



ANALÝZA VYUŽITIA LIETADIEL ĽAHŠÍCH AKO VZDUCH NA OBCHODNÚ LETECKÚ PREVÁDZKOVÚ ČINNOSŤ A ANALÝZA PRECHODU LIETADIEL ĽAHŠÍCH AKO VZDUCH Z PILOTOVANÝCH NA BEZPILOTNÉ

Marek Sabadoš
Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina

Andrej Novák
Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina

Abstract

This bachelor thesis includes a breakdown of definitions related to the classification of aircraft, primarily into lighter-than-air and heavier-than-air categories. The theoretical section focuses on the history and development of lighter-than-air aircraft. The next section discusses the technological challenges and regulatory requirements for transitioning from manned to unmanned lighter-than-air aircraft. In the final section, the economic efficiency and environmental impact of lighter-than-air aircraft are compared with heavier-than-air aircraft. The Skyship 600 and Cessna 208B Grand Caravan G1000 are specifically compared. Lastly, we assess these aircraft in the context of photogrammetry, forest liming, and environmental monitoring of habitats.

1. Úvod

Letecká doprava je jeden z najrýchlejších sa rozvíjajúcich odvetví dopravy. Vďaka rastúcej spoľahlivosti, zvyšovaniu kvality a rýchlosti, je schopná prepraviť cestujúcich alebo tovar z jedného miesta na druhé. Našla si svoje využitie aj v rôznych odvetviach leteckých prác, ako sú poľnohospodárstvo, priemysel, kartografia, geodézia alebo pri monitorovaní životného prostredia a veľa iných.

V teoretickej práci si povieme o definíciách týkajúcich sa rozdelenia lietadiel, na lietadlá ľahšie ako vzduch a lietadlá ťažšie ako vzduch. Budeme sa zaoberať aj historickým vznikom a vývojom lietadiel ľahších ako vzduch.

V praktickej časti si identifikujeme technologické výzvy a regulačné požiadavky potrebné na bezpečný a efektívny prechod z pilotovaných lietadiel na bezpilotné lietadlá ľahšie ako vzduch. Povieme si tu o materiáloch a konštrukciách, energetickej efektívnosti a výdrži lietadiel ľahších ako vzduch, prispôbení sa bezpilotných lietadiel ľahších ako vzduch legislatívnym a certifikačným požiadavkám, z dôvodu ich integrovania do riadenej leteckej prevádzky.

V poslednej časti práce posúdime ekonomickú efektívnosť a environmentálny vplyv používania lietadiel ľahších ako vzduch v komerčnej doprave, v porovnaní s tradičnými lietadlami. Pozrieme sa na letecké práce a ich kategorizáciu. Následne porovnáme lietadlo ľahšie ako vzduch Skyship 600 s lietadlom ťažším ako vzduch Cessna 208B Grand Caravan G1000. Zameriame sa na ich spoločné vlastnosti, pretože boli vybrané tieto dva typy lietadiel a porovnáme ich z rôznych hľadísk. Nakoniec porovnáme tieto lietadlá v praxi, konkrétne v oblasti fotogrametrie, vápnení lesov a environmentálneho monitorovania biotopov.

2. Metodika a metódy skúmania

2.1. Analýza a vývoj lietadiel ľahších ako vzduch

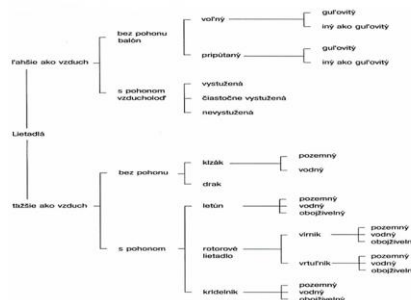
V tejto kapitole si povieme o definíciách základných kategórií lietadiel, kde si spomenieme rozdelenie lietadiel na ľahšie a ťažšie ako vzduch. Rozdelíme si lietadlá ľahšie ako vzduch, podľa možnosti voľného pohybu v atmosfére a prítomnosti posádky na palube.

2.1.1. Definície základných kategórií lietadiel

Lietadlo je zariadenie schopné pohybu v atmosfére pomocou iných reakcií, ako sú reakcie vzduchu so zemským povrchom. Základná definícia môže byť rozšírená o vykonávanie bezpečných vzletov a pristátí pri čiastočnej riaditeľnosti či schopnosti prepravy osôb a nákladu. [1]

Podľa princípu generovania vztlakovej sily delíme lietadlá na:

- **Lietadlá ľahšie ako vzduch**
- **Lietadlá ťažšie ako vzduch**



Obrázok 1: Delenie lietadiel podľa generovania vztlakovej sily, zdroj: [1]

Lietadlá ľahšie ako vzduch sú telesá s menšou hmotnosťou ako je hmotnosť vzduchu nimi vytlačeného. Pohybujú sa v atmosfére prostredníctvom aerostatického vztlaku, ktorý pomáha prekonať tiažovú silu. Archimedov zákon tvrdí, že veľkosť aerostatickej vztlakovej sily sa rovná tiaži rovnakého objemu vzduchu ako je objem lietadla. [1]

Lietadlá ťažšie ako vzduch využívajú aerodynamickú vztlakovú silu, alebo pôsobenia iných síl ako sú u raketového motora reakčné účinky plynov, či pomocou vytvoreného silového poľa, na pohyb lietadiel v atmosfére. [1]

Balón je lietadlo ľahšie ako vzduch bez pohonu, schopné pohybu v atmosfére pomocou Archimedovho zákona, kde sa veľkosť aerostatickej vztlakovej sily rovná tiaži rovnakého objemu vzduchu ako je objem lietadla. Skladá sa z vlastného balóna plneného plynom, ktorý je ľahší ako vzduch alebo horúcim vzduchom, závesných lán a koša. [1]

Vzducholod' je motorové lietadlo ľahšie ako vzduch. Má zvyčajne aerodynamický tvar. Vzducholode sa rozdeľujú podľa konštrukcie na nevystužené, polovystužené a vystužené. [1]

2.1.2. Rozdelenie vzducholodí podľa konštrukcie

Nevystužené vzducholode sú typom vzducholodí, známym aj ako „blimps“, predstavujú technicky najmenej náročný typ vzducholodí. Ich tvar je udržiavaný pomocou vnútorného pretlaku nosného plynu, pričom nemajú pevnú nosnú kostru. Aerodynamické vlastnosti tohto typu vzducholodí ovplyvňuje tlakový rozdiel medzi vnútorným a vonkajším prostredím balóna. [2]

Polovystužené vzducholode predstavujú optimalizáciu nevystužených vzducholodí. Ich tvar je udržiavaný pomocou vnútorného pretlaku nosného plynu a sú vybavené pevnou konštrukciou, najčastejšie vo forme kýlu. Tento typ konštrukcie zvyšuje stabilitu a zlepšuje aerodynamické vlastnosti a zabezpečuje prepravu ťažších nákladov. [2]

Vystužené vzducholode majú pevnú nosnú kostru, väčšinou vyrobenú z hliníkových, alebo duralových zliatin. Tvar vzducholode je udržiavaný bez závislosti od vnútorného tlaku nosného plynu. V porovnaní s nevystuženými a polovystuženými vzducholodami si udržia aerodynamický profil aj pri strate nosného plynu. Výhodou konštrukcie je vysoká nosnosť a stabilita, čo umožní prepravu ťažkých nákladov a letov na veľké vzdialenosti. [2]

2.1.3. Rozdelenie lietadiel ľahších ako vzduch vzhľadom k možnosti voľného pohybu vo vzduchu

Upútané lietadlá ľahšie ako vzduch sú balóny a vzducholode upevnené lanom, alebo káblom k zemi, či k inému objektu. Upevnenie im zamedzí voľný pohyb vo vzduchu, ale umožňuje im stúpanie a klesanie na jednom mieste. [3]

Neupútané lietadlá ľahšie ako vzduch sú balóny a vzducholode, ktoré sa voľne pohybujú v atmosfére. [3]

2.1.4. Rozdelenie lietadiel ľahších ako vzduch vzhľadom k prítomnosti posádky na palube

Pilotované lietadlá ľahšie ako vzduch sú balóny a vzducholode, ktoré majú na palube pilota alebo posádku, ktorá zabezpečí riadenie letu. [4]

Bezpilotné lietadlá ľahšie ako vzduch sú balóny a vzducholode, ktoré nemajú na palube pilota alebo posádku. Sú riadené autonómne na diaľku alebo sa pohybujú pasívne podľa vetra. [4]

2.2. Analýza prechodu lietadiel ľahších ako vzduch z pilotovaných na bezpilotné

V tejto kapitole si povieme o regulačných požiadavkách pri prechode z bezpilotných na pilotované lietadlá ľahšie ako vzduch. Budeme sa opierať o leteckú certifikáciu a legislatívu a na záver si nájdeme spôsoby využitia bezpilotných lietadiel ľahších ako vzduch v praxi.

2.2.1. Letecká certifikácia a legislatíva

Regulácie bezpilotných lietadiel ľahších ako vzduch by mali vychádzať už z existujúcich predpisov, ktoré sa vzťahujú tiež na pilotované lietadlá ľahšie ako vzduch. V Európe sú to pravidlá agentúry EASA (Európska agentúra pre bezpečnosť letectva), v USA zabezpečuje bezpečnosť vzdušného priestoru agentúra FAA (Federálna správa letectva). [5] [6]

Súčasný regulačný rámec sú prevažne orientovaný na pilotované lietadlá ľahšie ako vzduch, zatiaľ čo bezpilotné lietadlá ľahšie ako vzduch sú v legislatívnej „šedej zóne“, znamená to, že neexistujú zreteľné pravidlá pre túto oblasť. Bezpilotné lietadlá ľahšie ako vzduch sú spôsobilé leteckej prevádzky, ale súčasné pravidlá a predpisy neberú do úvahy autonómne riadenie a ich špecifické prevádzkové vlastnosti. [6] [5]

2.2.2. Príklady regulácii

V Európskej únii prevádzka bezpilotných prostriedkov je uvedená podľa Nariadenia EÚ 2019/947. V tomto nariadení sú bezpilotné prostriedky rozdelené do otvorenej, osobitnej a osvedčenej kategórie. [7]

V otvorenej kategórii nie je požadované predchádzajúce povolenie príslušného orgánu, ani prehlásenie prevádzkovateľa bezpilotného leteckého systému pred vykonaním prevádzky, s ohľadom na súvisiace riziká. [7]

V osobitnej kategórii je potrebné prevádzkové povolenie Dopravného úradu, pred vykonaním prevádzky. Toto povolenie potrebuje prevádzkovateľ, ktorý plánuje vykonať let, ktorý nespĺňa niektorú z požiadaviek otvorenej kategórie. [7]

V osvedčenej kategórii je povolená prevádzka bezpilotných systémov, pri ktorých je s ohľadom na súvisiace riziká potrebná certifikácia UAS, podľa článku 40 ods. 1 písm. a), b) a c) delegovaného nariadenia (EÚ) 2019/945 a osvedčenie prevádzkovateľa, a prípadne aj udelenie preukazu spôsobilosti pilotovi na diaľku Dopravným úradom, aby bola zaistená zodpovedajúca úroveň bezpečnosti. [7]

Bezpilotné lietadlá ľahšie ako vzduch by bolo rozumné zaradiť do osvedčenej kategórie, vzhľadom k ich vyššiemu riziku a technickej komplexnosti. Vďaka špecifickým vlastnostiam je potrebné testovanie v náročných podmienkach pred integráciou bezpilotných lietadiel ľahších ako vzduch do vzdušného priestoru. Bezpilotné lietadlá ľahšie ako vzduch, by mohli požadovať vlastnú podkategóriu v osvedčenej kategórii, ktorá by obsahovala požiadavky na technickú certifikáciu, verifikáciu systémov a špecifické bezpečnostné normy. Týmto spôsobom by sa zabezpečila integrácia bezpilotných lietadiel ľahších ako vzduch do leteckej prevádzky. [7]

V Spojených štátoch amerických sú bezpilotné lietadlá definované podľa agentúry Federal Aviation Administration (FAA) v časti 107. V tomto predpise sú definované bezpilotné lietadlá, ktoré sa používajú v leteckej prevádzke do maximálnej vzletovej hmotnosti 25kg. V tejto časti nie sú spomenuté bezpilotné lietadlá s maximálnou vzletovou hmotnosťou nad 25kg, a taktiež v tejto časti nie sú spomenuté špecifické letové charakteristiky lietadiel ľahších ako vzduch. Bezpilotné lietadlá ľahšie ako vzduch s maximálnou vzletovou hmotnosťou nad 25kg, si môžu zažiadať o individuálne výnimky, alebo špeciálne certifikáty (Certificate of Waiver). Bolo by rozumnejšie vytvoriť osobitný regulačný rámec pre bezpilotné lietadlá ľahšie ako vzduch, alebo nájsť alternatívu ich zaradenia do inej kategórie v rámci agentúry FAA. [8] [5]

2.2.3. Spôsoby využitia bezpilotných lietadiel ľahších ako vzduch v leteckej prevádzke

Bezpilotné lietadlá ľahšie ako vzduch sú schopné spoľahlivo monitorovať dianie na zemi bez potreby častého pristávania, dotankovania alebo manuálneho zásahu operátora. Uplatňujú sa vo viacerých leteckých prácach. Jedným z najtypickejších príkladov je monitorovanie a prieskum územia. Bezpilotné lietadlá ľahšie ako vzduch vďaka stabilnému letu a s možnosťou uniesť senzory či kamery, vynikajú svojimi schopnosťami v tejto oblasti, dokážu efektívne zbierať údaje o kvalite ovzdušia, a vedia zachytiť detailné zábery krajiny.

Potenciál môžu naplniť aj v oblasti, kde je nutné dlhodobu sledovať zmeny v ekosystéme, ako napríklad pri vápnení kyslých pôd alebo lesov. Dokážu preletieť nad územím a monitorovať podmienky z výšky, čo je výhodné na miestach, kde by tradičné lietadlá boli rušivé, alebo by boli príliš finančne náročné. V odvetví záchranných a humanitárnych misií dokážu rýchlo zmapovať zasiahnuté oblasti a poskytnúť dôležité a aktuálne informácie o danej situácii. Pomôžu identifikovať poškodenú infraštruktúru a uľahčiť prácu záchranným tímom, ktorí potrebujú konať rýchlo a presne.

2.3. Analýza využitia lietadiel ľahších ako vzduch na obchodnú leteckú prevádzkovú činnosť

V tejto kapitole si povieme o leteckých prácach a ich kategorizácii, spomenieme si ako sa využívajú lietadlá ľahšie ako vzduch v daných leteckých prácach. Neskôr prejdeme na porovnanie lietadiel ľahších ako vzduch s lietadlami ťažšími ako vzduch, konkrétne to bude porovnanie medzi Skyship 600 a Cessna 208B Grand Caravan G1000. Dané lietadlá budú popísané a následne porovnané z rôznych hľadísk. Na záver si porovnáme tieto dve lietadlá v praxi, konkrétne vo

fotogrametrii, pri vápnení lesov a environmentálnom monitorovaní biotopov.

2.3.1. Letecké práce a ich kategorizácia

Letecké práce sú aktivity, pri ktorých sa využívajú lietadlá na rôzne komerčné, priemyselné a vedecké účely. Cieľom leteckých prác je poskytovanie služieb na miestach, kde sú lietadlá najrýchlejšou, alebo jedinou možnou voľbou. Medzi tieto práce patria napríklad: poľnohospodárske práce, práce v oblasti priemyslu, fotografovanie a snímkovanie, geodetické a kartografické práce, pozorovacie a hliadkovacie lety, pátracie a záchranné operácie, reklama a média, a tiež preprava nákladu a osôb. Letecké práce sú definované v Annexe 6 ICAO, ktorý reguluje civilné letectvo a vykonávanie leteckých prác. Vyžadujú si špecifické predpisy a povolanie vzhľadom na ich riziká a technické nároky. [6]

2.3.2. Porovnanie ľahších a ťažších lietadiel ako vzduch v oblasti leteckých prác

Pre porovnanie lietadiel ľahších ako vzduch a ťažších ako vzduch, je potrebné zvoliť vhodné typy lietadiel z oboch kategórií, ktoré umožnia čo najpresnejšie porovnanie prevádzkových, technických a aj ekonomických aspektov. Ako zástupca kategórie lietadiel ľahších ako vzduch bola zvolená vzducholod' Skyship 600. Ako predstaviteľ kategórie lietadiel ťažších ako vzduch bola vybraná Cessna 208B Grand Caravan G1000. V tejto podkapitole budú predstavené vybrané druhy lietadiel, následne si povieme o spoločných parametroch, ktoré odvodňujú ich výber. Nakoniec porovnáme tieto lietadlá z technického, ekonomického, environmentálneho hľadiska a z pohľadu prevádzkových postupov. Cieľom tohto porovnania je posúdiť ekonomickú efektívnosť a environmentálny vplyv, používania lietadiel ľahších ako vzduch v komerčnej leteckej doprave v porovnaní s tradičnými lietadlami.

Tabuľka 1: Spoločné vlastnosti lietadiel Skyship 600 a Cessna 208B Grand Caravan G1000

Parametre porovnanie	Skyship 600	Cessna 208B Grand Caravan G1000
Maximálna kapacita osôb	1 pilot + 12 cestujúci	1 pilot + 14 cestujúci
Užitočné zaťaženie (kg)	~ 1000 - 1200	~ 1400 - 1600
Prevádzka v regionálnej leteckej doprave	Áno	Áno
Súčasný komerčný využitie	Áno	Áno

Ako môžeme vidieť v tabuľke, Skyship 600 a Cessna 208B Grand Caravan sú dva rozdielne typy lietadiel, avšak majú toho veľa spoločného. Oba typy lietadiel sa dajú využiť v podobných oblastiach, majú podobný počet pasažierov na palube a porovnateľné užitočné zaťaženie. Tieto dva typy lietadiel nám poskytnú dobrý základ na porovnanie ich výhod a nevýhod z rôznych pohľadov, či ide o porovnanie z ekonomického,

technického a environmentálneho pohľadu, alebo v rôznych leteckých prácach.

Tabuľka 2: Technické rozdiely lietadiel Skyship 600 a Cessna 208B Grand Caravan G1000

Parameter	Skyship 600	Cessna 208B Grand Caravan G1000
Dĺžka (m)	59	12,7
Rozpätie krídel (m)	----- -----	15,88
Výkon motora (hp)	328	680
Typ paliva	AVGAS	Jet-A1
Plniaci plyn	Hélium	----- -----
Max. vzletová hmotnosť (kg)	5700	3992
Max. letová rýchlosť (km/h)	94	340
Cestovná rýchlosť (km/h)	80	270
Dolet (km)	400	1786
Vytrvalosť letu (hod)	24	6

Ako môžeme vidieť v tabuľke, rozdiely medzi lietadlom ľahším ako vzduch a ťažším ako vzduch sú viditeľné hlavne v rýchlosti, vytrvalosti vo vzduchu a dolete. Skyship 600 je síce pomalšia a má kratší dolet, no jej veľkou výhodou je zotrvanie vo vzduchu až na 24 hodín bez prestávky, to z nej robí ideálny prostriedok pre dlhodobé monitorovacie misie, kde nie je cieľom dosiahnuť cieľ čo najrýchlejšie, ale zotrvať nad ním čo najdlhšie.

Na druhej strane Cessna 208B Grand Caravan G1000 dosahuje vyššiu letovú rýchlosť a dlhší dolet, čo je ideálne na rýchle presuny. Aj keď sú tieto lietadlá technicky odlišné, môžu vykonávať podobné úlohy pri monitorovacích letoch. Každé z uvedených lietadiel má svoje výhody a nevýhody, ktoré závisia od konkrétnych požiadaviek pre danú leteckú prácu.

Tabuľka 3: Porovnanie lietadiel Skyship 600 a Cessna 208B Grand Caravan G1000 z ekonomického hľadiska

Parametre	Skyship 600	Cessna 208B Grand Caravan G1000
Priemerná spotreba paliva (l/h)	47,8	33
Cena paliva za liter (€)	~ 2,20 (AVGAS)	~ 2,20 (Jet-A1)
Cena plniaceho plynu (€)	~ 15 (Hélium)	----- -----

Palivové náklady na 100km (€)	~ 112	~ 33
Servis a údržba (€/hod)	~ 250	~ 125
Náklady na 100km (palivo + servis)	~ 300	~ 88
Špecifický dolet (km/l)	~ 0,47	~ 0,63

V tejto tabuľke môžeme vidieť, že lietadlo ľahšie ako vzduch Skyship 600 nepredstavuje cenovo najvýhodnejšie riešenie, najmä kvôli cene hélia a náročnejšej údržbe. Na druhej strane Cessna 208B Grand Caravan G1000 je ekonomicky výhodnejším typom, jeho údržba je jednoduchšia a oproti Skyship 600 je lietadlo efektívnejšie. Môžeme si to všimnúť na nižších nákladoch na 100 kilometrov a doletovej efektive na 1 kilometer.

Tabuľka 4: Porovnanie lietadiel Skyship 600 a Cessna 208B Grand Caravan G1000 z environmentálneho hľadiska

Parametre	Skyship 600	Cessna 208B Grand Caravan G1000
Emisie hluku (db)	~ 70	~ 85
Emisie CO2 (g/km)	50-80	~ 143
Emisie CO2 na 100km (g)	125-200	300

Z tabuľky vyplýva, že lietadlo ľahšie ako vzduch dosahuje nižšie emisie hluku a CO2, čo je vhodnejšie pre misie v oblastiach s environmentálnymi reguláciami alebo v blízkosti obývaných oblastí. Cessna 208B Grand Caravan G1000 generuje vyššie emisie oxidu uhličitého a vyššie emisie hluku, ale stále spĺňa väčšinu noriem v oblastiach s environmentálnymi reguláciami.

Tabuľka 5: Porovnanie prevádzkových vlastností lietadiel Skyship 600 a Cessna 208B Grand Caravan G1000

Parametre	Skyship 600	Cessna 208B Grand Caravan G1000
Minimálna dĺžka pristávacej dráhy	Krátke plochy	800 m
Prevádzka deň/noc	Obmedzená nočná prevádzka	Vhodné
Vhodné pre VFR/IFR	Obmedzené pre IFR	Áno
Vhodné pre IMC/VMC	Obmedzené pre IMC	Áno
Výdrž na mieste (Hover time)	Až 24 hodín	Nemá schopnosť zotrvať na mieste

Manévrovateľnosť na zemi	Vysoká	Obmedzená
Prevádzka na nespevnených plochách	Vhodná	Vyžaduje viac priestoru
Meteorologické obmedzenia	Citlivé na silný vietor	Odolné proti silnému vetru
Vysoké teploty	Znížený výkon pri vysokých teplotách	Schopné operovať pri vysokých teplotách
Maximálna letová výška (ft)	6561	25 00

Z tabuľky vyplýva, že Skyship 600 má výhodu v schopnosti vznášať sa nad jedným miestom na dlhý čas. Taktiež lietadlo ľahšie ako vzduch zvláda štart z kratších a menej upravených plôch. Na druhej strane Skyship 600 je obmedzená pri nočnej prevádzke a nevhodných meteorologických podmienkach.

3. Výsledky

Po dokončení všetkých porovnaní si môžeme povedať, že lietadlá Skyship 600 a Cessna 208B Grand Caravan G1000 predstavujú dva odlišné, ale prínosné k odvetvi leteckých prác. Každé z uvedených lietadiel je vhodné na iný štýl operácie, iné prostredie a špecifické potreby. V nasledujúcich tabuľkách si zhrnieme výhody a nevýhody oboch lietadiel.

Tabuľka 6: Výhody a nevýhody lietadla Skyship 600

Výhody	Nevýhody
Nízke emisie hluku	Nízka cestovná rýchlosť
Nízke emisie CO ₂	Vysoké náklady na hélium a údržbu
Možnosť zotrvanie na mieste až na 24 hodín	Vysoká citlivosť na meteorologické javy
Výborná manévrovateľnosť na zemi	Obmedzená nočná prevádzka
Prevádzka z krátkych a neupravených plôch	Obmedzená IFR prevádzka
Vhodná na dlhodobé monitorovanie	Nižšia letová výška a menší dolet

Skyship 600 je vhodná na miesta, kde je potrebné zotrvať na jednom mieste na dlhší čas, je schopná vznášať sa nad cieľom a zabezpečiť dostatok priestoru a času na monitorovanie alebo meranie. Taktiež je tichá, neprodukuje takmer žiadne emisie a je vhodnejšia na lety nad národnými parkami, prírodnými rezerváciami, mestami alebo pri sledovaní environmentálnych javov. Nevyžaduje upravené letisko, tomuto typu lietadla stačí trávnatá plocha alebo menšia rovná časť terénu. Má veľkú prevádzkovú flexibilitu. Lietadlo ľahšie ako vzduch je pomalšie, má kratší dolet a je náchylné na zlé meteorologické podmienky, ktoré ju dokážu vyradiť z prevádzky, oproti lietadlu ťažšiemu ako

vzduch. Prevádzka Skyship 600 je drahšia najmä kvôli nákladom na hélium a údržbu.

Tabuľka 7: Výhody a nevýhody lietadla Cessna 208B Grand Caravan G1000

Výhody	Nevýhody
Vysoká cestovná rýchlosť	Vyššie emisie hluku
Dolet a vyššia letová výška	Vyššie emisie CO ₂
Nižšie palivové a servisné náklady	Obmedzená prevádzka mimo upravených plôch
Schopnosť IFR a IMC letov	Nemá schopnosť zotrvať na mieste
Vhodné pre nočné lety	Menšia flexibilita na zemi
Odolnosť voči nepriaznivému počasiu	Nižšia maximálna vzletová hmotnosť

Cessna 208B Grand Caravan G1000 je rozšírený a spoľahlivý typ lietadla ťažšieho ako vzduch, ktorý je vhodný na rôzne letecké práce. Výhodou tohto typu lietadla je, že dokáže lietať rýchlo a aj za menej priaznivého počasia. Toto lietadlo je schopné letu vo dne aj v noci, pri podmienkach IFR aj IMC. Údržba je jednoduchšia a lacnejšia ako pri lietadle ľahšie ako vzduch. Nevýhodou Cessna 208B Grand Caravan je, že nie je schopné zotrvať na mieste, ale ak je to potrebné, musí tento typ lietadla neustále oblietať cieľ, čo je energeticky aj časovo neefektívne. Lietadlo ťažšie ako vzduch dosahuje vyššie emisie hluku a taktiež produkuje vyššie emisie oxidu uhličitého, čo sa môže zohľadniť pri letoch v chránených oblastiach alebo v urbánnych oblastiach.

3.1.1. Porovnanie rôznych typov lietadiel pre jednotlivé druhy leteckých prác

Po porovnaní technických a ekonomických parametrov, environmentálneho hľadiska a výhod a nevýhod oboch lietadiel, sa presunieme k pohľadu na ich využitie v oblasti leteckých prác. V tejto časti práce sa pozrieme na to, ako sú lietadlá Skyship 600 a Cessna 208B Grand Caravan G1000 vhodné na konkrétne typy leteckých prác, ktoré sme vymedzili v predošlých kapitolách.

Každý typ leteckej práce si vyžaduje iné vlastnosti. V určitých oblastiach je prioritou zotrvanie na dlhší čas vo vzduchu a stabilná manipulácia s vybavením, v iných prípadoch rozhoduje rýchlosť alebo kapacita lietadla. V nasledujúcej tabuľke si uvedieme vhodnejšie lietadlo a dôvod jeho výberu pre jednotlivé letecké práce.

Tabuľka 8: Porovnanie rôznych typov lietadiel pre jednotlivé druhy leteckých prác.

Typ leteckej práce	Vhodnejšie lietadlo	Dôvod výberu
Poľnohospodárstvo	Cessna 208B Grand Caravan G1000	Maximálna cestovná rýchlosť

		Dostatočná kapacita a výkon na efektívne rozprašovanie
Priemysel	Skyship 600	Vysoká stabilita Vytrvalosť letu
Fotografovanie a snímkovanie	Skyship 600	Nízka cestovná rýchlosť Vysoká stabilita letu Vytrvalosť letu
Pozorovacie a hliadkové lety	Skyship 600	Vytrvalosť letu Vysoká stabilita letu Nižšie emisie hluku
Geodetické a kartografické práce	Cessna 208B Grand Caravan G1000	Maximálna cestovná rýchlosť
Pátracie a záchranné operácie	Cessna 208B Grand Caravan G1000	Rýchlejší presun medzi miestami Maximálna cestovná rýchlosť
Reklama a médiá	Skyship 600	Nízka cestovná rýchlosť Vysoká stabilita letu Vytrvalosť letu Priestor na umiestnenie reklám
Osobná doprava	Cessna 208B Grand Caravan G1000	Efektívnejší presun medzi miestami
Nákladná doprava	Cessna 208B Grand Caravan G1000	Efektívnejší presun medzi miestami

Ako môžeme vidieť v tabuľke, lietadlá Skyship 600 a Cessna 208B Grand Caravan sú schopné prevádzky v každej oblasti leteckých prác, avšak ich rozdiely sa ukážu až pri pohľade na konkrétnu činnosť. Skyship 600 sa používa v odvetví leteckých prác, ktoré si vyžadujú zotrvanie na dlhší čas vo vzduchu, väčšiu stabilitu, nízke emisie hluku a taktiež produkuje menšie množstvo oxidu uhličitého. Je teda vhodnejšie pre kategóriu reklama a médiá, pozorovanie a hliadkovanie, fotografovanie a snímkovanie a pre priemysel.

Na druhej strane Cessna 208B Grand Caravan G1000 je efektívnejšia na miesta, kde je potrebné rýchlo reagovať, prepraviť ľudí alebo náklad z miesta na miesto, alebo pokryť väčšiu oblasť za kratší čas. Z environmentálneho hľadiska je tento typ lietadla dosahuje vyššie emisie hluku a taktiež produkuje viac emisií CO₂.

3.2. Využitie lietadiel vo vybraných leteckých prácach v praxi

V tejto podkapitole si porovnáme lietadlá Skyship 600 a Cessna 208B Grand Caravan G1000 v praxi, konkrétne v oblasti fotogrametrie, vápnení lesov a environmentálnom monitorovaní biotopov. Tieto typy práce majú svoje vlastné špecifiká, majú iné nároky na techniku a aj prevádzkové podmienky. Cieľom tejto časti je identifikovať, ktoré lietadlo je vhodnejšou voľbou a v ktorých situáciách.

3.2.1. Fotogrametria

Fotogrametria je metóda na vytvorenie trojrozmerných (3D) modelov pomocou dvojrozmerných (2D) fotiek. Táto metóda zaznamenáva údaje z leteckých snímok, ktoré pomáhajú pri vytváraní detailných modelov obrázkov, čo je obzvlášť užitočné v oblasti geodézie alebo pri rôznych ekologických aplikáciách. [9]

Skyship 600 ponúka v oblasti fotogrametrie stabilitu a vytrvalosť na dlhší čas aj na jednom mieste. Dosahuje nižšie rýchlosti a je schopná prevádzky aj pri nízkych výškach, čo je ideálne pre podrobné mapovanie menších oblastí a tvorenie kvalitných leteckých snímok. Na druhej strane Cessna 208B Grand Caravan G1000 je rýchlejšia, zmapuje väčšiu plochu za kratší čas.

3.2.2. Vápnenie lesov

Vápnenie lesov je spôsob, ako napraviť kyslú pôdu v lesoch, ktorá vzniká pomocou znečistenia ovzdušia oxidom síry a dusíka. Pri vápnení sa do pôdy pridávajú vápenaté látky, ktoré znižujú kyslosť pôdy a zlepšujú životné podmienky pre rastliny a mikroorganizmy. V oblasti letectva sa materiály dostávajú do pôdy pomocou rozptylu z výšky so špeciálne upravenej konštrukcie lietadiel. [10]

Lietadlo ľahšie ako vzduch je stabilnejšie a pomalšie, čo umožní presné a rovnomerné rozptýlenie špeciálneho materiálu na lesné plochy. Skyship 600 má nižšiu prevádzkovú rýchlosť, teda je vhodnejšia na prácu pri menších plochách. Lietadlo ťažšie ako vzduch dosahuje vyššiu prevádzkovú rýchlosť čo umožní pokrytie lesných pôd špeciálnym materiálom za kratší čas.

3.2.3. Environmentálne monitorovanie biotopov

Environmentálne monitorovanie je pravidelný zber informácií o prírodných prvkoch, ako sú vzduch, voda alebo pôda. Následne tieto informácie pomáhajú vyhodnotiť stav životného prostredia na danom mieste a nasmerovanie ochranné opatrenia na jeho ochranu. V tejto oblasti lietadlá sú vybavené rôznymi senzormi a kamerami, ktoré slúžia na monitorovanie rôznych aspektov, čo umožňuje pokrytie väčšej oblasti za kratší čas, alebo pokrytie ťažko prístupných oblastí. [11]

Lietadlo ľahšie ako vzduch umožní monitorovanie biotopov, vďaka svojej vytrvalosti, na dlhší čas. Tiež je schopné zotrvať na jednom mieste dlhšiu dobu, čo umožní presnejšie výsledky sledovania na danom území. Skyship 600 je tichá, takže umožní monitorovanie bez rušenia okolitého prostredia. Lietadlo ťažšie ako vzduch má výhodu v tejto oblasti hlavne v rýchlosti, čo umožní environmentálne monitorovanie rozsiahlych oblastí za krátky čas.

3.2.4. Výhody a nevýhody lietadiel oblasti fotogrametrie, vápnení lesov a environmentálneho monitorovania biotopov.

V nasledujúcich tabuľkách si uvedieme výhody a nevýhody lietadiel ľahších ako vzduch a ťažších ako vzduch v oblasti fotogrametrie, vápnení lesov a environmentálneho monitorovania biotopov.

Tabuľka 9: Výhody lietadiel Skyship 600 a Cessna 208B Grand Caravan G1000 v daných oblastiach

Oblasť	Skyship 600	Cessna 208B Grand Caravan G1000
Fotogrametria	<ul style="list-style-type: none"> Stabilný let v nízkej výške Umiestnenie senzorov 	<ul style="list-style-type: none"> Rýchle pokrytie oblasti Snímkovanie z väčšej výšky
Vápnenie lesov	<ul style="list-style-type: none"> Presné a rovné rozprášenie Stabilita 	<ul style="list-style-type: none"> Rýchle pokrytie oblasti Vyššia nosnosť
Environmentálne monitorovanie biotopov	<ul style="list-style-type: none"> Nízke emisie hluku Vytrvalosť letu 	<ul style="list-style-type: none"> Pokrytie väčšej plochy Rýchle nasadenie

Tabuľka 10: Nevýhody lietadiel Skyship 600 a Cessna 208B Grand Caravan v daných oblastiach

Oblasť	Skyship 600	Cessna 208B Grand Caravan G1000
Fotogrametria	<ul style="list-style-type: none"> Pokrytie menšej plochy 	<ul style="list-style-type: none"> Menej priestoru na zabudovanie senzorov
Vápnenie lesov	<ul style="list-style-type: none"> Nižšia nosnosť Riziko turbulencií Členité prostredie 	<ul style="list-style-type: none"> Nepresné rozprášenie
Environmentálne monitorovanie biotopov	<ul style="list-style-type: none"> Dlhší čas prípravy na let 	<ul style="list-style-type: none"> Vyššie emisie hluku

	<ul style="list-style-type: none"> Nepriaznivé meteorologické podmienky 	<ul style="list-style-type: none"> Vyššie emisie CO₂
--	--	--

Ako môžeme vidieť v tabuľkách, porovnanie lietadiel v oblastiach fotogrametrie, vápnenie lesov a environmentálneho monitorovania biotopov zisťujeme, že každé lietadlo má svoje silné aj slabé stránky. Skyship 600 ponúka stabilnejšie, dlhšie a tichšie lety. Pre chránené oblasti, mestá alebo prírodné rezervácie je Skyship 600 ideálna. Cessna 208B Grand Caravan G1000 ponúka väčšiu nosnosť, rýchlejšie nasadenie a väčšiu rýchlosť pre pokrytie veľkých oblastí.

Aj keď každé z týchto lietadiel má svoje výhody a nevýhody, ich spolupráca by bola ideálna pre optimalizáciu viacerých leteckých prác. Skyship 600 by poskytovala stabilnú platformu pre zber dôležitých informácií v rôznych oblastiach na dlhší čas, zatiaľ čo Cessna 208B Grand Caravan G1000 a jej schopnosť efektívneho nasadenia a väčšia rýchlosť by pomohla v oblastiach, kde je potreba pokrytie väčších území za krátky čas. Spoločné využitie týchto dvoch lietadiel a ich spoločne získané informácie, by boli prínosom na poskytnutie presnejších a komplexnejších výsledkov v každej oblasti leteckých prác.

4. Záver

Lietadlá ľahšie ako vzduch prešli určitým vývojom, aj keď sa na niekoľko rokov dostali do pozadia, pretože pre ľudí sa éra lietadiel ľahších ako vzduch skončila nehodou D-LZ-129 Hindenburg. Avšak vďaka rastúcej spoľahlivosti, zvyšovaniu kvality a rýchlosti sú schopné prepraviť cestujúcich z jedného miesta na druhé. Týmto si lietadlá ľahšie ako vzduch našli využitie v leteckej prevádzke a v rôznych odvetviach leteckých prác, a ľudia si ich znova začali všímať.

Lietadlá ľahšie ako vzduch si prešli vývojom vo viacerých oblastiach, sú bezpečnejšie a kvalitnejšie skonštruované ako v minulosti. Tento pokrok si môžeme všimnúť hlavne v rýchlosti, nosnosti a v type materiálov použitých na konštrukciu.

Prostredníctvom praktickej časti sme sa presvedčili, že technologické výzvy a regulačné požiadavky potrebné na bezpečný a efektívny prechod, z pilotovaných lietadiel na bezpilotné lietadlá ľahšie ako vzduch, nie je vôbec jednoduchý. Majú obrovský potenciál v oblastiach letectva, či ide o rôzne letecké práce, alebo ich začlenenie do leteckej prevádzky. Ponúkajú viacero výhod, ale ich začlenenie do leteckej prevádzky nie je jednoduché. Legislatíva nie je dostatočne rozvinutá. Mnoho pravidiel sa týka pilotovaných lietadiel, ktoré sú rozdielne od bezpilotných lietadiel. Nové technológie nie sú ešte zohľadnené, čo spôsobuje právnu neistotu a ich začleňovanie nie je až tak efektívne.

V poslednej kapitole práce sme posúdili ekonomickú efektívnosť a environmentálny vplyv používania lietadiel ľahších ako vzduch, v komerčnej doprave v porovnaní s tradičnými lietadlami. Pozreli sme sa na letecké práce a ich kategorizáciu, ale aj porovnali lietadlo ľahšie ako vzduch Skyship 600 s lietadlom ťažším ako vzduch Cessna 208B Grand Caravan G1000. Zamerali sme sa na ich spoločné vlastnosti a porovnali ich z rôznych hľadísk.

Nakoniec sme porovnali tieto dva typy lietadiel v oblasti fotogrametrie, vápnení lesov a environmentálneho

monitorovania biotopov. Pri porovnaní týchto lietadiel v tejto oblasti sme zistili, že každé lietadlo má svoje silné aj slabé stránky. Avšak ich spolupráca by bola ideálna pre optimalizovanie leteckých prác. Ich spoločné využitie by bolo prínosné na poskytnutie presnejších a komplexnejších výsledkov v každej oblasti leteckých prác.

Pod'akovanie

Článok je publikovaný ako jeden z výstupov projektu Ministerstva školstva, výskumu, vývoja a mládeže Slovenskej republiky KEGA 54ŽU-4/2025 "Možnosti využitia umelej inteligencie v študijnom programe letecká doprava pri výučbe pilotov a technikov údržby. (SmartSkyEdu)"

Referencie

- [1] P. doc. Ing. Filip Škultéty, Lietadlá 1 Teória a Konštrukcia, 2022.
- [2] J. E. V. Walter James Boyne, „Britannica,“ 14 Apríl 2025. [Online]. Available: <https://www.britannica.com/technology/airplane/Types-of-aircraft> .
- [3] U. Staff, „Manned Systems and Solutions, LLC,“ [Online]. Available: <https://www.unmannedsas.com/post/understanding-the-difference-between-tethered-and-untethered-drones>.
- [4] G. Year, „Good Year,“ [Online]. Available: https://www.goodyear.eu/sk_sk/consumer/why-goodyear/blimp.html.
- [5] „Code of Federal Regulation,“ 28 Jún 2016. [Online]. Available: <https://www.ecfr.gov/current/title-14/chapter-I/subchapter-F/part-107>.
- [6] ICAO, Júl 2018. [Online]. Available: [https://www.icao.int/safety/CAPSCA/PublishingImages/Pages/ICAO-SARPs-\(Annexes-and-PANS\)/Annex%206.pdf](https://www.icao.int/safety/CAPSCA/PublishingImages/Pages/ICAO-SARPs-(Annexes-and-PANS)/Annex%206.pdf) .
- [7] „Vykonávacie nariadenie komisie (EÚ) 2019/947,“ 24 Máj 2019. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0947&from=ET>.
- [8] CMS, How to obtain a CLIA Certificate, 2019.
- [9] OCEAN EXPLORATION, „OCEAN EXPLORATION,“ [Online]. Available: <https://oceanexplorer.noaa.gov/technology/photogrammetry/photogrammetry.html>.
- [10] L. K. G. O. M. D. P. Z. U. T. Oliver van Straaten, „European Geosciences Union,“ 12 Január 2023. [Online]. Available: <https://soil.copernicus.org/articles/9/39/2023/>.
- [11] NINA, „NINA,“ [Online]. Available: <https://www.nina.no/english/Fields-of-research/Environmental-monitoring>.