

# **STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST**

**Obor č. 9: Strojírenství, hutnictví a doprava**

## **Elektrická letadla**

**Jan Pražský**

**Praha**

**Praha 2022**

# STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 9: Strojírenství, hutnictví a doprava

## Elektrická letadla

### Partial trolleybuses and their use

**Autoři:** Jan Pražský

**Škola:** Vyšší odborná škola a Střední průmyslová škola dopravní,  
Praha 1, Masná 18

**Kraj:** Praha

**Konzultant:** Mgr. Kulíšková Jarmila

Praha 2022

# Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci SOČ vypracoval samostatně a použil jsem pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu bibliografických záznamů.

Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze soutěžní práce SOČ jsou shodné.

Nemám závažný důvod proti zpřístupnění této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

V Praze dne ....15.3.2022

Jan Pražský.....

## **Anotace:**

Práce pojednává o využití elektrického pohonu v letecké dopravě a přepravě. Zkoumá fyzikální schopnosti konstrukce a její bezpečnost.

Odpovídá na problémy uvedení elektrických letadel do komerčního provozu.

Rozebírá a upozorňuje na konstrukční požadavky, které jsou potřeba vzít v potaz pro úspěšný ekonomický provoz.

## **Klíčová slova**

Elektrický pohon, konstrukce, požadavky

## **Annotation**

The work deals with the use of electric propulsion in air transport and transportation. It examines the physical capabilities of the structure and its safety.

It answers the problems of putting electric aircraft into commercial operation.

Discusses and draws attention to design requirements that need to be taken into account for successful economic operation.

## **Keywords**

Electric drive, construction, requirements

# Obsah

1	Úvod.....	1
2	Stručná charakteristika.....	2
3	Obsah projektu.....	3
3.1	Konstrukční požadavky elektrického letadla.....	3
3.1.1	Výkon.....	3
3.1.2	Hmotnost a kapacita.....	3
3.1.3	Rychlost.....	4
3.2	Problémy pro realizaci.....	4
3.2.1	Infrastruktura letišť.....	4
3.2.2	Nabíjení.....	5
3.2.3	Ekonomické problémy.....	5
4	Pipistrel Alfa Electro.....	6
5	SportStar EPOS+.....	6
	Závěr.....	7
	Zdroje.....	8
	Seznam příloh.....	9
	Přílohy.....	10

# 1 ÚVOD

Od minulé dekády se zvedl zájem jak o komerční, tak i osobní, elektricky poháněná letadla. Emise oxidu uhličitého, ochrana životního prostředí a komfortní cestování jsou momentálně těmi nejhlavnějšími faktory inovace letecké dopravy.

Malé firmy z celého světa se snaží navrhnout letadlo schopné letu po delší dobu, které nespotřebuje ani kapku paliva.

*Co brání rozletu elektrických letadel?*

*Jaké technické parametry jsou důležité pro konstrukci?*

*A co inovace přinese a jak změní svět letecké dopravy a přepravy?*

Na tyto otázky se snažím najít odpověď.

## 2 STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA

Letadlo je dopravní prostředek, který je schopen letu vzduchem. Dle konstrukce je můžeme rozdělit do dvou kategorií. Letadla lehčí jak vzduch, například vzducholod' či horkovzdušný balón. A letadla těžší než vzduch, to jsou například větroně, sportovní letadla a v neposlední řadě dopravní a vojenská letadla. Důležitou součástí letadla, která je pro tento projekt klíčová, jsou motory. Ty mohou být proudové nebo turbovrtulové.

Elektrická energie je definována jako souhrn projevů elektromagnetického pole a následné polarizace látek. Elektrickou energii získáváme přeměnou energie na jinou. Tou nejčastější je přeměna mechanické energie, solární energie, větrné energie či tepelné energie na elektřinu.

Elektrické letadlo je v současnosti letadlo těžší než vzduch, poháněné lithiovými bateriemi nebo smíšením chemických látek, jako je kombinace vodíku a kyslíku.

## 3 OBSAH PROJEKTU

### 3.1 Konstrukční požadavky elektrického letadla

Jako každé letadlo i elektrické letadlo musí splňovat mnoho požadavků pro získání certifikace. Nás ale více budou zajímat požadavky ohledně hmotnosti, rychlosti, kapacity a výkonu.

Tyto všechny čtyři veličiny jsou navzájem propojené. K tomu, abychom mohli mít kapacitu letadla, musí mít vyšší hmotnost.

Čím vyšší hmotnost, tím je potřeba mít větší výkon, který tu váhu unese ve vzduchu. A výkon nám ovlivňuje rychlost.

#### 3.1.1 Výkon

Výkon té nejlepší lithiové baterie je 250 Hp/kg.

Tento výkon je katastroficky nedostačující a řekneme si proč.

Malé sportovní letadlo typu Cessna 172 (**viz obrázek 1**) potřebuje alespoň 800 Hp/kg. To by nebylo až tak drastické. Ale potřebný výkon pro dopravní letadlo o velikosti Airbus A320 nebo Boeing 737 (**viz obrázek 2**) je 12 000 Hp/kg.

K tomu, abychom udrželi malou Cessnu 172 ve vzduchu, bychom potřebovali alespoň tři tyto baterie. Jenže čím více jich tam dáme, tím větší máme hmotnost a tím více baterií budeme potřebovat. Tedy toto je slepá ulice, prozatím.

V roce 2019 dosahuje výkon lithiových baterií pouze 2 % výkonu spalovacího motoru.

#### 3.1.2 Hmotnost a kapacita

Jak již bylo poodhaleno, hmotnost hraje klíčovou roli v letecké dopravě.

**Letadla rozdělujeme do čtyř kategorií:**

- ultralight,
- light,
- medium
- heavy (případně super heavy).

Dopravní letadla využívaná pro komerční provoz jsou kategorie medium a vyšší. Jak jsme si již řekli, výkon lithiových baterií není dostatečný, abychom jsme je mohli bezpečně použít.



U všech kategorií letadel platí, že čím těžší je naložíme, tím se prodlouží délka rozjezdu, spotřeba paliva/elektrické energie, maximální možná cestovní výška (ovlivňuje spotřebu). Každé letadlo má tzv. letovou schránku, slouží k správnému vyvážení letadla a určování hmotnosti. Schránka je definitivní, nesmíme ji překročit ani upravovat. Pokud ji překročíme, hrozí pád letadla končící smrtí.

V praxi to znamená, že pokud letadlo má MTOW (maximální vzletová hmotnost), nesmíme letadlo naložit tak, abychom ji překračovali. Řekněme, že MTOW je 1t. Prázdné letadlo nám váží 757kg (váha Cessny 172), dáme dovnitř 2 lidi s váhou 80kg, to jsme na hmotnosti 923kg. Zbývá nám 77kg. Cessna 172 má kapacitu nádrží 162l, což je 162kg. To už nám do MTOW nevychází. Proto nemůžeme naplnit nádrže až do jejich kapacit, ale musíme načerpat pouze tolik, aby nám letadlo dokázalo vzletět. Konstrukční limity letadla nás velmi omezují v tom, co do letadla dát můžeme a co ne. Proto jsou lithiové baterie prozatím mimo hru pro komerční dopravu.

### **3.1.3 Rychlost**

Máme výkon a máme hmotnost. Čím větší hmotnost, tím méně výkonu. Tím méně rychlosti. Průměrná rychlost dopravních letadel dosahuje 750km/h a malých sportovních letadel 226km/h. U elektrického letadla Pipistrel Alfa Electro tato cestovní rychlost je 160 km/h.

Je tedy o 62 km/h pomalejší než Cessna 172. Letecké společnosti hrají o čas. Pokud najdou letadlo, které je levnější a rychlejší, okamžitě ho berou.

## **3.2 Problémy pro realizaci**

### **3.2.1 Infrastruktura letišť**

Podle mého názoru vidím hlavní problém infrastrukturu letišť, která nejsou absolutně připravena na to přijímat elektrická letadla. Stejně jako se k elektrickým autům musela vytvořit síť nabíječek, to samé bude platit u letišť.

Mezinárodní letiště jako je letiště Václava Havla, Heathrow, Changi, Paris Charles de Gaulle. Tato letiště by musela investovat miliardy do výstavby nabíjecích systémů. Představuji si, že každá stojánka by měla vlastní nabíjecí kabel s konektorem, který by byl schovaný v zemi. Letiště Heathrow má podobný systém pro tankování letadel. Celý tento systém by musel být napojen do centrální místnosti s generátorem, kde by byl přístup elektřiny.

Pravdou je, že se letiště umí rychle přizpůsobit. Viděli jsme to s příchodem Airbusu A380, velkého kapacitního letadla, které najednou nemělo stojánky. Pokud tedy letiště uvidí, že komerční elektrická letadla jsou na cestě, budou ochotna investovat. Problém nastane u malých regionálních/aeroklubových letišť, tato letiště peníze na vybudování infrastruktury mít nebudou. Omezí se tím tedy počet letišť pro přistání za stavu nouze.

### **3.2.2 Nabíjení**

Průměrná otočka letadla na letišti na komerční lince po Evropě je 45 minut. Do těchto 45 minut je zahrnuto: výměna cestujících, vykládka a nakládka nákladu, úklid letadla, catering, dotankování. Bude tedy možné dobíjet elektrická letadla v takto rychlém čase?

V letectví platí jedno pravidlo. Letadlo, které je na zemi, nevydělává. Aerolinky nebudou kupovat letadla, u kterých bude dlouhá doba pobytu na zemi.

#### **Vidím dvě možnosti, jak tento problém vyřešit.**

Ten **první** je zcela jasný. Zkonstruovat elektrické letadlo tak, aby jeho 100% kapacita baterie byla dobita do 45 minut.

**Druhá** možnost. Elektrická letadla by měla kapacitu baterie tak velkou, aby vydržela celodenní cyklus provozu komerčního letadla. To znamená dobití letadla během 5h a těchto 5h bude muset vydržet na zbylých 19h. Poslední problém ohledně nabíjení, související s infrastrukturou letišť, je konektor. Bylo by potřeba, aby všichni potencionální výrobci využívali jeden a ten samý konektor.

### **3.2.3 Ekonomické problémy**

Elektrické auto je dražší jak benzinové. Bylo by to stejně i u letadel? Těžko říct. Jedna věc je jasná, vyhraje to, co bude levnější. Pokud chcete mít úspěch v leteckém světě, nabídněte stejné nebo lepší služby za levnější cenu.

Co tento problém může částečně vymazat, bude cena provozu. Jeden litr kerosinu stojí průměrně 40 Kč. Takže toto je hranice, pod kterou se cena nabíjení musí dostat.

## **4 PIPISTREL ALFA ELECTRO**

Jedná se o projekt z Nového Zélandu od firmy ElectricAir. Malé dvoumístné elektrické letadlo, které poslední dobou získává čím dál tím více pozornosti. Podle webových stránek ElectricAir je Pipistrel Alfa Electro o 90 % efektivnější než kerosinová letadla v jeho kategorii.

Hluk letu je ztišen o 70 %. Jeho cestovní rychlost je 160 km/h. Je poháněné pomocí dvou baterií, které jsou nabity za 60 minut. Ve vzduchu na jedno nabití může být až 90 minut. Momentální maximální životnost baterií je 2 000 letových hodin.

## **5 SPORTSTAR EPOS+**

Je český projekt kunovické firmy Evektor. Dvoumístné ultralehké letadlo. Jeho cestovní rychlost je o 10 km/h vyšší než u Pipistrel Alfa Electro, tedy 170 km/h. Ovšem jeho maximální doba pobytu ve vzduchu je 60 minut. Třílistou vrtuli pohání motor RE BB 90-5 společnosti Rotax Electric.

Tento motor je napájen dvěma dvojicemi kontejnerů baterií, každý kontejner obsahuje 45 lithiových polymerových článků. Podle webových stránek firmy by letadlo nemělo produkovat žádné emise oxidu uhličitého.

## ZÁVĚR

V závěru bych chtěl říct, že elektrická letadla získají určitou popularitu mezi soukromými piloty malých letadel, protože se cena za letovou hodinu razantně snížila. Ovšem budoucnost v komerční dopravě je ještě daleko.

Dokud výrobci nedokážou vynalézt baterie tak výkonné, aby se snížil jejich počet, budou mít elektrická letadla do komerční dopravy dveře zavřené.

Letecká doprava v poslední dekádě bojuje s emisemi oxidu uhličitého.

Elektrická letadla dokážou tento počet snížit, ale ne kompletně eliminovat, v případě komerční dopravy by se emise přesunuly na jiné místo.

Co vidím jako velké plus je tichost elektrických letadel, tím tedy i vyřešené problémy s hlukem v okolí letišť.

**Například:** vybudování paralelní dráhy 06R/24L na ruzyňském letišti by prošlo s menší námahou a rychleji. Pro cestující na palubě by byl zajištěn větší komfort v podobě tichého letu.

## ZDROJE

- *Ceny paliva* [online]. [cit. 2022-02-08]. Dostupné z: EGLL - London Heathrow Airport | Aviation Fuel Prices AV-FUEL.COM
- *České elektrické letadlo* [online]. [cit. 2022-02-08]. Dostupné z: SportStar EPOS+ | Evekto
- *ElectricAir* [online]. [cit. 2022-02-08]. Dostupné z: ElectricAir - All Electric Aircraft
- *Obecná charakteristika* [online]. [cit. 2022-02-08]. Dostupné z: Electric aircraft - Wikipedia
- *Pipistrel ALPHA ELECTRO* [online]. [cit. 2022-02-08]. Dostupné z: <https://www.pipistrel-usa.com/wp-content/uploads/2018/03/Pipistrel-Alpha-ELECTRO-Information-Pack.pdf>
- *Úvodní informace* [online]. [cit. 2022-02-08]. Dostupné z: The TESLA of Aviation? Flying an ELECTRIC PLANE! - YouTube
- *Úvodní informace* [online]. [cit. 2022-02-08]. Dostupné z: Why We Still Don't Have Electric Planes - YouTube
- *Váha a kapacita* [online]. [cit. 2022-02-08]. Dostupné z: Cessna 172 – Wikipedie (wikipedia.org)

### Zdroje obrázků

#### Obr. č. 1:

- Cessna 172-OK-EKR [online]. [cit. 2022-02-08]. Dostupné z: ok-ekr – Vyhledávání Google

#### Obr. č. 2:

- Boeing 737 [online]. [cit. 2022-02-08]. Dostupné z: boeing 737 – Vyhledávání Google

#### Obr. č. 3:

- Novozelánské elektrické letadlo [online]. [cit. 2022-02-08]. Dostupné z: pipistrel alpha electro – Vyhledávání Google

#### Obr. č. 4:

- České elektrické letadlo [online]. [cit. 2022-02-08]. Dostupné z: <https://www.aeroweb.cz/letadla/ultralighty/sportstar-epos>

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Cessna 172 (OK-EKR) .....	11
Příloha 2: Boeing 737 .....	11
Příloha 3: Pipistrel Alpha Electro .....	12
Příloha 4: SportStar EPOS+ .....	12

# **PŘÍLOHY**



Príloha 1: Cessna 172 (OK-EKR)



Príloha 2: Boeing 737





Příloha 3: Pipistrel Alpha Electro



Příloha 4: SportStar EPOS+