATEK, Martin. Létařící automobily 2.část. Aeroweb. [online] 21.12.2013 [Cit. 12.8.2015]. Dostupné z WWW: <http://www.aeroweb.cz/print.asp?ID=4047>
- [34] Terrafugia. Aircraft. [online]. ©2013 [Cit. 20.9.2015]. Dostupné z WWW: <http://www.terraugia.com/aircraft/transition>
- [35] TSK hl. m. Prahy. Statistická ročenka. [online]. Praha: TSK hl. m. Prahy, ©2014 [Cit. 22.8.2015]. Dostupné z WWW: <http://www.tsk-praha.cz/static/webbooks/Rocenka2014CZ/index.html>

- [36] ÚCL. Certifikační specifikace. [online]. ÚCL, ©2015 [Cit. 18.7.2015]. Dostupné z WWW: <http://www.caa.cz/predpisy/certifikacni-specifikace>
- [37] ÚZPLN. Výroční zpráva [online]. ÚZPLN, ©2015 [Cit. 11.9.2015]. Dostupné z WWW: <http://www.uzpln.cz/pdf/2b5mHFRx.pdf>
- [38] Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad Dobruška, 02 2012. Letecká mapa ICAO. 1:500 000. Praha: MO ČR, 2012.
- [39] VOTRUBA, Tomáš. Škoda Octavia 1,9. Auto. [online]. 4.10.2004 [Cit. 12.9.2015]. Dostupné z WWW: <http://www.auto.cz/skoda-octavia-1-9-tdi-77-kw-luxusni-setrilek-987>
- [40] VOTRUBA, Tomáš. Škoda Fabia 1,4. Auto. [online]. 1.11.2004 [Cit. 12.9.2015]. Dostupné z WWW: <http://www.auto.cz/skoda-fabia-1-4-tdi-levne-rychle-hlucne-video-1004>
- [41] ZEŽULKA, Libor. Škoda Octavia 1,6. Auto. [online]. 1. 8. 2005 [Cit. 12.9.2015]. Dostupné z WWW: <http://www.auto.cz/skoda-octavia-classic-1-6-mpi-1158>

Seznam obrázků

Obrázek 1 – Air car city bokorys

Obrázek 2 – Air car city nárys ve vlečné konfiguraci

Obrázek 3 – půdorys Air car city s vlekem

Obrázek 4 – Air car city s vlekem

Obrázek 5 – Parkovací systém

Obrázek 6 – Dolet a dojezd

Obrázek 7 - Curtiss Aeroplane

Obrázek 8 - Tampier Roadable

Obrázek 9 - Stout Ski Car II

Obrázek 10 - Arrowbile

Obrázek 11 - Airphibian

Obrázek 12 – Aerocar I

Obrázek 13 – Convair Model 118

Obrázek 14 – PL 5C Aeroauto

Obrázek 15 – AVE Mizard

Obrázek 16 - Terrafugia Transition

Obrázek 17 – PD-2

Obrázek 18 – AeroMobil 2.5

Obrázek 19 – Carplane

Obrázek 20 - AC-35

Obrázek 21 – Jesse Dixon létající auto

Obrázek 22 - Wagner FJ-V3 Aerocar

Obrázek 23 – PAL-V

Obrázek 24 – Srovnání tras

Obrázek 25 – Příklad a

Obrázek 26 – Příklad b

Obrázek 27 – Příklad c

Obrázek 28 – Graf časové úspory

Obrázek 29 – Porovnání PHM

Obrázek 30 – Nejvyšší dosažené vzdělání

Obrázek 31 – Rozložení věkových kategorií

Obrázek 32 – Vyhodnocení otázky č. 4

Obrázek 33 – Vyhodnocení otázky č. 5

Obrázek 34 – Vyhodnocení otázky č. 3

Seznam tabulek

Tabulka 1 – Statistika miniautomobilů

Tabulka 2 – Srovnání historických létajících automobilů

Tabulka 3 - Modely současného vývoje

Tabulka 4 - Seznam směrnic EU

Tabulka 5 – Certifikační specifikace

Tabulka 6 – Statistika časové úspory v České republice

Tabulka 7 – Statistika časové úspory mezinárodních letišť

Tabulka 8 – Porovnání spotřeby

Tabulka 9 – Ceny spotřeby PHM

Tabulka 10 – Rozdíl cen PHM

Tabulka 11 – Statistika leteckých nehod letadel s MTOW do 2250 kg za rok 2014

Tabulka 12 – Srovnání nehodovosti

Tabulka 13 – Vyhodnocení otázky č.1

Tabulka 14 – Vyhodnocení otázky č.6