

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ



Bc. Kevin Kulík

ANALÝZA METOD SNIŽOVÁNÍ SPOTŘEBY
PALIVA V LETECKÉ SPOLEČNOSTI

Diplomová práce

2019



K621**Ústav letecké dopravy**

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Kevin Kulík

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

N 3710 – PL – Provoz a řízení letecké dopravy

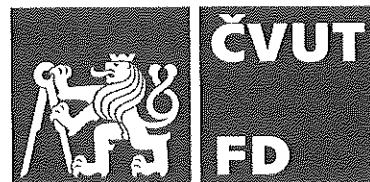
Název tématu (česky): **Analýza metod snižování spotřeby paliva v letecké společnosti**

Název tématu (anglicky): **Airline Fuel Saving Methods Analysis**

Zásady pro vypracování

Při zpracování diplomové práce se řiďte následujícími pokyny:

- Legislativní požadavky palivové politiky
- Analýza optimalizačních metod jednotlivých fází plánování a provedení letu
- Analýza dat letecké společnosti
- Identifikace neoptimálních postupů
- Vyhodnocení palivové politiky leteckého dopravce
- Návrh na úpravu postupů v jednotlivých fázích



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: Nařízení Komise (EU) č. 965/2012
Oxford Flight Planning, Weight & Balance
Jeppesen Flight planning, Weight & Balance
EUROCONTROL RAD document

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Miloš Strouhal, Ph.D.

Ing. Ota Hajzler

Datum zadání diplomové práce:

27. července 2018

(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

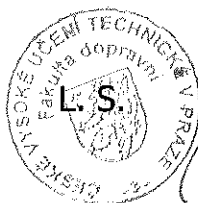
Datum odevzdání diplomové práce:

2. prosince 2019

- a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

doc. Ing. Jakub Kraus, Ph.D.

vedoucí
Ústavu letecké dopravy



doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.

děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.

Bc. Kevin Kulík
jméno a podpis studenta

V Praze dne.....18. června 2019

Poděkování

Tímto bych chtěl vyjádřit poděkování všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této práce. Největší dík patří oběma vedoucím projektu, panu doktorovi Strouhalovi a inženýru Hajzlerovi, za odborné vedení, věcné konzultace a cenné poznatky, které mi po dobu studia poskytovali. Dále bych rád poděkoval všem, kteří mne ve studiu podporovali, zejména pak mé rodině.

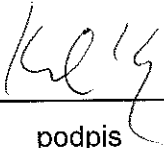
Prohlášení

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

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

Nemám závažný důvod proti užití 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 2. prosince 2019



podpis

Název: Analýza metod snižování spotřeby paliva v letecké společnosti

Autor: Kevin Kulík

Obor: N 3710 – PL – Provoz a řízení letecké dopravy

Druh práce: diplomová práce

Vedoucí práce: Ing. Miloš Strouhal, Ph.D.
Ing. Ota Hajzler

Abstrakt: Předmětem diplomové práce „Analýza metod snižování spotřeby paliva v letecké společnosti“ je představení úsporných provozních opatření aplikovatelných na předem definovanou leteckou společnost, následné vyčíslení potenciálních úspor plynoucích z ustanovení těchto opatření na základě analýzy letových dat a návrh souboru procesů pro dosažení skutečných úspor.

Klíčová slova: letadlo, spotřeba paliva, náklady, úspory, palivo, letecký provoz, letecká společnost

Title: Airline Fuel Saving Methods Analysis

Author: Kevin Kulík

Department: N 3710 – PL – Air Traffic Control and Management

Thesis type: Master thesis

Supervisor: Ing. Miloš Strouhal, Ph.D.
Ing. Ota Hajzler

Abstract: The subject of the Master thesis „Airline Fuel Saving Methods Analysis“ is to introduce economical operational measures applicable to a predefined airline, to quantify potential savings resulting from the implementation of these measures based on actual flight data analysis and to design a set of processes to achieve real financial savings.

Keywords: aircraft, fuel consumption, costs, savings, fuel management, airline, air traffic

Obsah

Obsah.....	5
1. Seznam použitých zkratek.....	6
2. Úvod	7
3. Legislativa související s palivovou problematikou	10
4. Modelová letecká společnost	12
5. Metody optimalizace spotřeby paliva.....	14
5.1. Pozemní provoz	14
5.1.1. Volba trati	14
5.1.2. Cost of Weight	16
5.1.3. Extra Fuel	17
5.2. Fáze letu	19
5.2.1. Reduced Acceleration Altitude	19
5.2.2. Continuous Descent Approach.....	21
5.2.3. Reduced Landing Flaps	22
5.2.4. Idle Reverse Thrust.....	26
5.2.5. Engine Out Taxi In	29
6. Vytváření palivového programu	32
6.1. Motivace.....	32
6.2. Palivové náklady a efektivita	33
6.3. Sběr a analýza dat	35
6.3.1. Software	37
6.3.2. Key Performance Indicators.....	38
6.4. Fuel Team.....	40
6.5. Vliv pilotů.....	42
6.6. Identifikace prostoru pro zlepšení.....	45
6.6.1. Vyhodnocení.....	68
6.7. Návrh řešení pro modelovou společnost	69
7. Závěr.....	78
8. Zdroje	80
9. Seznam obrázků.....	84
10. Seznam tabulek.....	85

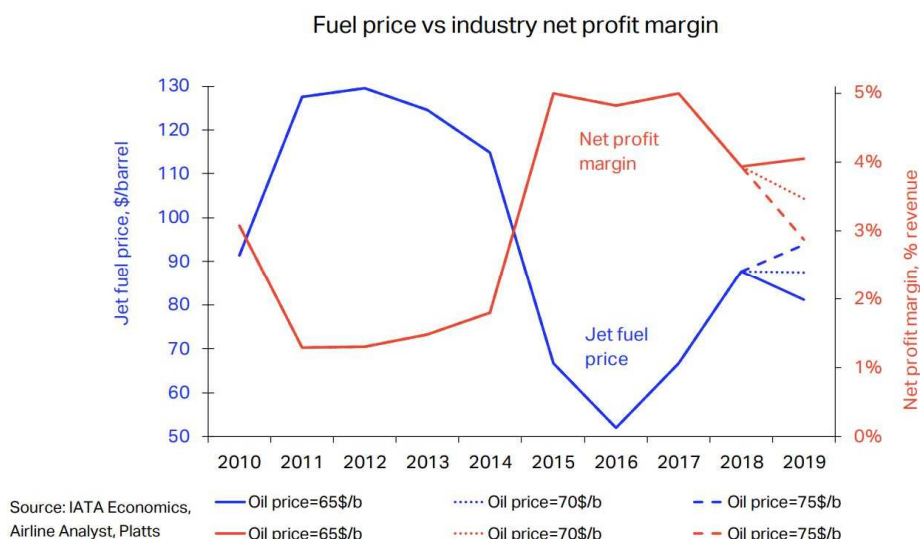
1. Seznam použitých zkratk

ACARS	Aircraft Communications Addressing and Reporting System
ACCEL ALT	Acceleration Altitude
AIP	Aeronautical Information Publication
AOC	Airline Operations Center
APU	Auxiliary Power Unit
ATC	Air Traffic Control
ATS	Air Traffic Service
CASK	Cost per Available Seat Kilometer
CDA	Continuous Descent Approach
EFB	Electronic Flight Bag
EOTI	Engine Out Taxi In
ETS	Emission Trading System
FMS	Flight Management System
IATA	International Air Transport Association
ICAO	International Civil Aviation Organization
KPI	Key Performance Indicator
NADP	Noise Abatement Departure Procedure
NOTAM	Notice to Airmen
RAA	Reduced Acceleration Altitude
RWY	Runway
SID	Standard Instrument Departure
STAR	Standard Terminal Arrival Route
THR RED ALT	Thrust Reduction Altitude
TWY	Taxiway
WQAR	Wireless Quick Access Recorder

2. Úvod

V citlivém a vysoce konkurenčním odvětví jakým je letectví, jsou náklady letecké společnosti klíčovým aspektem pro její provoz. Tlak na optimalizaci nákladů v nedávné době ještě dále vzrostl s příchodem nízkonákladových aerolinií na trh. V současné době, v rámci stlačení nákladů na minimum a udržení tak nízké ceny letenky, nejen že zpoplatňují mnohé letecké společnosti mimo samotné letenky veškeré služby pro cestující, ale snaží se ušetřit třeba i na údržbě, respektive jejím prováděním v co možná nejdelších legislativně přípustných intervalech, nebo na palivu, jehož množství je striktně kontrolováno. [1]

Právě náklady na palivo tvořily v loňském roce průměrně 21 procent ceny letu, jen o procento méně než náklady na personál. [2] Před pěti lety, kdy cena ropy byla mnohem vyšší než dnes, tvořily dokonce celou třetinu nákladů na provedení letu. Tento podíl je obecně ještě vyšší v asijských zemích, kde cena lidské práce není tak vysoká jako v Evropě nebo Severní Americe. [3] Vysoká cenová volatilita ropy navíc představuje pro leteckou společnost riziko a může značně ovlivnit její finanční zdraví. A protože pohon letadel nefosilními palivy je vzdálen desítky let, [4] optimalizace palivového managementu je v zájmu každé aerolinky a je jedním ze způsobů, jak snížit celkové letové náklady. Graf organizace IATA pod textem níže názorně ukazuje, jak průběh ceny kerosinu v čase přímo ovlivňuje hospodaření aerolinek.



Obrázek 1: Vztah ceny paliva a výše zisku aerolinek [zdroj: IATA]

Optimalizace množství paliva potřebného pro daný let lze dosáhnout různými metodami v předletové fázi i přímo za letu. Sběrem relevantních letových dat a jejich následnou analýzou a evaluací lze dosáhnout dalšího snižování spotřeby paliva nadcházejících letů. V předletové fázi lze docílit úspory při plánování letu užitím konceptu 4D trajektorií, který bere v úvahu při konstrukci leteckých tratí celou řadu proměnných, jako je počasí, vítr nebo restrikce vzdušných prostorů. Na základě těchto dat pak algoritmus vyhledá optimální trajektorii letadla, letovou výšku a rychlost v každém momentě letu tak, aby náklady závislé na spotřebě paliva a zpoždění letu byly co nejnižší.

Ve fázi letu lze úspor dosáhnout ještě na zemi. Pojízďení ze stojánky na vzlet a z přistání zpět na stojánku s pouze jedním nastartovaným motorem ušetří zejména společností, které se svými letadly provozují několik cyklů za den na rozlehlých letištích s velkým provozem. Nastavením menších klapek pro vzlet, vyššího úhlu a rychlosti stoupání se spotřeba paliva také prokazatelně sníží. [5] Některé aerolinky využívají možnost přistání s použitím zpětného chodu motoru na volnoběh. Motor tak pracuje na nižší výkon a spotřebuje méně paliva, naopak se může zvýšit brzdové opotřebení. Před implementací podobných opatření do ostrého provozu s cestujícími musí však letecká společnost nejprve zajistit, aby nijak neohrozila bezpečnost a plynulost provozu.

Moderním in-flight nástrojem je takzvaný Continuous Descent Approach. Tento způsob přiblížení je charakteristický využitím trajektorie s lineárně klesající výškou letu od počátku klesání až téměř k prahu přistávací dráhy. Oproti konvenčnímu step-by-step přiblížení je CDA plynulejší a nechává motory během klesání ve volnoběhu, což snižuje nejen spotřebu, ale také hlukovou zátěž v oblasti.

Optimalizace letadlové spotřeby lze dosáhnout ale i mechanicky – instalací zařízení pro snížení indukovaného odporu na křídle. I když letadla A320 i 737 nové generace taková zařízení již mají, přicházejí výrobci letadel s novějšími modely tzv. wingletů, slibujícími vyšší efektivitu spalování paliva. Pro 737-800 již existuje vylepšená verze, která ušetří 2,2 procenta paliva při letové vzdálenosti 3 tisíce námořních mil. [6]

Tato diplomová práce si klade za cíl analyzovat vybrané metody optimalizace letové spotřeby během všech fází letu a posoudit jejich efektivitu a ekonomičnost pro účely specifického segmentu leteckých společností, konkrétně společností provozujících pravidelné a charterové lety s úzkotrupými letadly Boeing 737 nebo Airbus A320

na středních až středně dlouhých tratích. Ověření a vyhodnocení efektivity stěžejních nástrojů bude provedeno s daty naměřenými na reálně provedených letech evropské aerolinky.

Výstupem práce je metodika určená modelové letecké společnosti, která obsahuje soubor doporučených opatření, jejichž implementace v každodenním provozu společnosti povede k optimalizaci *fuel managementu* a celkovému snížení nákladů na palivo. Součástí výstupu je analýza letových dat souvisejících s palivovou problematikou a výhody a nevýhody posuzovaných metod snižujících spotřebu, společně s jejich průměrnými úsporami, ale i provozními omezeními. Nezbytnou součástí je zejména návrh implementace projektu do reálného provozu a související náležitosti.

Navržená metodika, jež je výstupem práce, má za cíl stát se relevantní pomůckou ve snaze optimalizovat palivové náklady v letecké společnosti. Její přínos je zejména v poskytnutí uceleného souboru rozličných metod a opatření, které dohromady s navrženým implementačním procesem nabízí vhodné řešení *fuel managementu* v modelové aerolince.

3. Legislativa související s palivovou problematikou

Při práci řešící optimalizaci spotřeby leteckého paliva, jehož načerpané množství na palubě letadla přímo ovlivňuje jeho dolet, je nutné jednat v souladu se stanovenými legislativní mantinely pro zachování bezpečnosti. Základní dokument stanovující technické požadavky a správní postupy týkající se letového provozu představuje nařízení komise (EU) č. 965/2012. Mimo jiných podrobných pravidel upravujících letový provoz se dokument věnuje také palivové problematice. Odstavec *Zásady určování množství paliva* explicitně stanovuje, aby předletový výpočet množství paliva potřebného pro let zahrnoval následující složky:

1. palivo pro pojiždění

2. traťové palivo

3. záložní palivo, které se skládá z

- a. paliva pro nepředvídané okolnosti
- b. náhradního paliva (je-li požadováno)
- c. konečné zálohy paliva
- d. dodatečného paliva (vyžaduje-li druh provozu)

4. mimořádné palivo, na vyžádání velitele letadla [7]

Tato diplomová práce si bere za cíl optimalizovat z těchto složek množství paliva pro pojiždění, množství traťového paliva a mimořádné palivo, které se na palubu přičerpává na vyžádání velitele letadla. Dále se proto autor bude věnovat pouze zmíněným palivovým složkám (v seznamu výše zvýrazněným).

Palivo pro pojiždění odpovídá dle ICAO Annexu 6 množství paliva, jehož spotřeba se očekává před vzletem s přihlédnutím k místním podmínkám na letišti odletu a příletu a ke spotřebě paliva pomocné energetické jednotky (APU). Místními podmínkami se uvažuje NOTAM, meteorologické podmínky, místní procedury ATS a očekávaná zpoždění. [8] Snížení průměrného množství paliva pro pojiždění bude primárně cílem implementace metody *Engine Out Taxi In* (EOTI) dále v diplomové práci.

Traťové palivo odpovídá dle ICAO Annexu 6 množství paliva, které umožní letounu let od vzletu až do přistání na letišti určení při zohlednění provozních podmínek (palivová spotřeba letadla, provozní hmotnosti, meteorologické podmínky, očekávaná

zpoždění). [8] Snaha o snížení traťové složky paliva bude prováděna s pomocí vícero optimalizačních metod. *Reduced Acceleration Altitude* může snížit spotřebované množství paliva během stoupání po vzletu. Efektivnější volba trati a snaha o získání *directů* mezi *waypointy* během letu má naopak potenciál snížit palivovou zátěž při letu v letové hladině. *Continuous Descent Approach* pro změnu může ušetřit množství paliva při klesání do cílové destinace.

Mimořádné palivo odpovídá množství paliva, které, dle svého uvážení přičerpá navíc na palubu velitel letadla na své vyžádání. Neboť požadované množství mimořádného paliva není v modelové letecké společnosti pro účely práce omezeno jinak než výkonností letadla a nutností vysvětlit vyšší požadované množství paliva než 500 kilogramů, dospěl autor k názoru, že velitelé letadel mohou mnohdy požádat o taková množství mimořádného paliva, která by mohla výrazně negativně ovlivnit ekonomiku letu, i když by pro ně právě není pádný důvod. Proto se autor rozhodl podrobit analýze i mimořádné palivo.

Součástí legislativy spojené s palivovou problematikou je i současný program Evropské unie nazvaný **Emission Trading Scheme** (ETS) namířený proti vypouštění oxidu uhličitého do ovzduší. EU nastavila limit na celkové množství CO₂ ročně vypuštěného do atmosféry a společnosti dostávají emisní povolenky, případně s nimi mezi sebou obchodují. V poslední fázi již aerolinky nebudou žádné povolenky dostávat a budou pouze k dispozici ke koupi. [9] Jedna ETS povolenka odpovídá jedné tuně oxidu uhličitého vypuštěného do ovzduší a z jedné tuny spáleného paliva JET A1 se vyprodukuje 3,15 tuny oxidu uhličitého. Současná cena ETS je €23,96 (listopadu 2019). [10] [11]

Cena za každou spotřebovanou tunu leteckého paliva v listopadu 2019 je tedy:

$$1 \text{ MT (JET A1)} = 3,15 \times \text{€}23,96 = \underline{\text{€}75,47}$$

Budoucí cena ETS emisních povolenek je nejistá a je to jeden z důvodů, proč by se letecké společnosti měly snažit omezovat svojí spotřebu paliva a potažmo i množství vyprodukovaných emisí.

4. Modelová letecká společnost

Za účelem vytvoření souboru opatření pro optimalizaci spotřeby paliva je nezbytné stanovit rozsah leteckého provozu, na který se bude příslušná metodika vztahovat a zároveň určit flotilu letadel obsluhující vzdušná spojení. To je podstatné pro stanovení potenciálních úspor a definování omezení a rizik, které při zkoumání možností implementace různých optimalizačních postupů vyvstávají a které pramení z velmi individuálních provozních podmínek na jednotlivých letištích a jedinečných výkonnostních parametrech různých dopravních letadel.

Pro maximalizaci užitku výsledku diplomové práce a pro možnost jeho uplatnění v reálném provozu v tuzemsku byla modelová aerolinka zvolena jako společnost se sídlem a hlavním *hubem* na letišti Václava Havla v Praze, provozující flotilu o velikosti přibližně 50 letadel Boeing 737-800. Uvažovaná letecká společnost zajišťuje pravidelné a charterové linky z Prahy do dalších evropských měst a do evropských, severoafrických a blízkovýchodních letovisek a dovolenkových destinací. Do obsluhovaných destinací patří jak významná a rozlehlá letiště s hustým provozem (například letiště Charlese de Gaulla v Paříži, Schiphol v Amsterdamu, či letiště v Dubaji), tak i letiště rozlohově menší s nižší intenzitou provozu (letiště na ostrově Kos nebo v albánské Tiraně). Charterový provoz aerolinky často zahrnuje lety na letiště bez pravidelného provozu nebo na letiště velmi specifická, s minimem zavedených provozních procedur (Ivalo ve Finsku nebo Akureyri na Islandu).

Mimo Prahy má letecká společnost několik bází i v dalších státech Evropy (Slovensko, Polsko, Francie, Španělsko), kde zaměstnává lokální piloty a posádky. ***Ročně letecká společnost vykoná přibližně 15 tisíc charterových letů a 15 tisíc letů na pravidelných linkách.*** Přibližně 20 tisíc letů ročně dohromady odletí a přistane na pražském letišti.



Obrázek 2: Boeing 737-800 [zdroj: australianaviation.com.au]

V zájmu této práce bylo určeno, že v modelové letecké společnosti doposud nebyla implementována žádná opatření, která by měla za cíl optimalizovat množství spotřebovaného paliva či jinak zefektivnit její každodenní provoz. Práce tedy popisuje celý *fuel efficiency* projekt, od prvopočáteční myšlenky zvýšit palivovou efektivitu společnosti, přes klíčové fáze jako je sběr a analýza dat nebo organizační procesy až k samotné implementaci palivového programu a jeho následnému sledování a vyhodnocování. Následující text, ačkoliv bude pracovat s výkonnostními parametry výše uvedeného letadla a s provozními daty definovanými v předchozím odstavci, je teoreticky určený pro kteroukoliv leteckou společnost, popřípadě jiného zájemce o palivovou problematiku, neboť poskytuje cenné informace ohledně metod snižování spotřeby paliva, identifikace potenciálních úspor či zapojení pilotů do celého tématu.

5. Metody optimalizace spotřeby paliva

5.1 Pozemní provoz

Metody palivové optimalizace lze dělit do více kategorií, dle charakteru daného opatření. V této diplomové práci jsou metody zvýšení efektivity provozu rozděleny podle toho, jestli probíhají v kokpitu letadla, nebo v kanceláři ústředí letecké společnosti.

5.1.1 Volba trati

Trajektorie letu z výchozího letiště do destinace je základním předmětem optimalizace provozu letecké společnosti. Délka trati, její prostorové vedení, rychlost letadla a další letové parametry mají přímý dopad na množství paliva spotřebovaného v průběhu letu. Kvůli meteorologickým podmínkám, aktuálnímu provozu a omezením ze strany řízení letového provozu je ale každá letová trajektorie mezi dvěma letišti odlišná, respektive optimální vedení trajektorie se v průběhu času mění.

Pro dosažení nejefektivnějšího provozu s minimalizací nákladů na palivo je tedy nezbytné nejen používat moderní software pro plánování letu, ale zejména také sbírat a analyzovat letová data z předchozích letů pro optimalizaci těch následujících.

Přestože současné sofistikované systémy plánování letu vypočítávají optimální trať s ohledem na budoucí předpovídaný průběh počasí, skutečný průběh letu se od toho plánovaného může lišit. Může za to například nečekaná změna povětrnostních podmínek, hustý provoz v oblasti, mimořádné okolnosti nebo závazný pokyn od služeb řízení letového provozu. Ty v rámci zachování bezpečnosti provozu letadla vektorují, případně je nechávají *holdovat*. Tyto omezení mají za následek letadlo neletící po optimální trati, které tak spotřebuje vyšší množství paliva a vypustí do ovzduší více oxidu uhličitého.

Dle IATA, vektor který prodlouží trať o 8 námořních mil zvýší náklady o \$120 pro průměrné dopravní letadlo. Jinými slovy, vektorování stojí \$50 za nadbytečnou minutu letu. [12]

Letadlo Boeing 737NG letící 4 000 stop pod optimální letovou hladinou spotřebuje průměrně o 5% více paliva. Jedna hodina letu v těchto podmínkách znamená vyšší spotřebu paliva o 100 kg a nárůst emisí CO₂ o 430 kg. [13]

Pokročilá analýza letových tras může pomoci identifikovat podobné problémové situace a lépe jim porozumět v zájmu jejich zkvalitnění. Vhodné je se například zaměřit na skutečný průběh závěrečné části letu oproti plánovanému, zjistit kdy a kde nejčastěji dochází k narušením a tyto informace poté použít k plánování a přípravám následujících letů do dané destinace.

V některých případech mohou být deviace od letového plánu pro operátora prospěšné. *Direct* se nazývá možnost posádky letět přímo do daného navigačního bodu, bez nutnosti využít jakoukoli letovou trať či jiný *waypoint*. Může se tak podstatně zkrátit proletěná trať a tím i cestovní doba a množství spotřebovaného paliva. Nebo také nemusí – v případě nepříznivého větru může být kratší cesta palivově náročnější. Šance posádky na získání *directu* a benefity z něj plynoucí závisí individuálně na aktuálním provozu a podmínkách či denní době.

V současnosti již některé aerolinky dokonce využívají systém automatické detekce, který porovnává podané letové plány se skutečnými trajektoriemi letu a následně dokáže pomocí statistické analýzy pro jednotlivé trati určit *directy*, které přináší výhody a úspory pro leteckou společnost a zároveň je vysoká šance, že budou řízením letového provozu povoleny. [12]

Direct, tedy přímá trať, umožňuje docílit průměrných finančních úspor ve výši \$90 za každou ušetřenou minutu letu. [12]

Stejně tak je i ve fázi přiblížení pro posádku letadla možné vyžádat si kratší trať než deklarovanou, v zájmu ušetření času, paliva a životního prostředí. Moderní

systemy automatické detekce zvládnou z letových dat vytvořit seznam cílových letišť a jejich přistávacích drah s častějším výskytem krátkých přiblížení spolu s dosažitelnými úsporami a umožňují aerolince, potažmo jejím pilotům se lépe zaměřit na místa na trati s potenciálem zvýšení efektivity. [12]

Analýzy letových dat a trajektorií mohou nejenže přispět k optimalizaci provozu společnosti a ekonomickým úsporám, ale zároveň prohlubují pochopení problematiky reálného provozu společnosti mezi jejími zaměstnanci a vedou tak k vytváření kvalitnějších procedur a doporučení. Pilotům zase dopomůžou k větší sebedůvěře a lepšímu nakládání s mimořádným palivem.

5.1.2 Cost Of Weight

Spotřeba paliva záleží na mnoha faktorech a jeden z nejvýznamnějších faktorů je hmotnost letadla – čím vyšší je, tím více paliva je potřeba k letu. Parametr, který spojuje tyto dvě veličiny se nazývá *cost of weight*, česky volně náklady na hmotnost.

Cost of weight vyjadřuje množství paliva v kilogramech nebo librách, které je potřeba k transportu jednoho kilogramu nebo jedné libry užitečného nákladu. Uvádí se v jednotkách kg/kg, lb/lb, případně v procentech. Hodnota *cost of weight* se z historických dat pohybuje mezi 2,5 a 5% za letovou hodinu. [14]

Tento primární parametr tak pomáhá leteckým společnostem určit finanční dopad na letové náklady a spotřebu letadla, při snížení či zvýšení celkové hmotnosti letadla. To platí i v případě paliva. Pokud letadlo veze přílišné množství paliva, které po přistání zůstává nevyužité, s pomocí Cost of Weight lze vypočítat finanční dopad převážení nadbytečného paliva.

Cost Of Weight úzce souvisí s ekonomickým *tankeringem* – převážením leteckého paliva z výchozího letiště do destinace, z důvodu jeho nižší ceny na výchozím letišti. Čím delší však let bude, tím méně ekonomické bude palivo převážet. 1 tuna převezeného paliva představuje při uvážení tříhodinového letu a průměrného parametru *cost of weight* 3,5% zhruba 100 kilogramů kerosinu navíc na její transport. Stanovení co možná nej přesnějšího parametru COW je stěžejní pro maximálně

efektivní analýzu ekonomického tankeringu, ale i pro zkoumání jakékoliv změny hmotnosti letadla.

Příkladem může být optimalizace prázdné provozní hmotnosti letadla (*operating empty weight*) odebráním nadbytečných zařízení v kuchyňkách letadla nebo převážením nižšího množství pitné vody na palubě. Takovouto hmotnostní palubní redukcí lze dosáhnout výrazných úspor. Indonéský nízkonákladový letecký dopravce Citilink dokázal demontáží jedné z horkovzdušných trub ve svých třiačtyřiceti A320 ušetřit v průměru 20kg paliva na jeden let díky snížení hmotnosti. S 234 lety denně tak trouby ušetřily aerolince ročně 1700 tun paliva. [15]

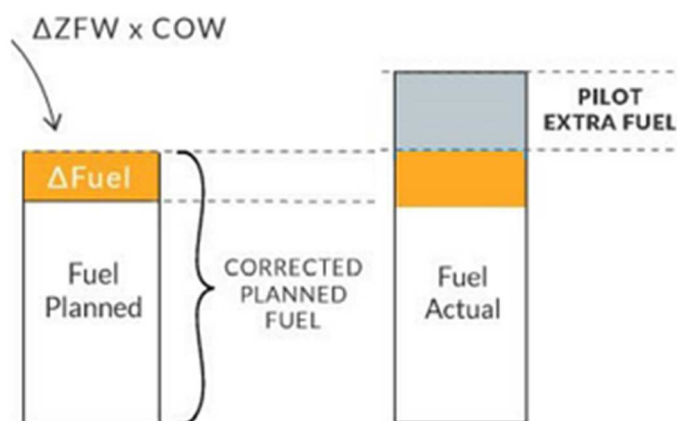
Prostor pro potenciální úspory lze najít všude – jde o násobení malých akcí velkými čísly. United Airlines se minulý rok rozhodly využít lehčí papír do jejich letového magazínu v sedadlech cestujících. Nový magazín váží 194g a je tak lehčí o pouhých 28g. Pro aerolinku provozující 744 letadel však takových pár gramů představuje významných 643 tisíc litrů ušetřeného paliva ročně. [16] Ještě rok předtím přestala tato americká aerolinka prodávat na palubách svých letadel *duty-free* zboží jako parfémy, čokolády, cigarety nebo alkohol, čímž sice snížila příjmy, na druhou stranu však omezila svou roční spotřebu paliva o více než 5 milionů litrů. [16]

Průměrná hodnota parametru *cost of weight*, použitelná v základních výpočtech, je přibližně **3,5% za letovou hodinu**. [14] Při pětihodinovém letu tak index bude hodnota COW přibližně 5 krát 3,5% = 17,5%. *Cost of weight* je však závislý na mnoha kritériích jako typ letadla, jeho hmotnost nebo délka letu a proto se používá několik sofistikovaných metod na jeho stanovení – pomocí softwaru plánování letu nebo pomocí statistických dat.

5.1.3 Pilot Extra Fuel

Poté co oddělení plánování letu letecké společnosti vypočítá potřebné množství paliva pro let s ohledem na provozní parametry daného letadla, povětrnostní podmínky, plánovanou trať a další legislativní požadavky na množství paliva, přichází ke slovu velitel letadla, který má pravomoc přičerpat na palubu mimořádné množství paliva, angl. *extra fuel*, podle svého uvážení dle aktuální situace a svých zkušeností. Kapitán je zodpovědný za bezpečnost letadla a má tedy poslední slovo

při rozhodování o množství paliva na palubě. Letecká společnost může po veliteli letadla pouze požadovat zdůvodnění svého rozhodnutí o množství mimořádného paliva.



Obrázek 3: Schéma mimořádného paliva [zdroj: openairlines.com]

Stanovit optimální množství mimořádného paliva není snadné. Nenatankování dostatečného množství může ohrozit bezpečnost. Příliš mnoho paliva navíc zase představuje nadbytečné náklady. Nevyužitě množství paliva zbývající při přistání bylo „zbytečně“ dovezeno až do destinace a navýšilo letovou spotřebu dodatečnou hmotností letadla. Pro výpočet dopadu nadbytečného paliva se vynásobí jeho množství parametrem COW (Cost of Weight).

Ten činí průměrně ~3,5% na letovou hodinu. [14] Pro příklad tedy jedna tuna nevyužitého paliva zbývajícího na palubě po tříhodinovém letu představuje

$$(1000 \text{ kg} \times 3,5\%) \times 3 \text{ hod} = 105 \text{ kg}$$

dodatečného paliva pro její přepravu.

Mezinárodní asociace leteckých dopravců (IATA) v současné době doporučuje, aby o optimálním množství mimořádného paliva bylo rozhodnuto statisticky ve strategické fázi letového plánování podle nasbíraných historických dat. Velitel letadla by poté dodal palivo jen ve výjimečných situacích, které nebyly dopředu známy nebo uvažovány, například při bouřce v destinaci nebo při stávce složek

řízení letového provozu. I s moderními sofistikovanými systémy plánování letu se však množství mimořádného paliva na palubách letadel zásadně nemění. [17]

Pro zavedení efektivní palivové kultury ve společnosti je třeba piloty dobře seznámit s následky, které jejich řídicí úkony mají a pravidelně jim ukazovat jejich dosažené výsledky a milníky. Rozhodnutí kapitána letadla přičerpat příliš paliva nezřídka pramení z nedostatečné důvěry v systémy plánování letu. Proto je důležité piloty seznámit se statistikou množství paliva při přistání a s množstvím nevyužitého mimořádného paliva. Mnoho pilotů se také při stanovování *extra fuel* stále řídí svými zaběhlými zvyky nebo mylnými domněnkami. [18]

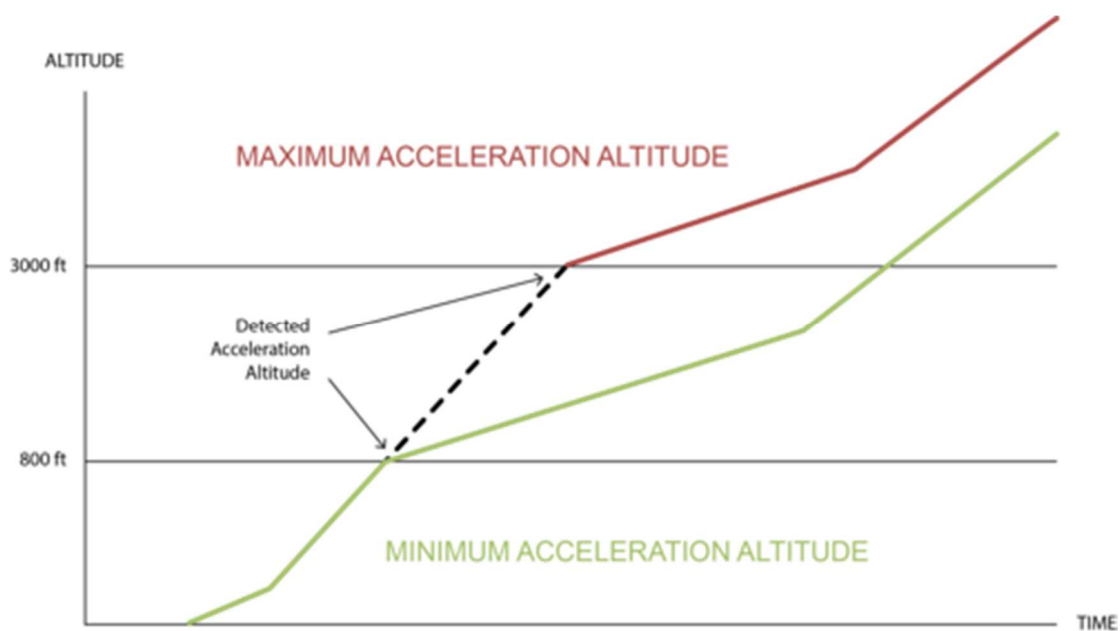
Pro optimalizaci mimořádného paliva by se však nemělo spoléhat na vlastní úsudek, nýbrž na sofistikovanou metodiku založenou na historických datech a statistických modelech.

5.2 Fáze letu

5.2.1 Reduced Acceleration Altitude (RAA)

Acceleration Altitude neboli *výška akceleraace* je výška nad zemí, ve které pilot sníží naklopení letadla po vzletu a dovolí mu zrychlit na rychlost bezpečnou pro uvedení vztlakové mechanizace na křídle do nulové konfigurace a dále na zvolenou rychlost stoupání. [19]

Úsporná technika *Reduced Acceleration Altitude*, neboli *snížená výška akceleraace* se používá ve fázi stoupání letadla krátce po vzletu. Její smysl spočívá v akceleraci letadla v nižší nadmořské výšce než je obvyklé, obvykle ve výšce 800 stop oproti 3000 stopám. Zrychlováním níže se rychleji dosáhne čistého aerodynamického profilu křídla dřívějším zatáhnutím vztlakových klapek a klesne tak odpor letadla. [20]



Obrázek 4: Dva profily stoupání [zdroj: openairlines.com]

Na obrázku výše lze vidět názorné porovnání stoupání s a bez použití úsporné techniky. Červená křivka zachycuje letadlo, které při stoupání využilo konvenční proceduru NADP1 a akcelerovalo ve výšce 3000 stop. Zelená křivka vyobrazuje ideální aplikaci *Reduced Acceleration Altitude*. Průměrné množství uspořené paliva pro Boeing 737 dosáhlo téměř 60 kilogramů na let.

Toto úsporné opatření však není použitelné všude, záleží zejména na místních postupech pro omezení hluku, které jsou specifikované v AIPu daného letiště. Některá letiště akceleraci ve výšce nižší než 3000 ft zakazují.

Tabulka 1: Průměrné hodnoty úspor RAA [zdroj: openairlines.com]

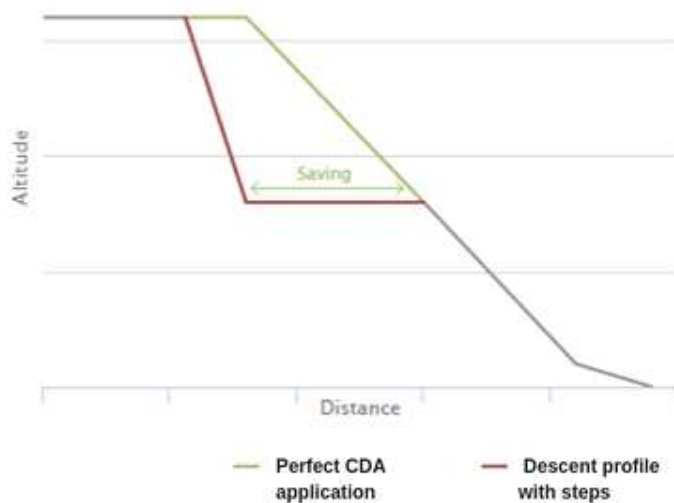
Aircraft type ICAO code	Typical fuel saved(kg/flight)
AT72	16
A320	51
B737	58
E190	28
A330	79
B757	90
B777	198
B747	210
A380	260

Německá společnost Lufthansa již před několika lety zavedla celofiremní politiku snížené výšky akcelerace na všech svých letech po celém světě, kdy výšku akcelerace snížila z dřívějších 1500ft na 1000ft. Rozdíl pouhých 500ft, tedy asi sto padesát metrů, přinesl aerolince jen na letišti ve Frankfurtu úsporu 2 200 tun paliva ročně a její letadla zde vyprodukovala o 7 tisíc tun méně oxidu uhličitého. [21]

5.2.2 Continuous Descent Approach (CDA)

Přiblížení s průběžným klesáním je technika, při které začne přilétající letadlo klesat na přistání z optimálního bodu zahájení klesání a s použitím minimálního tahu motoru se snaží vyhnout horizontálnímu letu. Letadlo musí samozřejmě vyhovět všem požadavkům vektorování letadla od služby řízení letové provozu. Cílem CDA je snížení nadměrného hluku, spotřeby paliva a plynných emisí. Samotné ponechání letadla delší dobu ve výšce letu má pozitivní efekt na tyto negativní efekty.

Ačkoliv klesání a přiblížení nepatří mezi fáze, při které by se spotřebovávala největší množství paliva v průběhu letu, je zde přesto mnoho prostoru pro úspory. Aplikací *Continuous Descent Approach* v jednom přiblížení ušetří Boeing 737 průměrně 30 až 70 kilogramů paliva. [22] Pro příklad, společnost provozující 20 letadel a 6 letů denně s každým strojem může implementací CDA techniky ušetřit více než 2 tisíce tun paliva ročně, což představuje značnou úsporu.



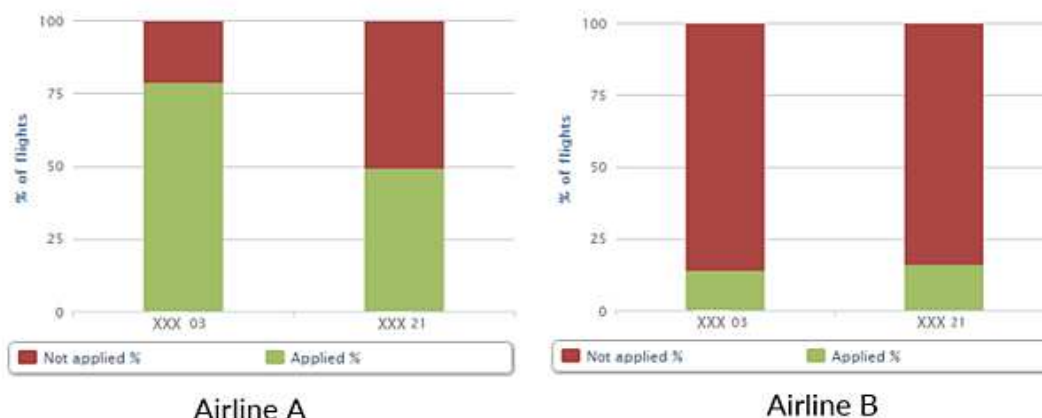
Obrázek 5: Porovnání CDA a konvenčního klesání [zdroj: openairlines.com]

Při konvenčním přiblížení letadlo sestupuje na přistání do destinace po krocích, tedy tak, že střídá sestupný a horizontální let. Použitím *Continuous Descent Approach* zůstane letadlo déle ve vysoké letové hladině a poté, při klesání, využije minimální tahu motorů, což má pozitivní vliv na intenzitu hluku, produkci emisí i spotřebu paliva.

Ideální CDA procedura začíná v bodě *Top of Descent* a končí až při zahájení finálního přiblížení nebo při intercepci sestupové roviny přistávací dráhy na letišti určení. Na mnoha letištích však nelze proceduru využít vždy, někde ji lze využít jen pro některé přílety, jinde zas jen pro část klesání. Poslední dobou je však využití CDA moderní a mnoho letišť nyní přichází s opatřeními, které aerolinkám umožňují aplikovat tuto úspornou přibližovací techniku častěji a efektivněji. Ve snaze podpořit využívání CDA a snížit tak nároky na životní prostředí vytvořila evropská agentura EUROCONTROL příručku, která přináší sjednocující informace o implementaci techniky a jejím bezpečném a efektivním provozování. CDA je také klíčová součást *SESAR Master Plan* a EUROCONTROL uvádí předpokládané úspory v první fázi implementace v hodnotě vyšší než 150 000 tun paliva ročně v ceně zhruba €100 milionů, přičemž se sníží i roční množství emisí oxidu uhličitého o 500 000 tun a intenzita hluku z leteckého provozu na zemi poklesne o 1-5 dB. [23] Manuál od mezinárodní letecké organizace ICAO je nyní v přípravě.

V průběhu klesání letounu na přistání v cílové destinaci hraje důležitou roli kromě posádky i služba řízení letového provozu, která vede letadlo během klesání a která může vydat pokyn, neslučující se s provedením *Continuous Descent Approach* procedury. Někteří piloti si mohou myslet, že mají velmi omezené pravomoci nad způsobem vykonání klesání a přiblížení, ale průzkum aplikace *SkyBreathe* od OpenAirlines dokazuje, že mnohdy stačí pouze vyžádat autorizaci od řídicího. [22] Nutné je tedy vzdělávání a školení pilotů a transparentnost informací.

Snímek níže zachycuje porovnání nejmenovaných aerolinek A a B a jejich podíl využití CDA techniky na dvou různých přistávacích drahách evropského letiště. Zatímco letecká společnost A se aktivně dožaduje použití CDA a dosahuje 75 procent použití pro dráhu 03, respektive 50 procent pro dráhu 21, letecká společnost B nedosáhla téměř ani desetinového podílu. [22]



Obrázek 6: Podíl CDA dvou aerolinek na evropském letišti [zdroj: openairlines.com]

Není ani pravda, že na velmi frekventovaných letištích, jako v Dubaji (DXB) nebo Londýně (LHR), je vzdušný prostor tak těsný, že techniku průběžného klesání nelze použít. Data od zákazníků OpenAirlines naopak dokazují, že i na těchto velmi vytížených letištích může dosahovat podíl CDA hodnot vyšších než 50%. [22]

5.2.3 Reduced Flaps Landing

Přiblížení a přistání letadla není část letu s nejvyšší spotřebou paliva, nicméně i v této fázi lze docílit nemalých úspor, zejména pokud se optimalizační postupy aplikují konstantně a při korektních podmínkách. Princip *Reduced Flaps Landing*, česky *Přistání s menšími klapkami*, je, tam kde to podmínky a nároky na bezpečnost dovolují, zaletění finálního přiblížení až do přistání se vztakovými klapkami ne zcela vysunutými do jejich maximální polohy. Takové opatření přináší řadu benefitů pro všechny účastníky leteckého provozu.

- Aerodynamicky čistší konfigurace menších klapek snižuje odpor vzduchu a v důsledku také tah motorů potřebný pro let a tedy spotřebu paliva
- Nižší tah motorů produkuje nižší hlukovou zátěž v okolí letiště
- Menší konfigurace klapek dovoluje letět s nižším úhlem naklopení a stabilnější trajektorii pro turbulence

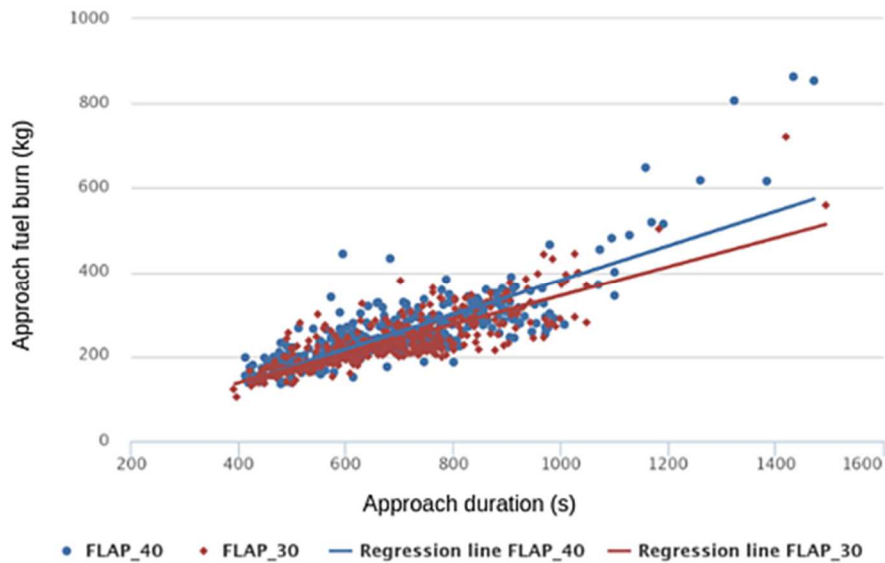
Tabulka 2: Přistávací konfigurace letadel B737-800 a A320 [zdroj: openairlines.com]

Letadlo	Konfigurace	Úhel
B737-800	Flaps 25	26°
	Flaps 30	35°
	Flaps 40	46°
A320	Flaps 3	20°
	Flaps Full	35°

Reduced Flaps Landing je velmi rozšířená praktika. Piloti letadla před zahájením přiblížení zváží pomocí příslušných přistávacích kalkulací možnost a bezpečnost jejího použití. V podmínkách silného bočního větru nebo poryvů může být nastavení menších klapek bezpečnější, neboť letadlo je tak lépe ovladatelné a vyšší přistávací rychlost zaručí vyšší odolnost letadla proti náhlému dosažení pádové rychlosti při přiblížení kvůli poryvu větru. Stejně jako jiné metody optimalizace spotřeby paliva, i tato s sebou však přináší množství omezení, které mohou zamezit jejímu uplatnění.

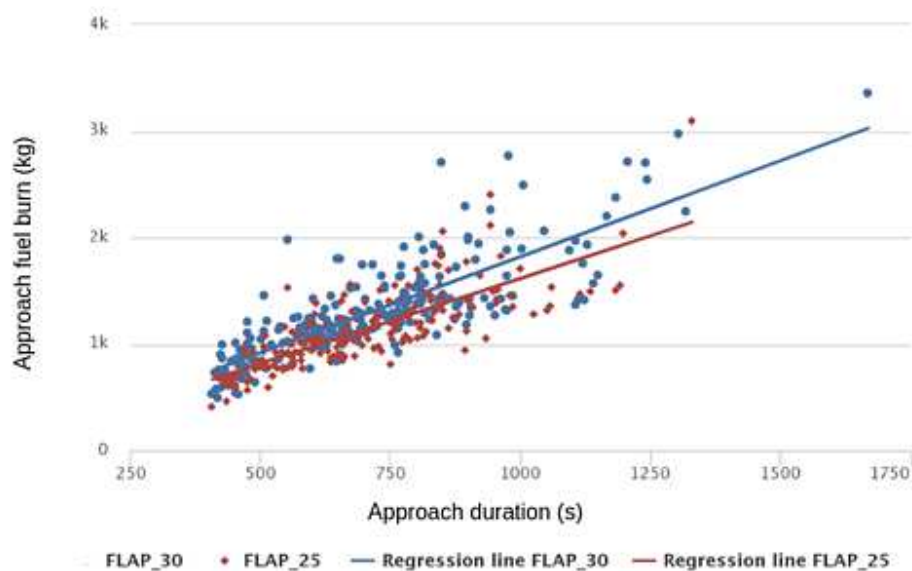
- Vysoko položená letiště
- Vysoké teploty nebo nízký atmosférický tlak
- Krátké přistávací dráhy
- Nízký protivítr
- Potřeba urychleně opustit přistávací dráhu po dosednutí

Přiblížením s použitím menší konfigurace dosahují letadla středního doletu typu Boeing 737-800 průměrné úspory 7 až 10 kilogramů paliva na jeden let, u větších letadel může hodnota dosáhnout více než 25 kilogramů na let. [24] Následující graf ukazuje průměrnou spotřebu paliva v kilogramech pro konfiguraci klapek 30 a 40 letadla B738. Spojnice trendu reflektuje zřejmé menší spalování paliva při použití klapek konfigurace 30.



Obrázek 7: Přiblížení s konfigurací klapků 30 a 40 [zdroj: openairlines.com]

Použitím ještě menších klapků konfigurace 25 lze dosáhnout dalších úspor, dále se však zvyšuje přistávací rychlost a potřebná délka dráhy pro přistání. Nutnost koordinace daného letadla s ostatním provozem v destinaci může být další překážkou. S vyšší rychlostí přiblížení se navíc snižuje množství času na vyřízení nutných letových úkonů a manévrování letadla a na piloty je pak kladen zvýšený tlak, který eventuálně může až ohrozit bezpečnost letu.



Obrázek 8: Přiblížení s klapkami 25 a 30 [zdroj: openairlines.com]

Při zavádění tohoto opatření do provozu je proto třeba nejprve důkladně poučit piloty jak taková přiblížení provádět a vydat jasné instrukce, které vysvětlí kde a za jakých podmínek proceduru použít a kdy naopak nikoliv. Zejména vhodné je zaměřit se na letiště položená v nízké nadmořské výšce s dostatečně dlouhou přistávací drahou. Neméně důležité pro pravidelné používání této metody piloty a vytěžování jejích benefitů je s piloty pravidelně komunikovat a připomínat jim její přínosy i bezpečnostní rizika. Ideální volbou zajištění informovanosti a zpětné vazby se jeví mobilní aplikace jako součást EFB, která pilotům zajistí zpětný náhled na jimi provedené lety, použité optimalizační metody a výkonnostní statistiky a bude motivovat k efektivnějšímu provádění letů.

5.2.4 Idle Reverse Thrust

V rámci vytvoření komplexního palivového programu letecké společnosti je nezbytné zmínit i úsporné metody, které na první pohled ušetří zanedbatelné množství pohonných hmot, avšak při nastavení jasných podmínek a omezení jejich uplatnění ušetří aerolince při pravidelném provádění a v kombinaci s dalšími úspornými technikami nemalé finanční prostředky.

Takovým nástrojem je *použití zpětného chodu motoru na volnoběh* během přistání. Řídící pilot může pomocí pák tahu motoru po dosednutí letadla nastavit velikost zpětného tahu. *Idle Reverse* spočívá v pouhém odemčení obracečů tahu motorů, ale ponechání motoru samotného v režimu volnoběhu. Procedura může vypadat jako na obrázku níže.



Obrázek 9: Použití Idle Reverse [zdroj: Jetphotos.com, Jan Heistermann]

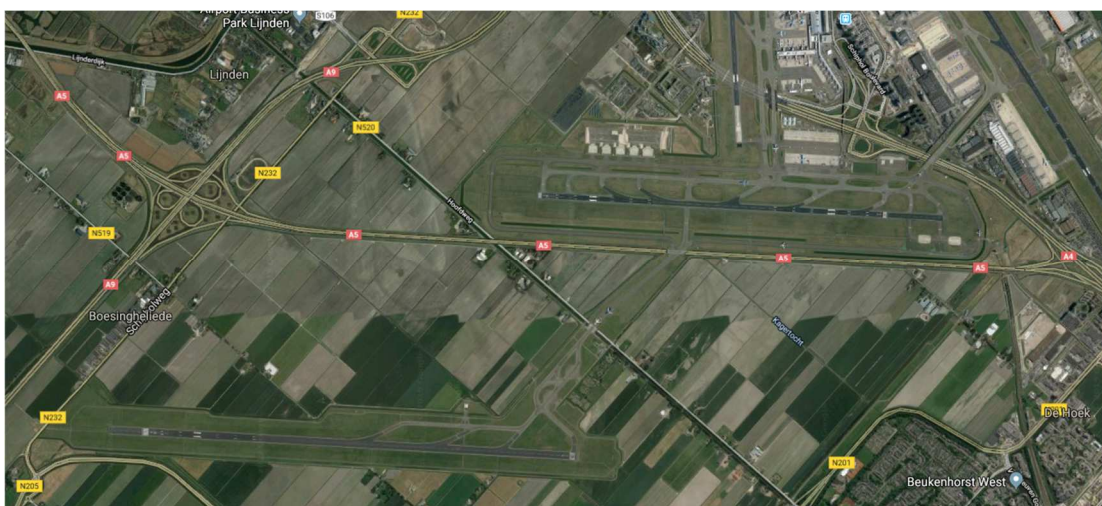
V mnoha leteckých společnostech není, stejně jako v případě pojíždění na jeden motor, definována jasná metodika pro použití tohoto postupu na jednotlivých letištích a místních přistávacích drahách a piloti tak v tomto ohledu rozhodují individuálně a tedy rozdílně od svých kolegů, dle jejich znalostí a zkušeností. Množství pilotů používá plný zpětný tah při přistání jen ze zvyku a pro vyšší pocit bezpečí, i když k tomu za určitých podmínek nemusí mít žádný pádný důvod. [25]

Nevyužití plného *reversu* při přistání však může ušetřit palivo hned dvěma způsoby a přinést i řadu dalších provozních výhod. Záleží však na vícero faktorech, které musí posádka brát v potaz, aby bylo přistání nejen efektivní, ale zejména maximálně bezpečné.

Při zpětném tahu točí motor mnohem více otáček za minutu, než když je ve stavu volnoběhu a spaluje tak větší množství paliva. Přistání bez zpětného tahu ušetří toto palivo. Druhá úspora souvisí s výše zmíněnou metodou pojíždění na stojánku s jedním vypnutým motorem a s nutnou dobou vychladnutí motoru předepsanou výrobcem. Pokud motory při přistání pracují na volnoběh, započítává se časový úsek přistání do doby vychladnutí motoru, což přispěje k možnosti jeho dřívějšímu vypnutí cestou na stojánku a další potenciální úspoře paliva pro pojíždění. V případě nízkého nastavení tahu motoru při finálním přiblížení se i tato doba může započítat do tzv.

cooldown time a jeden z motorů pak posádka může, pokud to místní předpisy dovolují, vypnout téměř ihned po opuštění přistávací dráhy a dosáhnout tak již citelných úspor. [25]

V závislosti na poloze cílové stojánky letadla může být pro samotnou posádku výhodné využít pro přistání celou délku přistávací dráhy, aby následně zkrátili svou dobu poježdění. V dolní polovině snímku níže je Polderbaan, 3,8 kilometru dlouhá přistávací dráha 18R-36L umístěna ve vzdálenosti zhruba 5 km od terminálu letiště Schiphol v Amsterdamu. Představuje učebnicový příklad přistávací dráhy kde, pokud to dovolují povětrnostní podmínky, může být použití zpětného chodu nadbytečné, neboť využitím celé délky dráhy může být letadlo na stojance dříve a navíc s palivovou úsporou. Kromě jiného pak také procedura přispívá ke snížení hlukové zátěže na letišti, což má pozitivní efekt nejen na životní prostředí, nýbrž i na vztah leteckého dopravce s místním letišťem nebo obyvateli města.



Obrázek 10: Polderbaan, letiště Amsterdam [zdroj: googlemaps.com]

V některých případech však může být vhodnější, či přímo nezbytné zpětný chod použít. Ve vysokých rychlostech neúčinkují brzdy příliš efektivně a při přistání na krátké nebo klzké dráze tak brzdy samotné nemusí letadlo bezpečně zastavit. Využívání reversu také znamená nižší využití brzd a tedy jejich nižší opotřebení. Některé letecké společnosti dokonce od pilotů vyžadují použití zpětného chodu při každém přistání, přestože nemusí být právě nutný. V rámci zvýšení bezpečnosti provozu cílí na zachování zvyku a svalové paměti pilotů. Smysl spočívá v tom, že pokud pilot rozhoduje o použití zpětného chodu těsně před přistáním, může udělat špatné rozhodnutí v momentě, kdy ho bude na zastavení letadla skutečně potřebovat

a následky přejetí přistávací dráhy by mohly být katastrofické. Proto některé aerolinky, místo aby riskovaly špatné rozhodnutí, volí jistou cestu povinného brzdění pomocí zpětného chodu. [26]

5.2.5 Engine Out Taxi In (EOTI)

Engine Out Taxi In je postup optimalizující pozemní provoz letadel. Je poměrně snadný na implementaci a může letecké společnosti přinést značné úspory paliva, pokud se aplikuje pravidelně a ve správných podmínkách. Uplatňuje se při pojíždění letadla z dráhy na stojánku po přistání (oproti *Engine Out Taxi Out* postupu, který se aplikuje při pojíždění letadla na vzlet).

Postup spočívá ve vypnutí jednoho z motorů v průběhu pojíždění a dojezdu na stojánku pouze s jedním zapnutým motorem (v případě dvoumotorových letadel). Motory by však neměly být vypnuty bezprostředně po dodávce vysokého výkonu. Pro zachování životnosti motoru je velmi důležité vypnout jeden z motorů až po době jeho vychladnutí, předepsané výrobcem motoru. Postup se tedy dá aplikovat pouze v případech, kdy doba pojíždění letadla je delší než doba vychladnutí motoru.



Obrázek 11: Schéma EOTI procedury [zdroj: openairlines.com]

Pro Boeing 737 nové generace i Airbus A320 činí výrobcem předepsaná doba vychladnutí motoru 3 minuty a průměrná palivová úspora při aplikaci EOTI postupu je 5kg na minutu poježdění. [27] I poslední vteřiny vypnutého motoru se však počítají. Uvažme pro příklad Boeing 737 a průměrnou dobu poježdění 3 minuty 48 sekund.

$$48 \text{ s} \times 5 \frac{\text{kg}}{\text{min}} = 4 \text{ kg}$$

Na jednom letu se uspoří 4 kilogramy paliva. Letecká společnost provozující 30,000 letů ročně pak ušetří:

$$4 \text{ kg} \times 30,000 = 120,000 \text{ kg}$$

Při průměrné ceně \$700 za tunu paliva (říjen 2019) by finanční úspora činila \$84 000.

Engine Out Taxi In pomáhá redukovat nejen spotřebu paliva, ale i hluk a produkci emisí. Jeho využití je však svázáno řadou provozních omezení, které je třeba brát v úvahu a pečlivě zvážit, dříve než se motor vypne. Letecká společnost by v ideálním případě měla zakomponovat standardizované EOTI postupy a jejich podmínky do části věnované poježdění svého provozního manuálu, společně s provedením patřičného výcviku svých posádek. Procedura musí přesně identifikovat a adresovat všechny možná rizika, jasně rozdělit úkoly a zodpovědnost a nastavit kritéria, za kterých je a není možné proceduru použít. [28] *Engine Out Taxi In* procedura se neuvažuje při plánování letu a vykonává se striktně na povel velícího pilota, který musí vzít v úvahu řadu provozních, meteorologických a lokálních okolností.

- MEL a další provozní limity
- restrikce na místním letišti (sklon poježděcí dráhy, 180° zatáčky)
- dodržení času vychladnutí motoru
- stav poježděcí dráhy (mokrý, kluzký)
- nízká dohlednost
- hmotnost letadla
- nevyváženost paliva [28]

EOTI se obecně nedoporučuje na kluzkých nebo kontaminovaných drahách a při vysoké hmotnosti letadla mohou být pomalé nebo ostré zatáčky ve směru zapnutého motoru téměř neproveditelné. Po rozhodnutí se pro zahájení postupu

pojízdní na stojánku s jedním vypnutým motorem je nutné řídit letadlo se zvýšenou opatrností, z důvodu asymetrické tahové síly. Během pojízdní se doporučuje mít zapnuté APU.

Používání této metody úspory paliva je čím dál častější a mnoho leteckých společností a letišť již tento druh provozu patřičně upravilo v rámci jeho zefektivnění a zajištění bezpečnosti. Například Katarském letišti Dauhá je zakázáno použít EOTI postup za těchto podmínek:

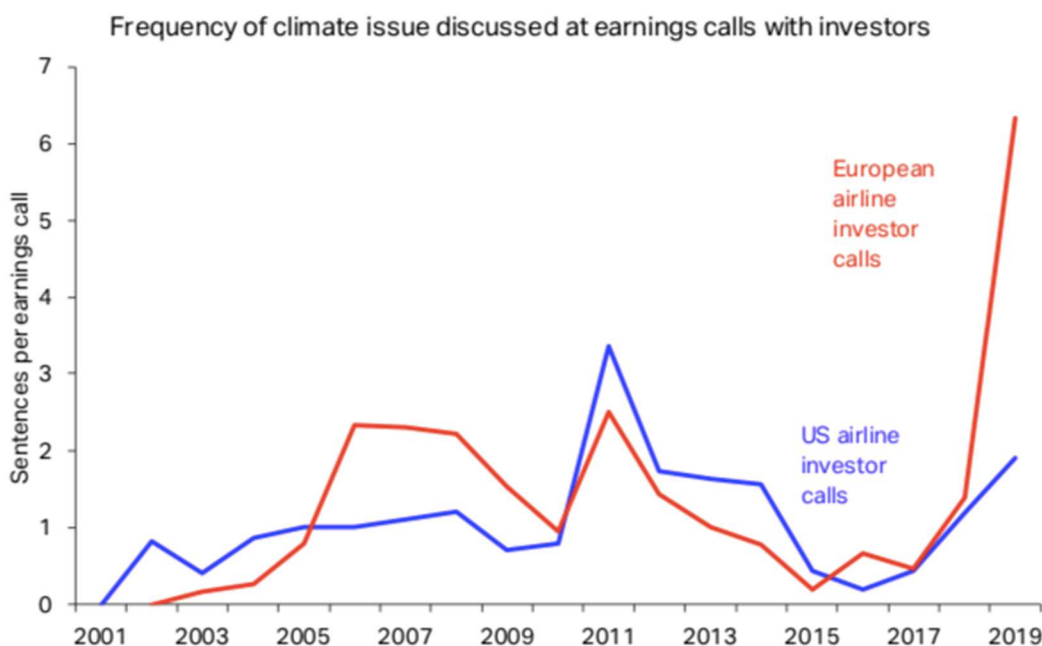
- letadlo se nachází na přistávací dráze
- během nízké dohlednosti kategorie II nebo nižší
- rychlost větru více než 25 KT nebo poryvy více než 10 KT
- pojízdní obsahuje 180 stupňovou zatáčku nebo větší [29]

6. Vytváření palivového programu

6.1 Motivace

Pro letecké společnosti představuje palivo významné finanční náklady a tento trend se v blízké době pravděpodobně nezmění. Mezi květnem roku 2017 a 2018 vystoupaly ceny leteckého benzínu dokonce o 47% [30]. Nárůst nákladů na palivo přivádí již tradičně mnoho leteckých společností až na pokraj existence nebo je minimálně brzdí v jejich rozvoji.

Kromě těchto evidentních příčin vzestupu palivových iniciativ napříč světovými aerolinkami vyvstávají v posledních několika letech další důvody, proč se tématu optimalizace spotřeby paliva věnovat. Tím nejzásadnějším je životní prostředí a priorita, která je na něj ze strany veřejnosti kladena. Po dlouhých letech, kdy byla změna zemského klimatu předmětem zájmu hlavně vědců, zákonodárců a široké společnosti si věci začínají všimnout evropští investoři a při setkáních s vedením evropských leteckých společností je téma přístupu aerolinky k životnímu prostředí stále diskutovanější, jak dokládá přiložený graf od mezinárodní organizace leteckých dopravců (IATA). [31] Nezvyšuje se tedy jen tlak ze strany investorů na dobré hospodářské výsledky společnosti, ale i na šetrnost k životnímu prostředí.



Obrázek 12: Frekvence diskuze problematiky životního prostředí s investory [zdroj: IATA]

Jedním z důvodů pro zvýšený zájem investorů o téma životního prostředí je skandinávské hnutí *Flygskam*, v překladu stud z létání, který má prokazatelné dopady na letecké odvětví. [31] Cestování letadlem se ve Švédsku v současné době snižuje, patrně jako následek zmíněného hnutí, jejichž členové omezují cesty letadly z důvodu snahy zatěžovat životní prostředí svoji stopou co nejméně. Nakolik se tento trend objeví v dalších skandinávských zemích ba i kontinentální Evropě zůstává ke konci roku 2019 otázkou. Evropské letecké společnosti a jejich investoři však přistupují k tématu vážně, což dokládá i závazek k paktu CORSIA, světová obdoba evropského systému ETS.

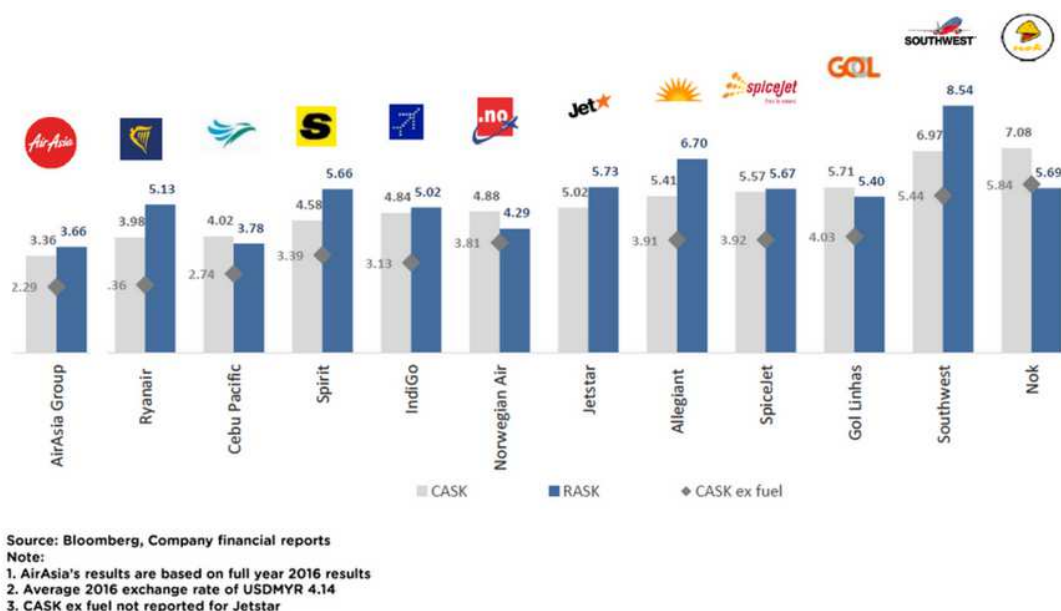
Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation, zkr. CORSIA je projekt ICAO a je jedním z hlavních pilířů snižování emisí oxidu uhličitého v letecké dopravě. Počínaje rokem 2019 jsou aerolinky zavázané k paktu CORSIA monitorovat své emise CO₂ na mezinárodních letech a od roku 2020 vstoupí v platnost systém tzv. *uhlíkových kompenzací*, kdy letecké společnosti budou nákupem uhlíkových povolenek kompenzovat svou uhlíkovou stopu. Obchod s povolenkami bude probíhat i mezi jednotlivými společnostmi. Tento legislativní krok dále tlačí na letecké dopravce ve smyslu zvýšení efektivity jejich provozu. Očekávané finanční dopady na hospodaření dopravců nejsou závratné, odhady se pohybují v rozmezí 0,5-1,5 procenta výnosů k roku 2035. [32]

Přesto je ale zřejmé, že letecké společnosti, které implementovaly optimalizační palivový program, které kvalitně monitorují svůj provoz a využívají data ku svému prospěchu a ve kterých bují dobrá palivová kultura, budou mít brzy před svými konkurenty náskok nejen finanční, ale i v očích široké společnosti se budou těšit vyšší oblibě, což se jistě promítne i na objemu přepravených cestujících.

6.2 Náklady na palivo a efektivita

Letecké odvětví má velmi zajímavé specifikum. Navzdory vysoce konkurenčnímu prostředí, velkému tlaku od nových hráčů i obrovskému množství finančních prostředků alokovaných v průmyslu, zveřejňují letecké společnosti a komunikují své každoroční finanční reporty bez zahrnutí třetiny jejich nákladů, respektive nákladů na palivo. K takové praxi se uchyluje množství aerolinek pomocí ukazatele *ex-fuel*

CASK nebo *ex-fuel* CASM (náklad na nabízený sedadlokilometr bez nákladů na palivo, respektive nabízenou sedadlomíli). [33] Příklad takové prezentace lze vidět na grafu přiloženém níže.



Obrázek 13: Finanční výsledky leteckých společností [zdroj: Bloomberg]

Na první pohled se důvod této prezentace může zdát logický, neboť cenu paliva neurčuje dopravce, ale světový trh a letecká společnost musí požadovanou cenu prostě přijmout a smířit se s ní. **Jenže náklady na palivo nezávisí jen na jeho ceně, nýbrž i na efektivitě jeho vynakládání. Efektivitě rozumíme jako poměr užitečné práce a energie na ní spotřebovanou.** Spotřebu paliva (potažmo energie) lze snížit obměněním flotily za novější, modernější a efektivnější stroje – toto řešení patrně přinese nejmarkantnější úspory, nicméně je to velmi nákladná a časově náročná transformace. Úspor však lze dosáhnout i optimalizací provozu aerolinky nebo organizací údržby. Taková opatření sice nepřinesou 15 procent snížení nákladů jako nová moderní letadla, při korektní implementaci kvalitního palivového programu se ale dá očekávat úspora mezi 2 a 5 procenty a to se zlomkem investic a v kratším čase. [34]

Úspora palivových nákladů a zvýšení provozní efektivity však není jedinou motivací. Zavedením palivového programu benefitují aerolinky i po jiných stránkách.

- Kvalitnější měření a sledování palivových parametrů a snazší hledání neoptimálních postupů
- Lepší šíření palivové kultury ve společnosti

➤ Zapojení pilotů do projektu

Program optimalizace paliva, tzv. *fuel efficiency program* je velmi rozsáhlý projekt, který vyžaduje důslednou kooperaci napříč všemi odděleními dané letecké společnosti. Mezi jeho klíčové části patří zajištění sledování a sběru relevantních letových dat, z nichž následně probíhá vytěžení hodnotných informací o stavu provozu. Důležité je také ustanovení palivového týmu uvnitř společnosti, zodpovědného za vedení palivového projektu, sledování klíčových ukazatelů a komunikaci s ostatními zaměstnanci. V oblasti *fuel managementu* je mnoho zúčastněných stran podílejících se na palivových nákladech, proto je nezbytné do týmu přizvat zástupce všech zainteresovaných úseků v aerolince, kteří společně mají na téma větší nadhled a jsou tak schopni kvalitněji aplikovat palivový program. Další velkou výzvou, nutnou pro úspěšný program, je začlenění pilotů do projektu. Piloti společnosti jsou nejdůležitějšími články celého projektu a hlavními aktéry efektivity provozu a pravidelná komunikace s nimi, získávání jejich důvěry a jejich postavení k palivové problematice obecně je naprosto stěžejní pro docílení vůbec nějakého snížení nákladů.

Matematika palivových úspor v letecké společnosti znamená násobení malých množství velkými čísly.

Různými opatřeními není nemožné snížit spotřebovaného množství paliva na jeden let o 50 až 150 kilogramů. Letecká společnost provozující 100 letů denně, která sníží svojí průměrnou letovou spotřebu o 100 kilogramů, se může na konci roku těšit z úspory 3650 tun paliva, což při ceně \$700 za tunu (listopad 2019) představuje více než 2,5 miliony dolarů. Stále více aerolinek tak v nynější době přistupuje k vytvoření vlastního *fuel efficiency* programu, pro získání výhody nad svými konkurenty.

6.3 Sběr a analýza dat

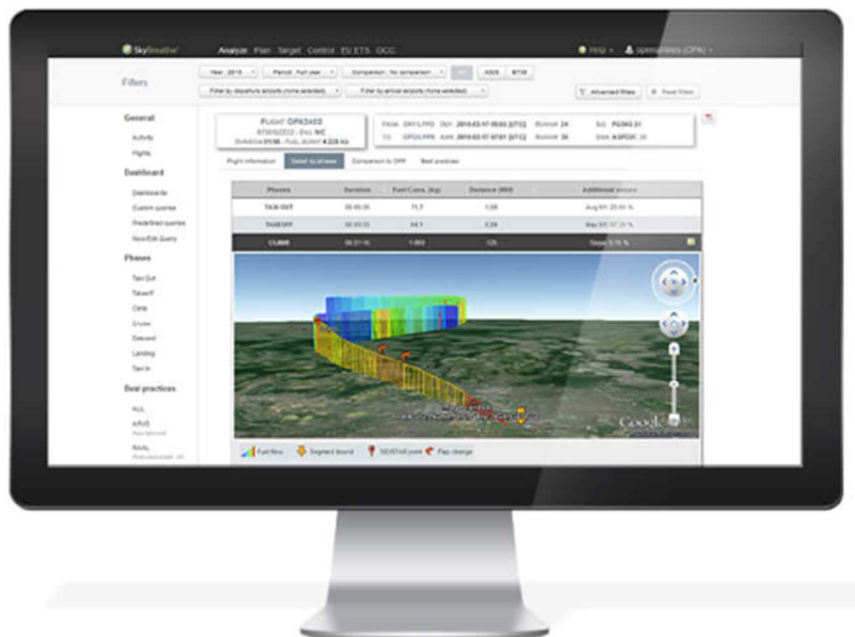
Základním stavebním kamenem palivového programu je sběr a analýza dat, které poslouží jako podklad k adekvátním palivovým opatřením. Vytěžování letových dat a jejich přeměna na relevantní informace je však obtížná záležitost. Podle průzkumu společnosti Aircraft IT je právě těžba a zpracování letových dat pro aerolinky největší překážka při zavádění interního palivového programu. Celých 40 procent

dotazovaných přiznalo, že přijímají rozhodnutí na základě podle nich nespolehlivých dat. [35] Že sílu dat není radno podceňovat, zejména v dnešní počítačové době, radí i CEO společnosti Emirates, pan Tim Clark: „Data jsou klíč – pokud to nepřijmete, zaniknete.“, vyjádřil se minulý rok. [35]

Při zpracování údajů pro potřeby vytvoření palivového programu je cílem transformovat velké množství primárních dat z jednotlivých letů do souboru poskytujícího náhledy na provozní trendy a celkový stav provozu, využitelného pro jeho následnou optimalizaci. Prvním krokem je tedy integrovat všechny dostupné zdroje dat do jednoho úložiště.

- údaje z letového zapisovače (WQAR nebo QAR data)
- data z AOC – letový řád, pozemní provoz
- provozní letové plány
- ACARS data
- loadsheety [36]

Zároveň by se měla zajistit vysoká úroveň zabezpečení těchto citlivých údajů. Integrace a samotný tok dat by měly být automatizovány. Při manuální práci s větším množstvím dat vyvstává řada nástrah a člověk snáze dělá chyby, které představují finanční náklady. Taková práce je navíc časově velmi náročná. Výsledný soubor, s ohledem na obrovské množství dat, je nutné analyzovat adekvátními *big data* algoritmy, které dokážou rychle zpracovávat velké datové objemy. Pro vytěžení maximálního užítku je také vhodné zprostředkovat rozhraní pro jejich vizualizaci pomocí grafů, ukazatelů, map, 3D animací a podobně. To napomáhá lepší orientaci v datech a hlubšímu pochopení provozních situací a umožňuje svižné tvoření zpráv a reportů. V neposlední řadě je kvalitní společné uživatelské rozhraní užitečné pro lepší kooperaci ve společnosti mezi všemi zúčastněnými odděleními. [37]



Obrázek 14: Vizualizace letových dat [zdroj: Aircraft IT]

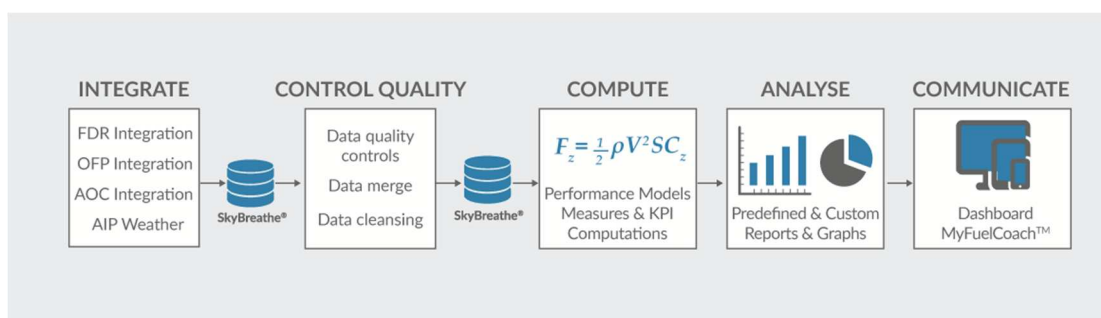
Dostupnost dat může stejně jako jejich ochrana představovat překážku v implementaci palivového programu. Ze zkušenosti leteckých společností vychází, že předejít případným problémům může právní dohoda uzavřená s piloty a odbory, definující data sdílená a data utajená. Pro choulostivost daného tématu je nejprve vhodné dobře posoudit, která data budou zpracovávána a z jakého důvodu. [37]

6.3.1 Software

V současné době již existují poskytovatelé počítačového softwaru pro integraci a analýzu velkých objemů dat pro potřeby leteckých společností, kteří dlouhodobě spolupracují s významnými aerolinkami po světě. Je tedy poměrně nasnadě svěřit tvorbu datového rozhraní externím odborníkům a věnovat se pouze hledání potenciálu ke zlepšení a samotné implementaci zefektivňujících opatření. Tato diplomová práce pro své účely používá modelová data z aplikace *SkyBreathe FuelEfficiency* od firmy OpenAirlines. SkyBreathe využívá celá řada aerolinek z Evropy i ze světa. Patří do nich například nizozemské KLM, Malaysia Airlines, FlyDubai nebo třeba francouzská Volotea.

Aplikaci SkyBreathe tvoří webové rozhraní, do kterého klient nasměruje zdroje svých dat a předdefinuje požadované hodnoty proměnných parametrů. Algoritmy data

kontrolují, následně zpracovávají a vypočítávají dosažené a potenciální úspory s pomocí výkonnostních modelů.

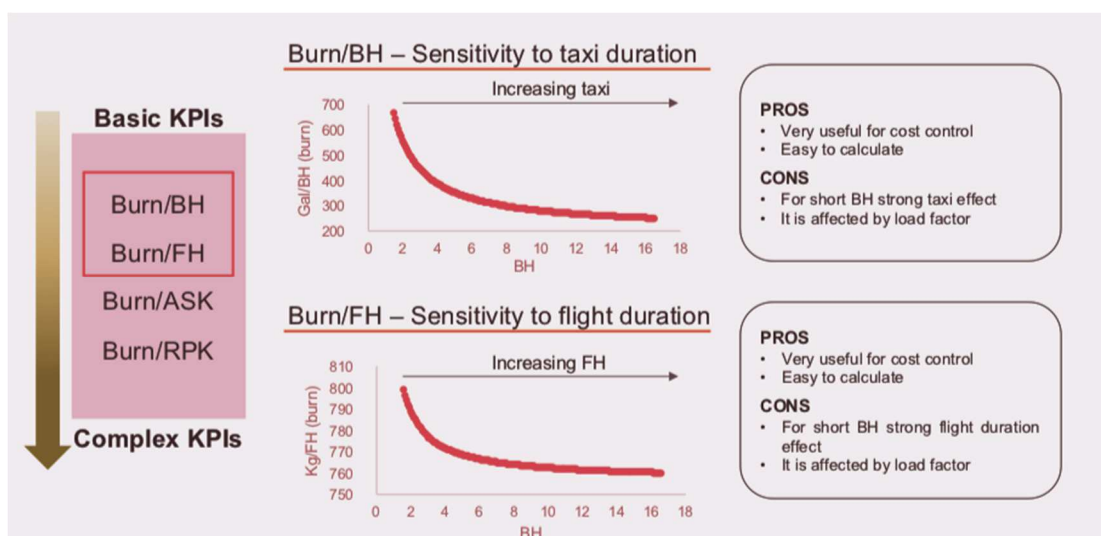


Obrázek 15: Schéma systému SkyBreathe [zdroj: openairlines.com]

Implementace aplikace do letecké společnosti typicky trvá přibližně čtyři měsíce. Pouze samotné rozhraní SkyBreathe však efektivitu provozu nezvýší, s její pomocí lze ale snadno rozpoznat neoptimální postupy a rezervy v provozu a lépe je tak adresovat.

6.3.2 Key Performance Indicators

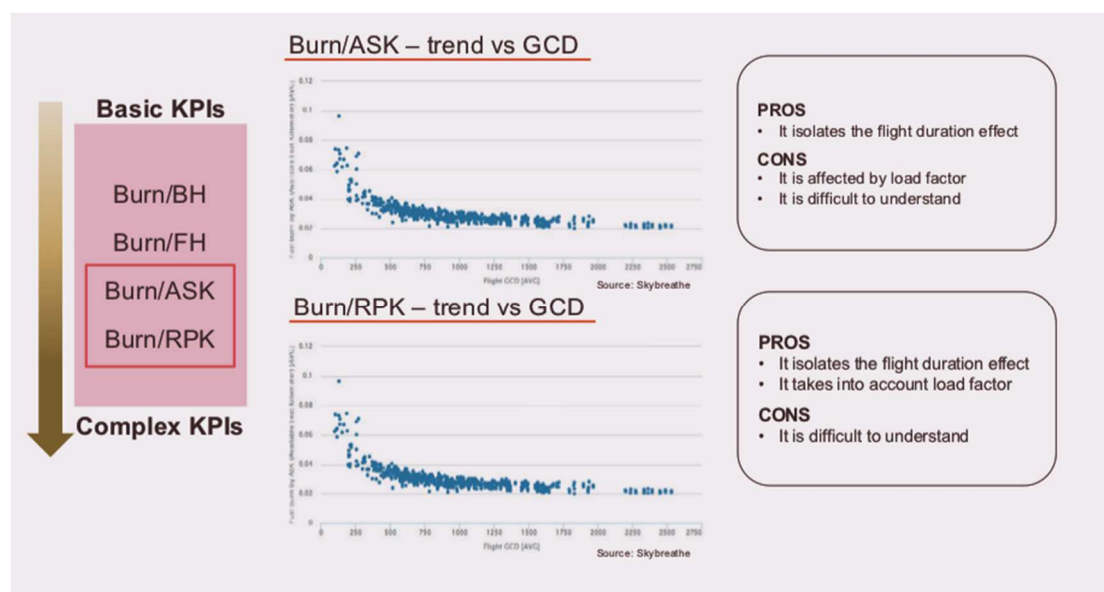
Pro vyhodnocení míry efektivity se využívá tzv. klíčových ukazatelů výkonnosti, zkráceně KPI. Těchto ukazatelů je celá řada. Základní KPI slouží pro účely řízení nákladů, komplexní klíčové ukazatele výkonnosti pak dovolují zkoumat efektivitu více do hloubky. Obecně tyto ukazatele závisí na nákladových položkách a porovnávají užitečnou práci a vynaloženou energii.



Obrázek 16: Základní výkonnostní ukazatele [zdroj: Aircraft IT Operations]

Letecké společnosti povětšinou alokují své náklady podle blokových (BH), nebo letových hodin (FH) na let. [38] Z tohoto důvodu je pro řízení nákladových položek a pro finanční výkazy užitečný základní ukazatel Spotřeba/BH nebo Spotřeba/FH. Důležitá je ale jeho interpretace, neboť v některých provozních situacích může vést k nesprávným předpokladům. Kupříkladu při zkoumání poměru spotřeby paliva na blokovou hodinu může dojít k situaci, kdy krátký (hodinový) let stráví třicet minut poježděním na letišti. Jeho poměrná spotřeba na blokovou hodinu je nižší než stejný let, který poježděl jen 10 minut, avšak jeho efektivita není vyšší, neboť let spálil více paliva. Na krátkých letech má doba poježdění na tento ukazatel velký efekt.

Naopak je to se spotřebou za letovou hodinu. Pokud je let mezi dvěma místy trasován delší cestou než přímou kvůli meteorologickým či jiným důvodům, jeho výsledná poměrná spotřeba bude nižší než letu, který letěl přímou trajektorií. To nás může opět přivést na mylnou myšlenku, že delší let byl efektivnější. Proto je důležité analyzovat výkonnostní ukazatele v některých případech komplexněji.



Obrázek 17: Komplexní výkonnostní ukazatele [zdroj: Aircraft IT Operations]

Typickými komplexními klíčovými výkonnostními ukazateli je poměr spotřeby paliva ku nabízenému sedadlokilometru (Burn/ASK) nebo ku výnosu za osobokilometr (Burn/RPK). V grafu nad odstavcem jsou tyto ukazatele zachycené ve vztahu k vzdálenosti letu. Názorně lze vyčíst jasný trend, že kratší lety jsou obecně méně

efektivní. Stojí za povšimnutí, že pro jednu konkrétní letovou vzdálenost najdeme v grafu na horizontální ose více bodů. To vypovídá, že na stejných vzdálenostech lze dosáhnout odlišných stupňů efektivity, od které se odvíjí množství spotřebovaného paliva.

6.4 Fuel Team

Palivová politika v letecké společnosti má mnoho zúčastněných stran. Dispečeri určují množství paliva na palubě, ale piloti mají právo si na vyžádání přičerpat mimořádné palivo podle svého uvážení a jsou to také oni, kdo palivo využívají. Finanční úsek zase vyjednává cenu na palivovém trhu a i technici a údržbáři ovlivňují spotřebu paliva. Pro komplexní řešení fuel managementu je proto vhodné ustanovit multidisciplinární tým napříč jednotlivými odděleními dané aerolinky. Jedině tak je možné nejlépe analyzovat provozní situaci a palivovou kulturu ve společnosti a strategicky kooperovat kroky vedoucí k optimalizaci provozu. [39] V palivovém týmu by měli najít zastoupení:

➤ Pilot

Zástupce komunity pilotů nebo ideálně vícero je základ každého palivového týmu. Piloti jsou hlavními aktéry při implementaci palivového programu a mají přímý dopad na každodenní provoz společnosti. Mnoho optimalizačních opatření probíhá ve vzduchu za letu a piloti znají nejlépe procedury a omezení, se kterými je třeba počítat. Nemůžou být z týmu vynecháni také z důvodu nezbytné oboustranné důvěry mezi nimi a pozemním personálem. Ta je pro dosažení změn naprosto kritická.

➤ Dispečer

Kvalitní a optimalizovaný letový plán je dalším klíčem pro dosažení uspokojivých palivových výsledků. Letový dispečer je proto důležitou součástí týmu.

➤ Technik letadel

Pro tvorbu procedur či optimalizaci provozních situací je nutné důkladně porozumět daným letadlům, jejich výkonnostním parametrům a omezením tak, aby nemohla být ohrožena bezpečnost. Toto know-how přinese ke stolu letadlový technik.

➤ **Datový analytik**

Velké množství dat je potřeba zpracovat a zanalyzovat tak, aby se jim dalo lépe porozumět a byly pro ostatní názornější a uchopitelnější. Analytici by měly kvanta čísel transformovat do srozumitelných grafů a ukazatelů.

➤ **Bezpečnostní analytik**

Osoba, která má neustálý dohled nad celým projektem. Zajišťuje, aby letová bezpečnost nebyla ohrožena za žádných okolností.

Všichni členové týmu by dále měli šířit palivovou kulturu a další kroky v implementaci nových optimalizačních opatření mezi svými kolegy v jejich úsecích. Zpětná odezva od kolegů mimo tým je také podstatná. Není od věci, pokud se členem týmu stane i zástupce vedení letecké společnosti. Vzájemná kooperace je extrémně důležitá pro fungování celého projektu, a to napříč celou firmou. [39]



Obrázek 18: Složení fuel teamu [zdroj: openairlines.com]

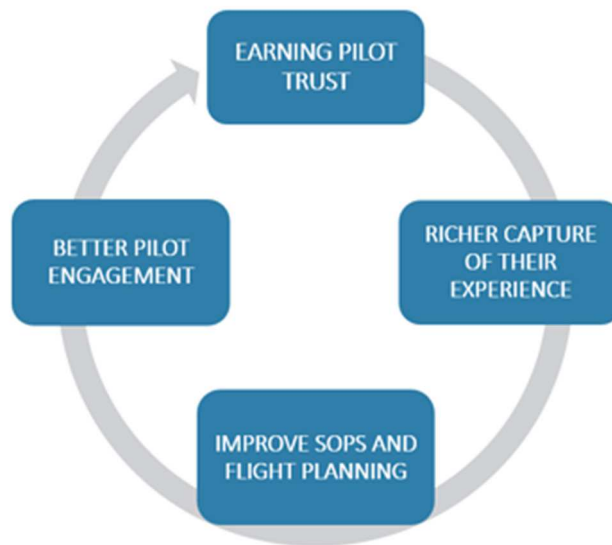
Po nalezení strategie pro optimalizaci palivové politiky začne ustanovený palivový tým přímo spolupracovat s jednotlivými úseky aerolinky na uplatňování úsporných iniciativ nebo na jejich úpravě. Tým by měl fungovat jako mozek celého projektu a vysílat impulsy optimalizace do celé organizace. Komunikace může probíhat přes

pozemní školení s piloty, aplikaci v EFB (*Electronic Flight Bag*) či přes jiný interní systém dané letecké společnosti. Vlastní sociální síť pro své zaměstnance je vhodným nástrojem, jak ve společnosti šířit palivovou kulturu. Vše by mělo být doplněno o pravidelné reporty – měsíční nebo jinak pravidelné *newslettery* a výroční zprávy o palivovém hospodaření, nových opatřeních a o dosažených úspěších. A třeba pro jasné a zapamatovatelné předání stručných hesel o úsporných praktikách je rozmístění informačních plakátů na vhodných místech nejlepší volbou.

6.5 Vliv pilotů

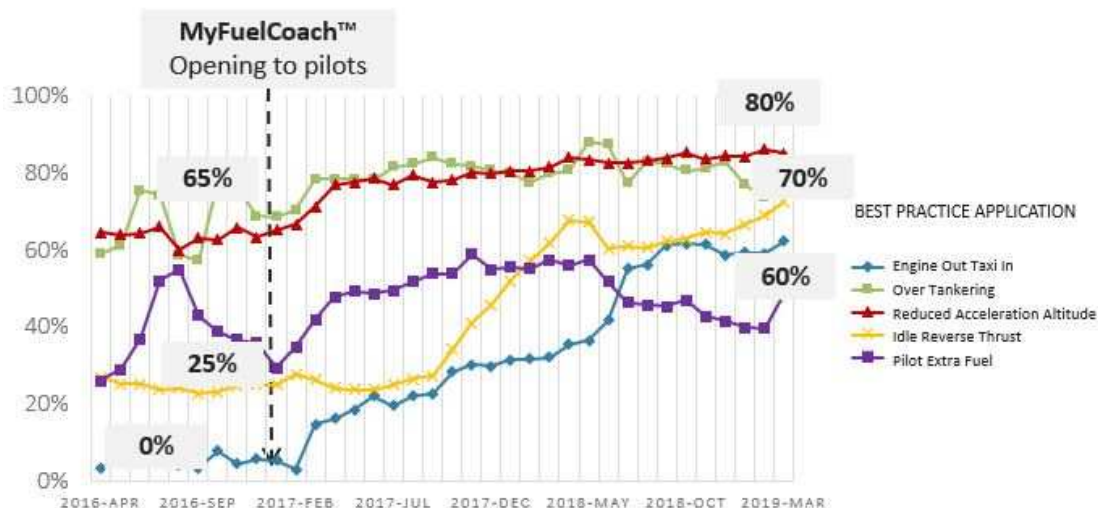
Je tedy zřejmé, že k palivovému projektu by mělo být přistupováno holisticky a neměl by nahlížet jen na letový provoz, nýbrž i na další úseky jako dispečink, údržba nebo pozemní provoz a externě i spolupracovat se složkami řízení letového provozu. Ve finále jsou to ale právě piloti, kteří mají na svědomí reálný dopad na provoz společnosti a její hospodářské výsledky. A to nejen cestou jakou ovládají letadlo, ale i přístupem, jak otevřeně či rezervovaně se staví k novým optimalizačním iniciativám. Důvěra ve společnost i celková pracovní pohoda se také nemalou mírou odráží na jednání pilotů.

Piloti jsou tedy středobody palivového programu a k jeho implementaci by se podle toho mělo přistupovat. Vzájemná výměna strategických a taktických iniciativ ze strany palivového týmu a naopak zkušeností z provozu ze strany pilotů je nutná pro kvalitní fungování celého programu. Získávání jejich důvěry a jejich zainteresování do projektu se ze zkušenosti jiných aerolinek odráží na jejich větší zpětné vazbě a důsledkem toho v nabytí bohatšího náhledu na jejich zkušenosti a hlubšího pochopení jejich jednání. [40] A zevrubnější pochopení jejich konání je důležité pro identifikaci a porozumění neoptimálním provozním postupům.



Obrázek 19: Pilíře palivového programu [zdroj: openairlines.com]

Vhodným řešením, jak lépe zaintegrovat piloty, je zmocnit je například mobilní aplikací, která by jim pomohla snáze aplikovat efektivnější postupy, správně zvolenou prezentací důležitých dat a informací. V dnešní době sociálních sítí je navíc snazší než jindy umožnit pilotům sdílení jejich zkušeností mezi sebou navzájem a podpořit je tak v efektivnějším rozhodování. Například piloti, připravující se na let do libovolné destinace v síti aerolinky by benefitovali z relevantních provozních dat předchozích letů a ze zkušeností jiných kolegů pilotů na dané lince před nimi. Zároveň by to jistě posílilo jejich sebedůvěru a byly by lépe připraveni na potenciální rizikové situace. Jak může kvalitní software, který pilotům poskytne hodnotné informace, dá jim jejich výkonnostní feedback a podpoří v nich snahu o efektivní provoz, pozitivně ovlivnit každodenní provoz letecké společnosti ilustruje graf níže. Poté co filipínské aerolinky Cebu Pacific implementovaly software *MyFuelCoach* od firmy OpenAirlines na přelomu roku 2017 začalo aplikování úsporných procedur.



Obrázek 20: Využívání úsporných metod ve společnosti Cebu Pacific [zdroj: openairlines.com]

Razantní nárůst lze spatřit zejména u pojíždění na stojánku na jeden motor a u zpětného chodu při přistání na volnoběh. Cebu Pacific vyčíslily úsporu ze zavedení softwaru *MyFuelCoach* na více než 10 milionů dolarů. [40] Je ale nezbytné dodat, že samotná aplikace není všespásná, ale musí jít ruku v ruce s dalšími komunikačními kanály. Dalším cenným prostředkem výměny informací mezi piloty a pozemním personálem je pravidelný – ideálně čtrnáctidenní nebo měsíční – newsletter, který by měl pilota seznámit s jeho výsledky a efektivitou provozu za uplynulý měsíc a nějakým způsobem ho motivoval ve vylepšování svých výsledků, třeba prostřednictvím žebříčku pilotů s nejlepšími dosaženými výsledky, zobrazením množství uspořených finančních prostředků jeho osobou nebo mzdových bonusů dle jeho efektivit.

Zvýraznit by se měla zejména provázanost efektivit spalování paliva s bezpečností letového provozu, s celkovou efektivitou provozu společnosti a jejím hospodařením a v neposlední řadě s dopady na životní prostředí. Je potřeba pilotům ukázat prostor pro zlepšení a zároveň je podpořit v jejich zájmu o lepší fungování letecké společnosti a o snížení zátěže letecké dopravy na Zemi.

Piloty je v tomto směru nutné vzdělávat, inspirovat a ulehčovat jim práci, ale protože ale o bezpečnost jde především, finální rozhodnutí musí být vždy ponecháno na pilotech samotných. V komplexních situacích reálného světa nemůže pilotův úsudek nic nahradit.

6.6 Identifikace prostoru pro zlepšení

Stěžejním médiem pro analýzu aktuální provozní situace letecké společnosti a návrhu úsporného palivového programu jsou data a práce s nimi. Bez přehledu nad relevantními letovými ukazateli a nad výsledky zavedených optimalizačních opatření nelze vypočítat potenciál efektivity provozu a stejně tak se nelze dobře zaměřit na slabá místa s prostorem ke zlepšení.

Provozní data pro účely této diplomové práce byla zprostředkována jejím vedoucím od letecké společnosti **Smartwings** a reprezentují dostatečně objemný vzorek dat pro přiblížení čtenáři adekvátního přístupu a práci s nimi. Tato data letecké společnosti pochází z reálného provozu a jejich následující analýza není nepodobná skutečné práci pro potřeby různých leteckých společností. Autor bude s tímto velkým objemem dat dále pracovat a následující grafy a tabulky plynoucí z originálního datového souboru již bude citovat jako své dílo, neboť jsou produktem big-data analýzy, kterou provedl.

Vzhledem ke skutečnosti, že modelová aerolinka definovaná pro potřeby diplomové práce má svou hlavní letovou základnu umístěnou na mezinárodním letišti v Praze, je zřejmé, že mnoho provozních analýz a hledání potenciálu pro optimalizaci se bude odehrávat právě zde, neboť se zde uskutečňuje valná část výkonů modelové aerolinky.

A/C	Sch	Sché	Scheduled Arrival	Dá	Arri	Applied	Achievemen	Fuel Saved	Remaining Potential	Application	Full Engines Duration	Full Engines Fuel Burnt	Full Engine	Full Engines Grou	Eng	Engine Out Fuel Burnt
B738	HRG	PRG	2019-02-03 11:50	Z4	No	0,00	0,00			179,35	2292	425,31	0,19	1,91	0	0,
B738	RMF	PRG	2019-06-30 09:55	Z4	No	0,00	0,00			138,55	1704	328,39	0,19	1,69	0	0,
B738	PRG	AMS	2019-09-03 06:35	Z7	No	0,00	0,00			134,29	1458	303,12	0,21	1,44	0	0,
B738	RHO	PRG	2019-05-31 22:55	Z4	No	0,00	0,00			120,62	1627	300,46	0,18	2,76	0	0,
B738	PRG	AMS	2019-06-06 17:00	18C	No	0,00	0,00			118,03	1314	271,08	0,21	2,56	0	0,
B738	AYT	PRG	2019-07-14 09:35	Z4	No	0,00	0,00			112,24	1376	268,20	0,19	1,56	0	0,
B738	BJV	PRG	2019-06-06 09:20	Z4	No	0,00	0,00			110,48	1474	275,47	0,19	2,01	0	0,
B738	PRG	AMS	2019-06-04 17:00	18R	No	0,00	0,00			100,00	876	212,20	0,24	4,33	0	0,
B738	PRG	MAD	2019-07-01 10:45	18L	No	0,00	0,00			98,97	1028	222,85	0,22	3,03	0	0,
B738	RMF	PRG	2019-07-20 09:30	Z4	No	0,00	0,00			98,97	1248	241,28	0,19	1,49	0	0,
B738	PRG	MAD	2019-07-16 12:10	32R	No	0,00	0,00			97,70	968	214,16	0,22	2,35	0	0,
B738	PRG	MAD	2019-08-11 12:20	18L	Yes	52,23	103,41			94,57	497	217,59	0,44	1,86	363	55,
B738	CFU	PRG	2019-08-18 08:20	Z4	No	0,00	0,00			92,75	1325	241,12	0,18	1,66	0	0,
B38M	LGW	PRG	2019-02-03 23:50	Z4	No	0,00	0,00			92,38	942	193,70	0,21	1,88	0	0,
B739	TLV	PRG	2019-03-11 08:10	Z4	No	0,00	0,00			92,36	1612	293,70	0,18	1,30	0	0,
B738	PRG	CDG	2019-03-10 08:00	Z7R	No	0,00	0,00			88,01	947	203,42	0,21	3,43	0	0,
B738	CDG	PRG	2019-08-26 09:30	06	No	0,00	0,00			87,50	1129	218,10	0,19	1,08	0	0,
B738	PRG	AMS	2019-04-15 06:35	18R	No	0,00	0,00			86,11	1047	208,32	0,20	5,11	0	0,
B738	NBE	PRG	2019-06-07 15:40	06	No	0,00	0,00			85,79	1099	213,24	0,19	1,04	0	0,
B738	PRG	AMS	2019-02-03 18:00	18R	No	0,00	0,00			85,04	1125	216,33	0,19	4,15	0	0,
B738	PRG	AMS	2019-02-22 18:00	18R	No	0,00	0,00			85,00	948	199,10	0,21	4,32	0	0,
B738	FNC	CDG	2019-04-13 23:10	08R	No	0,00	0,00			84,76	902	197,12	0,22	3,22	0	0,
B738	PRG	CDG	2019-05-05 17:25	27R	No	0,00	0,00			84,25	1082	213,32	0,20	2,55	0	0,
B738	PRG	AMS	2019-08-05 06:35	18C	No	0,00	0,00			83,61	948	199,06	0,21	2,68	0	0,
B737	PRG	AMS	2019-02-15 18:00	18R	No	0,00	0,00			82,20	1055	202,94	0,19	4,81	0	0,
B738	PRG	MAD	2019-04-08 12:05	32R	Yes	11,24	10,39			82,06	904	196,79	0,22	2,54	95	10,
B738	PRG	MAD	2019-08-19 10:45	18L	No	0,00	0,00			81,98	761	178,36	0,23	2,53	0	0,
B738	LCA	PRG	2019-08-14 10:00	Z4	No	0,00	0,00			81,25	1002	197,23	0,20	1,54	0	0,
B738	PRG	MAD	2019-04-23 12:20	18L	No	0,00	0,00			80,50	817	183,43	0,22	2,53	0	0,
B738	RMF	PRG	2019-08-23 09:10	06	No	0,00	0,00			80,35	994	196,68	0,20	0,78	0	0,
B737	RMF	PRG	2019-05-14 09:30	00	No	0,00	0,00			80,02	1237	216,40	0,17	1,11	0	0,

Obrázek 21: Letová data v raw podobě [zdroj: Smartwings]

EOTI v Praze

V tabulce přiložené níže lze vidět statistiku modelové letecké společnosti v použití procedury pojíždění na stojánku po přistání pouze na jeden zapnutý motor. V době psaní tohoto textu nejsou piloti letecké společnosti nikterak vedeni či motivováni k používání *Engine Out Taxi* procedur, což se zjevně odráží na nízkém podílu využívání v provozu na letišti v Praze. Z celkových 5379 zaznamenaných přistání na letišti Václava Havla v Praze byl jeden z motorů při pojíždění vypnut v 644 případech, což představuje pouze **12%** úspěšnost. Přirozeně nelze motor vypnout ve všech případech, což je zevrubněji popsáno v charakteristice procedury EOTI výše. V jiné podobné letecké společnosti po implementaci *fuel efficiency* programu a po intervencích palivového týmu ale nebylo výjimkou, že se podíl použití EOTI vyšplhal a ustálil kolem hodnoty 70 procent [41], což už představuje při uvažování objemu provozu modelové aerolinky nemalé úspory.

Tabulka 3: Využití EOTI na letišti v Praze [zdroj: autor]

ZAZNAMENANÉ POČTY POUŽITÍ EOTI V PRG v Q1-Q3/2019			
	Nepoužito	Použito	Celkem
PRG RWY			
06	1458	143	1601
12	45	10	55
24	3042	478	3520
30	188	11	199
Celkem	4735	644	5379

Pozoruhodné je rozložení provozu, respektive využití Engine Out Taxi v závislosti na použité přistávací dráze. Nejčastější dráha v provozu na letišti v Praze je RWY24 a také podíl pojíždění na jeden motor z ní je vyšší než z jiných runwayí, patrně protože se letadlo po dobrzdění ocitne na druhé straně letiště než jsou terminály, cca 2 kilometry od nejbližších stojánek s nástupním mostem. Nejvyšší podíl vypnutí motoru při pojíždění byl zaznamenán po přistání na dráhu 12 – **22,2%**. Dle autora je to dáno skutečností, že přistávací dráha 12 není spojena se systémem pojížděcích drah žádnou rychloodbočkou, letadla tak musí dojet na samý konec dráhy a dlouhou cestou se vracet zpět k apronu. Přistání na dráhu 12 však proběhlo z rozličných důvodů zanedbatelné množství, a celková úspora tak není velká, stejně jako zbývající potenciál.

Naopak přistání na dráze 06 nebo 30 na pražském letišti je velmi dobře uzpůsobeno rychlému exitu letadel směrem oběma letištním terminálům pomocí vhodně umístěných rychloodboček, díky kterým je po opuštění přistávací dráhy pojíždění na stojánku otázka maximálně pár minut. Nejvyšší potenciál úspor tak skýtá zejména dráha 24, na které se odehrává většina pražského provozu. Níže je umístěna tabulka reálných úspor v případech, kdy jeden motor byl skutečně vypnut.

Tabulka 4: Statistika EOTI na letišti v Praze [zdroj: autor]

EOTI Letiště a dráha	VYUŽITO			
	Ø doba pojíždění se zapnutými motory [s]	Ø doba pojíždění s vypnutými motory [s]	Ø zbývající potenciál [kg]	Ø množství ušetřeného paliva [kg]
PRG				
RWY	230,39	116,98	7,92	11,89
06	219,64	137,63	8,13	17,60
12	312,50	99,60	13,64	8,45
24	232,81	111,51	7,80	10,31
30	197,64	104,82	5,40	9,80
Celkem	230,39	116,98	7,92	11,89

Z tabulky vychází mnoho zajímavých skutečností. Například průměrná doba pojíždění, kdy byl na letišti v Praze vypnut motor, činila **5 minut a 47 sekund**, z toho byly motory vypnuty průměrně **1 minutu 57 sekund** a došlo k úspoře **11,89 kilogramů**. Protože výrobcem stanovená *cooldown* doba u Boeingu 737-800 jsou 3 minuty, ale motor byl dle statistik průměrně vypnut až po dalších 50 sekundách, skrývá se i v těchto operacích teoretický potenciál k dalšímu zvýšení již dosažených úspor. Dalším překvapivým zjištěním je skutečnost, že nejvyšších palivových úspor bylo docíleno po vypnutí motoru po přistání na dráhu 06. Posádky, které po dosednutí na tuto dráhu uplatnily proceduru EOTI, ušetřily v průměru 17,6 kilogramů paliva. Jen při 143 pojíždění z dráhy 06 pouze na jeden motor tak celková úspora představuje zhruba 2500 kilogramů paliva. Oproti tomu na nejpoužívanější pražské dráze 24 bylo ve 478 případech ušetřeno 4928 kilogramů *jet fuel*.

Celková úspora v 644 případech uplatnění *Engine Out Taxi In* na letišti v Praze mezi lednem a říjnem roku 2019 dělá 7 657 kilogramů paliva. Při ceně 700 USD/MT činí finanční úspora 5 360 USD. A to při použití v pouze 12% případů. Pokud by piloti navíc vypnuly motor vždy ihned po předepsané době, ušetřili by dodatečných 5 100 kilogramů, respektive 3 315 USD.

Další přiložená tabulka přibližuje parametry přistání a následné pojíždění, při kterých **nebyl** jeden z motorů vypnut. Druhý sloupec udává dobu, po kterou byly oba motory zapnuty a v tomto případě tedy celkovou dobu pojíždění. Čtvrtý sloupec pak vypovídá hodnotu průměrné úspory paliva, v případě že by motor byl vypnutý po předepsané *cooldown* době.

Tabulka 5: Nevyužití EOTI na letišti v Praze [zdroj: autor]

Letiště a dráha	Ø doba pojíždění se zapnutými motory [s]	Ø doba pojíždění s vypnutými motory [s]	Ø zbývající potenciál [kg]	Ø množství ušetřeného paliva [kg]
PRG	283,63	0,22	12,30	0,00
06	245,34	0,22	9,97	0,00
12	310,80	0,00	14,74	0,00
24	304,51	0,22	13,64	0,00
30	236,28	0,18	7,90	0,00
Celkem	283,63	0,22	12,30	0,00

Lze vyčíst, že průměrná doba pojíždění na letišti v Praze (letadlem Boeing 737) je necelých 284 sekund, tedy 4 minuty a 44 sekund. Pojíždění z drah 24 a 12 je delší a trvá v průměru přes pět minut. Právě tam se skrývá největší potenciál pojíždění na jeden motor na pražském letišti.

Motor po přistání na dráze 24 na letišti v Praze v období Q1-Q3/2019 byl vypnut v 478 zaznamenaných případech z 3520. Průměrná úspora vypnutí motoru přitom přinesla úsporu 10,3 kilogramů paliva. Pokud by se motor vypnul po 50 procentech přistání na RWY24, úspora by byla následovná:

$$EOTI \text{ úspora RWY24 PRG} = (3042 \times 50\%) \times 10,3 \text{ kg} = 18\,128 \text{ kg}$$

$$700 \frac{\text{USD}}{\text{MT}} \Rightarrow 18,128 \text{ MT} = 12\,690 \text{ USD}$$

Zvýšení používání EOTI při poježdění po přistání pouze na RWY24 by aerolince přineslo dodatečnou úsporu přes 18 tun paliva navíc, respektive \$12 690 (11/2019).

Druhá největší část pohybů připadá na přistávací dráhu 06, zhruba dvakrát méně než na dráhu 24. Z důvodu přistání směrem ke stojánkům a odbavovacím halám a následně kratší době poježdění se zdá, že piloti mají menší zájem na vypnutí jednoho motoru, jelikož dosažitelné úspory nejsou tak vysoké, jako po přistání na dráze 24 nebo 12. Z tabulky o dosažených úsporách výše však vychází, že průměrných nejvyšších úspor při poježdění bylo za současného stavu docíleno právě po přistání na dráze 06, i když doba poježdění je s dráhou 24 srovnatelná.



Obrázek 22: Diagram letiště PRG [zdroj: prg.aero]

Na závěr je podstatné vyčíslit celkový objem dosažených a potenciálních úspor v rámci *Engine Out Taxi In* na letišti v Praze, v zájmu stanovení teoretické mety optimalizace zdejšího provozu.

Tabulka 6: EOTI operace na letišti v Praze [zdroj: autor]

ENGINE OUT TAXI IN v PRG			celkové množství
Applied=YES	počet případů	644	7 599 kg
	doba poježdění	347 s	
	ušetřené množství paliva	11,8 kg	
Applied=NO	počet případů	4735	45 456 kg
	doba poježdění	283 s	
	odpovídající množství paliva k úspoře	9,6 kg	

- Dle statistiky byl jeden motor při poježdění na letišti v Praze vypnut po **644 z celkových 5379 přistání (12%)**
- Modelová letecká společnost šetří díky EOTI v Praze průměrně **11,8kg paliva** na jedno přistání při délce poježdění 347s
- V případě celkové průměrné délky poježdění v Praze (283s), odpovídá průměrná úspora hodnotě **9,86kg paliva na přistání**
- Cílová využitelnost EOTI je **50%**

Modelová letecká společnost přistane na letišti v Praze přibližně 10000x za rok. Výsledný cílový prostor k úspoře (*využitelnost EOTI 50%*) skrytý v pozemním provozu na jeden motor na letišti v Praze pak činí **49,3t, respektive 34 500 USD** (cena paliva z listopadu 2019).

Jak této úspory dosáhnout, tomu se věnuje následující kapitola této diplomové práce.

EOTI mimo Prahu

Nyní po vyčíslení potenciálních úspor plynoucích z poježdění po přistání s jedním vypnutým motorem na domovské bázi modelového dopravce bude představena stejná procedura na několika velkých a rušných vytipovaných letištích po Evropě, kde jsou doby poježdění zpravidla dlouhé a kde by tak EOTI procedura mohla ušetřit více paliva a peněz než jinde. Pod odstavcem se nachází tabulky, která představují

statistiku provozu na letištích v Amsterdamu, Paříži (CDG) a Madridu. Tyto letiště jsou na prvních místech nejrozlehlejších vzdušných přístavů v Evropě, stejně tak v počtech odbavených cestujících.

Nejprve budou představeny procentuální využití EOTI na těchto letištích za první tři čtvrtletí roku 2019. Vyjmuty ze statistiky jsou přistávací dráhy s minimálním počtem přistání (do 10), neboť představují minimální vypovídající hodnotu a výsledné úspory na těchto drahách budou stejně minimální.

Tabulka 7: Využití EOTI na letištích v Amsterdamu, Paříži a Madridu [zdroj: autor]

Letiště a RWY	Nepoužito	Použito	Celkem	Podíl
AMS	233	25	258	9,69%
18C	99	9	108	8,33%
18R	11	7	18	38,89%
27	35	7	42	16,67%
36R	75	2	77	2,60%
CDG	419	121	540	22,41%
08R	13	7	20	35,00%
09L	185	58	243	23,87%
26L	55	9	64	14,06%
27R	157	45	202	22,28%
MAD	82	22	104	21,15%
18L	34	6	40	15,00%
32R	45	15	60	25,00%
Celkem	734	168	902	18,63%

Procentuální využití *Engine Out Taxi In* není na této trojici velkých letišť signifikantní a jen výjimečně se vyšplhá nad hranici 30 procent – to v případě opravdu velmi dlouhých pojížděcích dob. V ostatních případech se hodnota pohybuje kolem 20 procent, což je málo – zejména na letištích této rozlohy – a desítky tun paliva se tak spálí každoročně zbytečně. Další tabulka reflektuje doby pojíždění a teoretické i reálné palivové úspory.

Tabulka 8: Statistika EOTI operací na letištích v Amsterdamu, Paříži a Madridu [zdroj: autor]

Letiště	EOTI: Nepoužito			
	Ø doba pojíždění se zapnutými motory [s]	Ø doba pojíždění s vypnutými motory [s]	Ø zbývající potenciál [kg]	Ø množství ušetřeného paliva [kg]
AMS	433,61	0,10	28,32	0,00
CDG	569,62	0,06	39,43	0,00
MAD	623,83	0,32	56,82	0,00
Celkem	532,50	0,10	37,85	0,00

Z tabulky lze vyčíst, že průměrná doba pojezdění na těchto rozlehlých letištích je mnohem delší než na menším letišti v Praze. V Amsterdamu tato doba činí průměrně 7,5 minuty v závislosti na přistávací dráze a zvolené stojánce, v Paříži pak 9,5 minuty a rekord drží Madrid s průměrnou dobou pojezdění přes 10 minut. Tomu odpovídají i hodnoty potenciálních úspor pro pozemní operace na daných letištích. Zatímco teoretická maximální úspora na letišti Schiphol v Amsterdamu činí 28 kilogramů paliva na let, v Paříži už je to téměř 40kg a pojezdění na jeden motor v Madridu už skýtá poměrně vysokou průměrnou úsporu 56,5kg paliva. **V případě denního letu do Madridu je možné EOTI operací jen v Madridu teoreticky ušetřit přes 20 tun paliva ročně.**

Následuje vyhodnocení případů, kdy jeden motor po přistání na těchto letištích vypnut byl, spolu s detailním přehledem o použité přistávací dráze (viz tabulka 5). V Amsterdamu nejvíce vyčnívá přistávací dráha 18R „Polderbaan“, o které je zmínka v teoretické části výše. Tato dráha je umístěna samostatně v polích daleko od terminálů a průměrná doba pojezdění na stojánku z ní trvá přes 15 minut. **V případě vypnutí motoru po přistání na Polderbaan se podařilo ušetřit v průměru téměř 50 kilogramů paliva.**

Tabulka 9: Statistika EOTI operací na letištích v Amsterdamu, Paříži a Madridu [zdroj: autor]

Applied	Yes			
Letiště a dráha	Ø doba pojezdění se zapnutými motory [s]	Ø doba pojezdění s vypnutými motory [s]	Ø zbývající potenciál [kg]	Ø množství ušetřeného paliva [kg]
AMS	365,36	208,80	21,60	20,37
18C	388,56	91,44	24,72	8,15
18R	434,71	485,00	28,27	49,78
27	273,43	85,57	12,84	8,50
36R	340,00	201,50	14,83	13,98
CDG	365,58	202,79	22,13	20,82
08R	448,57	193,57	31,57	18,69
09L	348,69	211,22	20,42	21,86
09R	473,00	270,00	22,40	19,02
26L	326,78	184,00	16,61	17,11
26R	474,00	58,00	43,18	7,54
27R	377,40	198,84	23,51	20,89
MAD	433,95	221,32	39,08	38,80
18L	394,50	331,17	54,25	80,31
32L	298,00	91,00	16,93	9,45
32R	458,80	186,07	34,49	24,15
Grand Total	374,50	206,11	24,27	23,11

Na letišti Charlese De Gaulla v Paříži jsou dráhy rozmístěny víceméně v rovnoměrné vzdálenosti kolem terminálů pro cestující a doby poježdění i dosažené úspory jsou podobné. Na dvou nejčastějších přistávacích drahách 09L a 27R, na které připadají tři čtvrtiny všech pařížských přistání se stabilně daří šetřit přes 20 kilogramů paliva, přičemž potenciál je ještě o dalších 20 kilogramů vyšší.

Madridské letiště Barajas je druhé nejrozlehlejší letiště v Evropě a vyniká nejdelšími dobami poježdění ze třech vytipovaných letišť a tedy i nejvyššími dosažitelnými úsporami. Na dráhu 18L připadá zhruba polovina všech přistání v Madridu a v případě použití *Engine Out Taxi In* po přistání se podařilo průměrně uspořit celých 80 kilogramů paliva. Při využití celého potenciálu této procedury by hodnota vystoupala nad 130 kilogramů ušetřeného paliva.

Tabulka 10: Statistika operací EOTI na letišti v Amsterdamu [zdroj: autor]

ENGINE OUT TAXI IN v AMS			celkové množství
Applied=YES	počet případů	25	509 kg
	doba poježdění	574 s	
	ušetřené množství paliva	20,4 kg	
Applied=NO	počet případů	233	3 580 kg
	doba poježdění	433 s	
	odpovídající množství paliva k úspoře	15,3 kg	

- Dle statistiky byl jeden motor při poježdění na letišti v Amsterdamu vypnut po **25 přistání z celkových 258 (9,7%)**
- Modelová letecká společnost šetří díky EOTI v Amsterdamu průměrně **20,4kg paliva** na jedno přistání
- V případě použití EOTI po 100% přistání na letišti v Amsterdamu by průměrná úspora, s přihlédnutím k době poježdění, činila **15,84kg paliva na jedno přistání**
- Cílová využitelnost EOTI je **50%**

Modelová letecká společnost přistane na letišti v Amsterdamu přibližně 750x za rok. Výsledný cílový prostor k úspoře (využitelnost EOTI 50%) skrytý v pozemním provozu na jeden motor na letišti v Amsterdamu pak činí **5,9 tuny, respektive 4 150 USD** (cena paliva z listopadu 2019).

Tabulka 11: Statistika operací EOTI na letišti v Paříži [zdroj: autor]

ENGINE OUT TAXI IN v CDG			celkové množství
Applied=YES	počet případů	121	2 517 kg
	doba poježdění	568 s	
	ušetřené množství paliva	20,8 kg	
Applied=NO	počet případů	419	8 715 kg
	doba poježdění	569 s	
	odpovídající množství paliva k úspoře	20,8 kg	

- Dle statistiky byl jeden motor při poježdění na letišti v Paříži vypnut po **121 přistání z celkových 540 (22,4%)**
- Modelová letecká společnost šetří díky EOTI v CDG průměrně **20,8kg paliva** na jedno přistání
- V případě použití EOTI po 100% přistání na letišti v Paříži by průměrná úspora, s přihlédnutím k době poježdění, činila taktéž **20,8kg paliva na přistání**
- Cílová využitelnost EOTI je **50%**

Modelová letecká společnost přistane na letišti v Paříži (CDG) přibližně 1500x za rok. Výsledný cílový prostor k úspoře (využitelnost EOTI 50%) skrytý v pozemním provozu na jeden motor na letišti CDG pak činí **15,6 tun, respektive 10 920 USD** (cena paliva z listopadu 2019).

Tabulka 12: Statistika operací EOTI na letišti v Madridu [zdroj: autor]

ENGINE OUT TAXI IN v MAD			celkové množství
Applied=YES	počet případů	22	853 kg
	doba poježdění	655 s	
	ušetřené množství paliva	38,8 kg	
Applied=NO	počet případů	82	3 026 kg
	doba poježdění	623 s	
	odpovídající množství paliva k úspoře	36,9 kg	

- Dle statistiky byl jeden motor při poježdění na letišti v Madridu-Barajas vypnut po **22 přistání z celkových 82 (21,2%)**
- Modelová letecká společnost šetří díky EOTI v MAD průměrně **38,8kg paliva** na jedno přistání

- V případě použití EOTI po 100% přistání na letišti v Madridu by průměrná úspora, s přihlédnutím k době poježdění, činila **37,3kg paliva na přistání**
- Cílová využitelnost EOTI je **50%**

Modelová letecká společnost přistane na letišti v Madridu (MAD) přibližně 300x za rok. Výsledný cílový prostor k úspoře (využitelnost EOTI 50%) skrytý v pozemním provozu na jeden motor na letišti MAD pak činí **5,6t, respektive 3 920 USD** (cena paliva z října 2019).

Přehled Engine Out Taxi In úspor na čtyřech analyzovaných letištích je přiložen níže:

Tabulka 13: Přehled analyzovaných letišť [zdroj: autor]

letišťe	letů ročně	úspora/přistání	roční úspora
PRG	10 000	9,8 kg	49t
AMS	750	15,8 kg	5,9t
CDG	1500	20,8 kg	15,6t
MAD	300	37,3 kg	5,6t
roční úspora EOTI=50%			76,1t

Celkové roční úspory modelové letecké společnosti díky využívání EOTI na 50% na letištích v Praze, Amsterdamu, Paříži a Madridu činí **76,1t neboli 53 270 USD** (cena paliva z listopadu 2019).

Tyto úspory byly kalkulovány s konzervativně zvolenými parametry. Cílová hodnota využitelnosti byla zvolena jako 50%, tedy že motor při poježdění vypne průměrně jen každé druhé letadlo. Společnost by ale měla směřovat k tomu, aby motor byl vypnutý při poježdění vždy tehdy, když to dovolují okolní podmínky a když bude docíleno úspory. Ceny paliva byly uvažovány s přihlédnutím k odlišné hodnotě diference přírážky každého dodavatele paliva.

Při snaze o zvýšení podílu metody *Engine Out Taxi In* v každodenním provozu letecké společnosti je důležité brát na vědomí, že lze provést jen po důkladné předchozí rozvaze a za dodržení všech podmínek, jinak by vypnutí motoru v nesprávné situaci mohlo vést k větším škodám, než užítku. Direktiva upravující takový provoz musí vzniknout a být implementována až po analýze daných letišť pro tyto účely.

Idle Reverse

Použití zpětného chodu na nižší než plný výkon v průběhu brzdění po přistání je praxe v modelové aerolince již poměrně zaběhlá, možná z důvodu, že při přistání na dlouhých drahách je pro piloty intuitivní. Pokud jsou dráhové podmínky příznivé a dráha samotná nabízí hodně prostoru, nebývá důvod snažit se letadlo zabrzdit příliš rychle, zejména pak pokud bude letadlo nuceno pojíždět dále po dráze k odbočce na pojezdovou dráhu.

Použití zpětného chodu je také úzce spojeno s použitím automatické brzdy *Autobrake*. Ta definuje hodnotu decelerace letadla po přistání. Použitím vyššího stupně zpětného chodu brzdí samotné letadlové brzdy méně a jejich opotřebení je nižší.

Tabulka pod tímto textem reflektuje statistiku použití zpětného chodu na volnoběh na několika vybraných letištích v síti destinací modelové aerolinky v Evropě (Amsterdam, Antalya, Burgas), společně s bází v Praze. Všechny dráhy uvedené v tabulce jsou delší než 3000 metrů a vynechány jsou dráhy s počtem přistání nižší než 10. Je zajímavé sledovat, že procento přistání se zpětným chodem motorů na volnoběh je velmi vysoké i přes malou snahu aerolinky aktivně prosazovat *fuel efficiency program*. V případě přistání na výše v teorii zmíněné dráze „Polderbaan“ 18R na Amsterdamském letišti jsou piloti modelové aerolinky stoprocentní.

Tabulka 14: Využití Idle Reverse na letištích v Amsterdamu, Antalyi a Burgasu [zdroj: autor]

Count of Applied Row Labels	Column Labels		Grand Total	Percentage
	No	Yes		
AMS	20	256	276	93%
18C	8	115	123	93%
18R	0	18	18	100%
27	4	45	49	92%
36R	8	75	83	90%
AYT	7	48	55	87%
36C	3	36	39	92%
36R	2	8	10	80%
BOJ	23	129	152	85%
04	16	80	96	83%
22	7	49	56	88%
PRG	622	4999	5621	89%
06	132	1577	1709	92%
12	20	55	75	73%
24	429	3159	3588	88%
30	36	207	243	85%
Grand Total	672	5432	6104	89%

I na pražském letišti jsou čísla velmi dobrá. Nejnižšího procenta využití je dosaženo po přistání na dráhu 12 (73 procent). Patrným důvodem je skutečnost, že dráha 12 je pro přistání používána v průběhu roku jen málokdy a někteří piloti na ní nejsou zvyklí, případně s přistáním na ní nejsou plně seznámeni a volí proto „jistotu“. Přistávací dráha 12 současně jako jediná nenabízí žádnou rychloodbočku, z toho důvodu je nutné při opuštění dráhy letadlo zpomalit na skutečně minimální rychlost.

V ostatních případech se dá statistice máloco vytknout. Celková využívanost této optimalizační procedury dosahuje na pražském letišti téměř 90 procent, na dovolenkových letištích v Antalyi a Burgasu je jen o málo nižší, v případě letiště Schiphol v Amsterdamu dosáhla dokonce 93 procent. Piloti společnosti evidentně tuto techniku znají a používají, proto si nyní ukažme jaké úspory toto přináší a jak by se daly úspory plynoucí z *Idle Reverse* dále prohloubit. Další tabulka ukazuje úspory při použití metody.

Tabulka 15: Statistika úspor použitím Idle Reverse [zdroj: autor]

Idle Reverse použito		
Letiště a dráha	Ø množství ušetřeného paliva [kg]	Ø zbývající potenciál [kg]
AMS	2,77	0,69
18C	3,16	0,68
18R	2,56	0,43
27	2,27	0,74
36R	2,59	0,76
AYT	5,65	1,56
36C	5,67	1,57
36R	5,38	1,52
BOJ	8,11	1,76
04	8,01	1,79
22	8,27	1,71
PRG	3,07	0,96
06	2,70	1,03
12	2,30	0,96
24	3,27	0,92
30	2,88	0,95
Celkem	3,20	0,97

Z tabulky úspor vyplývá, že dráha, která je pro přistání používaná častěji je ta, na které se dosahuje pomocí *Idle Reverse* průměrně nejvyšších úspor. To platí pro nejčastěji používanou dráhu na pražském letišti 24, pro dráhu 18C v Amsterdamu i pro letiště v Antalyi a místní dráhu 36C. Vyplývá také, že potenciál této operace je vyčerpán ze 77%, což je úctyhodné číslo, které nenabízí příliš prostoru pro zlepšení.

- V Praze použití procedury *idle reverse* se v 4999 případech ušetřilo celkem 15 347kg paliva a letecká společnost šetří na pražském letišti průměrně 3,07kg paliva na přistání.
- *Idle reverse* byl využit v PRG v 89% případů a nezbývá tak mnoho potenciálu pro zlepšení

Úspory plynoucí z vysokého podílu využívání procedury Idle Reverse leteckou společností na pražském letišti činí 27,3t paliva v hodnotě 19 100 USD ročně, při ceně paliva \$700/MT (listopad 2019).

Zbývající potenciál procedury v žádném z případů nepředstavuje dodatečnou úsporu vyšší než 25% a proto autor tento potenciál považuje za naplněný. 672 zaznamenaných případů, kdy byl při přistání použit plný výkon zpětného chodu motoru, představuje pouze 11 procent všech přistání. Vzhledem k faktu, že tento postup nemůže být z bezpečnostních důvodů použit vždy, a že finální rozhodnutí vždy závisí na kapitánovi letadla, je i procentuální využití postupu hodnoceno autorem jako uspokojivé bez potřeby razantních zásahů ze strany fuel departmentu letecké společnosti.

Continuous Descent Approach

Snaha o zaletění přiblížení do destinace s co nejnižším možným počtem tzv. „*stepů*“ nezávisí na rozdíl od doposud zmíněných technik jen na pilotovi a okolních podmínkách, nýbrž z velké části i na získání povolení od složek řízení letového provozu. Pokud je v daném místě a okamžiku hustý provoz, *bezschodové* přiblížení nemusí být možné bezpečně zaletět s ohledem na okolní letadla a předepsané rozstupy mezi nimi.

Z důvodu obrovské komplexnosti této optimalizační procedury se následující analýza zaměří zejména na její uplatnění v průběhu přiblížení na domovskou bázi modelové aerolinky, kde probíhá přibližně třetina všech jejích přiblížení – na letišti Václava Havla v Praze. Letová data pochází ze softwaru *SkyBreathe* společnosti *OpenAirlines*.

Tabulka 16: Využití procedury CDA na evropských letištích [zdroj: autor]

Procentuální úspěšnost využití CDA			
Letiště a STAR	Ne	Ano	Podíl
FUE	91	125	58%
HRG	155	150	49%
KGS	39	105	73%
NAP	11	10	48%
PRG	4213	2299	35%
VLM3S 24	933	441	32%
<i>nespecifikováno</i>	439	385	47%
GOLO3S 24	204	241	54%
LOMK7T 06	119	219	65%
GOSE4S 24	500	191	28%
GOLO2S 24	114	147	56%
GOSE4T 06	364	137	27%
GOLO3T 06	157	120	43%
VLM2S 24	156	89	36%
VLM4T 06	248	84	25%
GOSE3S 24	137	63	32%
VLM4R 30	98	41	29%
LOMK7S 24	288	40	12%
LOMK6S 24	243	31	11%
GOLO4R 30	29	15	34%
LOMK6T 06	12	12	50%
GOSE5R 30	37	9	20%
GOLO3P 12	5	8	62%
VLM4P 12	26	7	21%
GOSE5P 12	2	4	67%
GOSE3T 06	11	3	21%
LOMK6P 12	13	3	19%
GOLO2T 06	10	2	17%
GOLO3R 30	9	2	18%
VLM3R 30	11	2	15%
GOSE4R 30	5	1	17%
LOMK7R 30	10	1	9%
LOMK8R 30	33	1	3%
Grand Total	4509	2689	37%

Tabulka nad textem vyobrazuje pár vybraných letišť společně s letištěm pražským, které je dále detailně členěno podle standardizované přibližovací trajektorie. Letiště PRG, jakožto nejrušnější letiště v seznamu, dosáhlo nejmenšího procenta uplatnění techniky *Continuous Descent Approach* s 35 procenty. Ostatní letiště se umístila lépe, což potvrzuje předpoklad: čím frekventovanější letiště, tím nižší šance na užití CDA přiblížení. V případě letiště Kos v Řecku se míra uplatnění 73 procent dá považovat za obstojné číslo.

Zajímavý trend je viditelný v příletových cestách STAR na pražské letiště. Čím častěji používaná trajektorie, tím vyšší poměr CDA přiblížení. Jeví se, že čím více jsou piloti seznámeni s danou přibližovací trajektorií, tím lepší jsou v její optimalizaci. Vyšší sebevědomí, větší připravenost na situaci i celková vnitřní pohoda při přiblížení, který už dotyčný zažil mnohokrát, ústí v nižší množství spotřebovaného paliva během něj. Jaké jsou ale reálné úspory?

Tabulka 17: Statistika CDA přiblížení na letišti v Praze [zdroj: autor]

Ø množství spáleného paliva											
STAR trať	0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	Celkem
nespecifikováno	364	448	546	669	608	661					461
GOLO2S 24	380	411	488	574	654	657					421
GOLO2T 06	407	519	708	536							518
GOLO3P 12	404	394	631	508							475
GOLO3R 30	428	556	523	485	1155		1105				611
GOLO3S 24	360	421	502	601	815	775					439
GOLO3T 06	439	521	601	752	794	891	785	1156			547
GOLO4R 30	438	541	576	598	809	861		976			565
GOSE3S 24	575	556	663	780	921						623
GOSE3T 06	353	592	682	677							589
GOSE4R 30	511		507	898	1044	1279					856
GOSE4S 24	505	576	643	684	742	750		1291			610
GOSE4T 06	370	587	663	716	746	1069	818	1003	820		608
GOSE5P 12	619	673	752	840							697
GOSE5R 30	429	568	702	702	945	1626					693
LOMK6P 12	578	471	519	527	793						530
LOMK6S 24	458	565	588	663	657	835	1229				585
LOMK6T 06	370	449	432	497							417
LOMK7R 30	797	589	605	892							694
LOMK7S 24	495	560	577	627	600	772	962				576
LOMK7T 06	393	443	483	572	670	662					434
LOMK8R 30	772	584	643	753	941	821					656
VLM2S 24	360	561	662	774	737	1151				3262	573
VLM3R 30		472	415	464		730					464
VLM3S 24	368	612	692	808	858	996	1032	1222	1120		630
VLM3T 06	258										258
VLM4P 12	462	576	718	829	762		1097				672
VLM4R 30	370	567	631	709	698		960				577
VLM4T 06	377	629	771	854	990	1068	978	1109			703
Grand Total	397	541	628	720	799	905	992	1124	1020	3262	563

V tabulce nad textem jsou seřazeny standardizované příletové trajektorie na letiště v Praze a dále rozděleny podle počtu schodů v průběhu přiblížení. Z tabulky vychází jednoznačné sdělení – čím více schodů v průběhu přiblížení, tím vyšší celková spotřeba paliva. V případě perfektně zaletěného *Continuous Descent* přiblížení s nulovým počtem schodů se průměrné množství spotřebovaného paliva pohybovalo kolem hranice 400kg. Tři schody od bodu zahájení klesání do dlouhého finále již znamenalo spotřebu na přiblížení o více než 300kg vyšší a pět schodů už představuje rozdíl průměrně půl tuny paliva na přiblížení – více než 900kg paliva.

Cíl implementace je zřejmý – snaha o snížení množství paliva spotřebovaného při přiblížení na *bez-stepové* hodnoty, tedy asi 400 kilogramů. Současné průměrné množství paliva spotřebované během jednoho přiblížení na pražské letiště je 563kg. Běžné úspory pro společnosti, které se snaží o efektivnější profil klesání, se pohybují zhruba od 30 do 70 kilogramů. [17] Tabulka níže počítá spíše s pesimističtějšími úsporami - 20, respektive 40kg na jedno přiblížení na letiště v Praze.

Tabulka 18: Potenciál úspor v CDA přiblížení na letiště v Praze [zdroj: autor]

Continuous Descent Approach: roční úspory v PRG		
počet přiblížení v PRG	10 000	
zlepšení o	20 kg	40 kg
cena za tunu (10/2019)	700 USD	
finanční úspora	\$140 000	\$280 000

RAA

Reduced Acceleration Altitude je praxe používaná během vzletu, která umožňuje posádce po vzletu letadla akcelarovat a vyčistit konfiguraci jen pár stovek metrů od Země, což se projeví v dřívějším dosažení nižšího odporu a vyšší efektivity spalování paliva. Použití této metody je podmíněno zejména schválením letištěm a místními hlukovými omezeními – na příslušném letišti musí být umožněn NADP2 odlet.

Modelová letecká společnost má standardně stanovenou sníženou *výšku akcelerace* na 1500ft, taková procedura je aplikována na letišti v Praze. Následující kalkulace

bude zjišťovat, jak velké úspory by přineslo teoretické snížení výšky akcelerace na nejnižší legislativně možnou hladinu 800ft na pražském letišti.

Právě 800ft je stanovená minimální výška akcelerace na letišti Schiphol v Amsterdamu (AMS), porovnání tedy bude provedeno s tímto letištem. V tabulce níže lze vidět skutečné výšky akcelerace pro čtyři pražské vzletové dráhy společně s dosaženou úsporou paliva danou dřívějším zrychlením než v standardních 3000ft. Pro dráhu 24 jsou dále zobrazeny jednotlivé odletové tratě.

Tabulka 19: Statistika RAA na letišti v Praze [zdroj: autor]

PRG runway a SID	Ø úspora [kg]	Ø zbývající potenciál [kg]	Ø úspěšnost [%]	Ø výška akcelerace [ft]
	25,1	9,5	73	2149
12	27,8	7,1	79	2057
30	26,2	8,4	76	2118
06	25,9	8,9	74	2133
24	24,7	9,8	72	2159
ARTU2M	23,5	9,1	72	2170
ARTU3A	23,7	9,5	72	2122
ARTU3M	26,2	8,7	75	2123
ARTU4A	24,8	10,2	71	2159
BALT3A	23,2	9,9	71	2174
BALT4A	25,7	9,3	74	2143
DOBE3A	24,6	9,8	72	2162
VENO2M	26,0	8,7	75	2131
VENO3A	26,0	8,8	75	2142
VENO4A	25,3	9,6	72	2156
VOZ2A	22,1	9,7	70	2172
VOZ2M	21,3	9,3	70	2167
VOZ3A	24,9	10,1	71	2162
VOZ3M	24,6	10,4	71	2166

Je zřejmé, že rozdíly v reálných výškách akcelerace pro jednotlivé dráhy nejsou markantní. Autor tedy bude pokládat procedurální výšku akcelerace za rozhodující faktor skutečné výšky akcelerace a předpokládat tak, že dosažené palivové úspory s ní přímo korespondují. Následující tabulka obsahuje data odletů z AMS.

Tabulka 20: Statistika RAA na letišti v Amsterdamu [zdroj: autor]

AMS runway a SID	Ø úspora [kg]	Ø zbývající potenciál [kg]	Ø úspěšnost [%]	Ø výška akcelerace [ft]
	34,5	25,4	62	1922
09	41,1	17,6	73	1679
18C	45,3	11,0	80	1512
18L	33,0	27,2	59	1984
24	31,9	28,1	57	1969
36C	35,3	25,2	63	1923
36L	36,9	21,5	67	1825

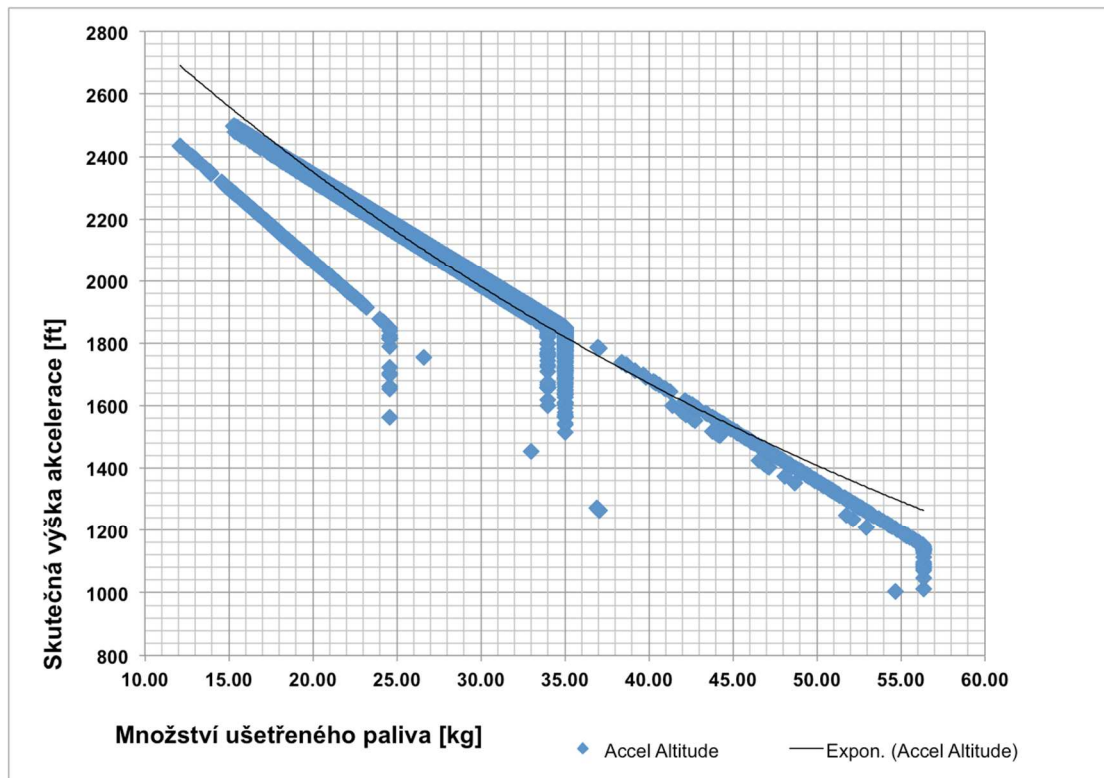
V AMS je situace jiná. Pro odlišné SIDy, ač stejné dráhy, dosahuje letecká společnost rozdílných skutečných výšek akcelerací, přestože celé letiště má stanovenou minimální výšku 800ft. Zároveň je rozdíl mezi skutečnou a stanovenou minimální výškou akcelerace vyšší než na letišti v Praze a skutečná výška akcelerace činí průměrně 1922ft, o více než 1100ft než je legislativně nutné. Autor tuto skutečnost připisuje zvyklosti pilotů z PRG, kde probíhá největší část letů a akcelerace probíhá nad 1500ft.

Příklad úsporného odletu z AMS lze vidět níže:

letiště	dráha	SID	Úspora	ACC ALT	skutečná ACC ALT
AMS	18L	ARNE3E	56,34 kg	800ft	1137ft

[zdroj: autor]

Úsporu paliva ale přímo určuje skutečná výška akcelerace. Autor proto bude uvažovat současný rozdíl procedurální (1500ft) a skutečné výšky akcelerace (2149ft) v PRG jako směrodatný pro teoretické snížení procedurální výšky akcelerace na 800ft. Uvažovaná skutečná průměrná výška akcelerace v PRG tedy bude 1449ft.



Obrázek 23: Vztah množství ušetřeného paliva a výšky akcelerace [zdroj: autor]

Na datech byla aplikována exponenciální regrese a následně odečtené výšce akcelerace 1449ft odpovídá průměrná hodnota úspory paliva 47,2 kilogramů. Při implementaci procedury NDAP 800ft jako v případě letiště v Amsterdamu je reálné očekávat úspory právě v takové výši na letišti v Praze. V současnosti aplikovaná procedura s ACCEL ALT 1500ft šetří letecké společnosti průměrně 25,1kg paliva.

Rozdíl tedy činí 22,1kg na jeden odlet. Při 10 000 odletech z PRG za rok bude celková **roční úspora 221t**, což při ceně paliva 700 USD/MT (listopad 2019) představuje **154 700 USD**,

Extra Fuel

Dále se bude práce věnovat mimořádnému palivu, neboli dodatečnému množství paliva přidaného na palubu na vyžádání velitele letadla. V tabulce pod odstavcem lze vidět průměrné množství extra fuel na letech z pražského letiště do destinací, do kterých létá letecká společnost nezávisle na sezóně průměrně alespoň pětkrát

týdně. Celkové průměrné množství extra fuel v tabulce je z Prahy do veškerých destinací.

Tabulka 21: Průměrná množství extra fuel na vybraných letech z Prahy [zdroj: autor]

destinace	průměrné množství extra fuel [kg]	množství potřebného paliva [kg]	destinace	průměrné množství extra fuel [kg]	množství potřebného paliva [kg]
ZTH	91	8	PMI	506	44
CFU	109	8	FCO	528	32
RMF	166	25	CDG	532	30
KGS	167	15	LED	535	43
KBP	375	25	BCN	538	42
RHO	386	37	BRU	554	26
DJE	412	39	HER	566	54
AGP	439	49	DUS	573	24
BOJ	440	31	CPH	585	26
NCE	444	26	MXP	617	30
AYT	451	45	BHX	621	44
Celkem	492	35	AMS	632	31
OTP	495	31	SVO	660	58

Velitelé letadel si dle letových dat průměrně brali 492kg paliva navíc, přičemž na dopravu dodatečného paliva bylo spotřebováno dalších 35kg. Rozptyl mezi průměrnými hodnotami v jednotlivých destinacích je však značný. Zatímco v případě řeckého letiště Zakynthos je průměr pouhých 91kg, na let do Moskvy si kapitáni berou průměrně 660kg paliva navíc. Z tabulky je zřejmé, že pod průměrem se umístily zejména destinace s letním charterovým provozem, zatímco většina letišť nad průměrem jsou velká mezinárodní letiště, s frekventovanějším provozem. Žádnou roli nehraje vzdálenost od Prahy. Letiště Marsa Alam v Egyptě s třetím nejnižším průměrným množstvím extra fuel 166kg je od Prahy vzdálené 3 230km, zatímco do Amsterdamu si kapitáni průměrně berou o 466kg paliva více a přitom je vzdálený jen 700km.

Množství extra fuel není jediný rozhodující faktor v hodnotě potenciální palivové úspory, druhým je délka letu. Při delší době letu totiž musí letadlo přepravit dané množství extra fuel déle a spotřebuje tedy vyšší množství paliva na jeho přepravu než při letu kratším. Hrubé hodnoty *cost of weight*, tedy množství paliva potřebného k dopravě dodatečné hmotnosti pro destinace odlišných vzdáleností jsou dostupné v tabulce níže.

Tabulka 22: Průměrné hodnoty cost of weight [zdroj: autor]

Destinace	Ø Cost Of Weight [kg/kg]
AMS	0,05
CDG	0,06
RMF	0,15
TFS	0,17

Pro přiblížení jakého množství úspor je možné dosáhnout snížením průměrného množství extra fuel o 100kg, a to pouze u letů do destinací, kde v současnosti berou velitelé letadel průměrně více než 500kg paliva navíc, stanovil autor současné hodnoty *cost of weight* pro tyto destinace a následně uvážil, o kolik méně kilogramů paliva by bylo potřeba na dopravu těchto snížených extra fuel množství. Výsledné hodnoty jsou k vidění v tabulce níže.

Tabulka 23: Hodnoty po snížení průměrných množství extra fuel [zdroj: autor]

destinace	průměrné množství extra fuel [kg]	množství potřebného paliva [kg]	množství potřebného paliva [kg]
PMI	406	43	35
FCO	428	32	26
CDG	432	30	24
LED	435	43	35
BCN	438	42	34
BRU	454	26	22
HER	466	54	45
DUS	473	24	20
CPH	475	26	21
MXP	517	30	25
BHX	521	44	37
AMS	532	31	26
SVO	560	58	49
celkem		483	398

Snížení průměrné množství extra fuel o 100kg v případě třinácti destinací, do kterých se z Prahy bere extra fuel nejvyšší množství, znamená pokles potřebného množství paliva na dopravu mimořádného paliva o 85kg na třináct odletů do těchto destinací. Na jednu destinaci činí úspora 6,5kg na let. Letecká společnost do všech těchto destinací létá průměrně 5x týdně po celý rok a celkové potenciální úspory plynoucí z tohoto snížení tak dosahují hodnoty **22,1t ročně, což při ceně paliva \$700/MT (listopad 2019) představuje finanční úsporu 15 500 USD.**

Každá hmotnost v letadle navíc se projeví na zvýšené letové spotřebě. Množství mimořádného paliva by měli velitelé letadel zvolit uvážlivě, s přihlédnutím k aktuální provozní situaci a ke statistickým údajům z dřívějších letů aerolinky mezi stejnými body. V efektivnějším rozhodování o optimálním množství extra fuel by jim měla pomoci mimo jiné například interaktivní aplikace s historickými palivovými údaji k dispozici před každým letem a naopak s detailním vyhodnocením letu po dokončení letu.

6.6.1 Vyhodnocení

Na závěr je provedeno vyhodnocení celkového množství potenciálních úspor skrytých v analyzovaných provozních opatřeních snižujících spotřebu paliva a implementovaných na domovském letišti společnosti v Praze. Nejvyšší potenciál úspor byl autorem identifikován v procedurách CDA a RAA, jejichž souhrnná dosažitelná úspora postavená na konzervativním předpokladu přesahuje 400t paliva. Naopak možná obtížné snižování průměrných množství extra fuel kapitánů letadel pravděpodobně přinese jen zlomkové úspory oproti zmíněným metodám. Celý přehled je k vidění v tabulce níže.

Tabulka 24: Celkové identifikované úspory [zdroj: autor]

SNÍŽENÍ SPOTŘEBY NA LETIŠTI PRAHA	Ø dosažitelná úspora na let	roční palivová úspora	roční finanční úspora	hodnota ETS
Engine Out Taxi	9,8 kg	49,3t	\$34 500	\$4 150
Extra Fuel	6,5 kg*	22,1t	\$15 500	\$1 850
Reduced Acceleration Altitude	22,1 kg	221t	\$154 700	\$18 600
Continuous Descent Approach	20 kg	200t	\$140 000	\$16 800
celkem	58,4 kg	492,4t	\$344 700	\$41 400

*Průměrná úspora na let snížením extra fuel zahrnuje jen část letů z Prahy. Cena paliva USD700/MT a cena ETS 24,29 EUR (listopad 2019). Kurs USD/EUR 1,1.

Pro vyčíslení kompletní finanční úspory je do propočtu zahrnuta cena emisních povolenek, odpovídající celkové palivové úspoře. **Výsledná úspora na letišti v Praze činí 492,4t paliva neboli \$344 700** (8 milionů korun při kurzu 1 USD/23,22 CZK v listopadu 2019).

Vyčíslení potenciálních finančních úspor plynoucích z navýšení využitelnosti jednotlivých metod snížení spotřeby paliva je věc podstatná pro získání hrubé představy o teoretické úspoře. Náročnější je tyto čísla přeměnit ve skutečné úspory.

6.7 Návrh řešení pro modelovou společnost

Z analýzy provozních dat letecké společnosti doporučuje autor provést řadu opatření ve snaze snížit palivové náklady. Vzhledem ke skutečnosti, že hlavní báze a zároveň nejfrekventovanější místo aerolinky je letiště Praha, je vhodné se zaměřit na implementaci úsporných opatření nejprve zde, Také komunikace s domovským letištěm bude zřejmě jednodušší při tvorbě provozních procedur a pro ostatní destinace v síti aerolinky dobře poslouží jako „testovací“ letiště.

V rámci pojiždění na jeden motor autor doporučuje vytvořit podrobnou analýzu obvyklých pojižděcích tras letadel po přistání na letišti v Praze a následně předat pilotům detailnější informace kdy a za jakých podmínek vypnout při pojiždění na stojánku motor, v závislosti na trase pojiždění. Jde především o pojiždění po přistání na dráhu 24, vyjetí rychloodbočkou na TWY D nebo E a následné pojiždění k terminálům, o pojiždění zpět k terminálům po přistání na dráhu 12. Nyní je využitelnost procedury nízká a skrývá potenciál citelných úspor. Po častější zkušenosti pilotů aerolinky s pojižděním na jeden motor v Praze a po odbourání případných problémů plynoucích z implementace nové procedury doporučuje autor teprve zvyšovat využitelnost pojiždění na jeden motor na ostatních letištích, a to zejména těch rozlehlejších a také kam aerolinka létá pravidelně. Ze sítě modelové aerolinky to je například AMS, CDG a zejména MAD, kde průměrná úspora při vypnutí motoru po přistání dosahuje 39kg a po přistání konkrétně na dráhu 18L dokonce 80kg. Implementace této procedury bude ale zřejmě obtížnější na menších letištích s charterovým provozem.

Pro odlety z Prahy by bylo vhodné snažit se ve spolupráci s letištěm Praha snížit procedurální výšku akcelerace odletu NADP2 ze současných 1500ft na co nejnížší možnou výšku. Snížení na legislativní limit 800ft by dle analýzy autora znamenalo oproti současným 1500ft průměrnou úsporu 22kg na odlet a při 10 000 ročních

odletech z pražského letiště a ceně 700USD/MT finanční úsporu 154 000 USD za rok.

Množství spotřebovaného paliva od zahájení přiblížení do přistání na pražském letišti se liší v závislosti na přiblížovací trajektorii STAR, ale průměrně činí 563kg. V případě dokonalého CDA přiblížení bez jakýchkoliv *stepů* se průměrně spotřebuje jen necelých 400kg paliva. Aktivní snaha o CDA přiblížení ze strany pilotů spolu s jejich podporou od letecké společnosti v této snaze může přinést nezanedbatelné úspory. Jen nízký průměrný pokles o 20kg na přiblížení v PRG je dle autora reálný až konzervativní a ušetří ročně dalších 140 000 USD.

Co se týče úspor dosažených jinými než provozními metodami, měla by se letecká společnost dle autora snažit o snížení hmotnosti svých letadel, neboť každá hmotnost navíc se promítá do spotřeby paliva. Toho lze docílit mnoha způsoby, například lehčím in-flight magazínem, vyjmutím nadbytečných záchranných raftů nebo omezením palubního prodeje. V případě modelové aerolinky, která provozuje převážně lety po Evropě s délkou do 3 hodin, je možné zaměřit se například na využitelnost trub na palubě a v případě nadbytečnosti jejich počet snížit.

Green Policies

Dle autora by každý pilot společnosti měl mít ve svém tabletu k dispozici stručný chronologický dokument, obsahující seznam metod snižujících spotřebu paliva s krátkým vysvětlením nebo poznámkou. Tento seznam by měl obsahovat závazné instrukce, ale i doporučení k provedení letu, která by měl vždy pilot zvážit nebo provést, v zájmu dosažení palivových úspor – při zachování úrovně bezpečnosti. Autor proto vytvořil takový dokument pro účely modelové aerolinky, rozdělený postupně dle jednotlivých fází letu.

PŘED LETEM

MNOŽSTVÍ PALIVA

Letová posádka musí před odletem určit a sledovat nezbytné množství paliva pro provedení letu dle přesných a konsistentních dat (počasí, výkonnostní faktory, optimální letová hladina, průměrný směr větru a jeho rychlost...).

Kapitán letadla by měl uvážlivě stanovit množství mimořádného paliva a v případě rozhodnutí se pro více než 500 kilogramů musí podat odůvodnění svého rozhodnutí. Každá hmotnost navíc se odrazí na letové spotřebě.

OBHLÍDKA

Během externí inspekce letadla by posádka měla dbát zvýšené pozornosti na defekty, které by mohly zvýšit aerodynamický odpor, jako například:

- Nevyrovnané řídicí plochy
- Nepřesně usazené panely trupu letadla
- Odloupávající se barva
- Nánosy špíny

STARTUP & TAXI OUT

APU

Posádka letadla by měla zdržet start APU po nezbytně dlouhou dobu a použít pozemní zdroje pro získání energie.

RWY IN DIRECTION

Pro vzlet by posádka měla, pokud možno, použít dráhu, která optimalizuje odletovou trajektorii a minimalizuje tak dobu letu, stejně jako dobu pojíždění ze stojánky.

TAKE OFF & CLIMB

THRUST REDUCTION

Pokud to dovolují podmínky a předpisy, *Thrust Reduction Altitude* (THR RED ALT) i *Acceleration Altitude* (ACCEL ALT) by měly být sníženy dle lokální NADP2 procedury až do nejnižší přípustné výšky 800ft, v rámci snížení palivových nákladů i nadměrného hluku.

ACCELERATION BELOW 10,000FT

Letový plán v FMS standardně počítá s rychlostním omezením 250kt pod výškou 10,000ft. Posádka by se měla pokusit v zájmu nižší spotřeby paliva tuto limitaci od složek ATC odstranit a zrychlit.

CRUISE

OPTIMAL FLIGHT LEVEL

V průběhu letu se optimální letová hladina zvyšuje s klesající hmotností letadla. Letová posádka by měla sledovat hodnotu optimální letové hladiny a snažit se o let v její co největší blízkosti pro ideální výkonnost letadla a jeho palivovou spotřebu.

UPDATE FMS

Pro stanovení co nejpřesnějších hodnot předpokládaných množství paliva a optimálních letových hladin by letová posádka měla vkládat do FMS pravidelně aktuální data směru a rychlosti větru.

DESCENT & APPROACH

CONTINUOUS DESCENT APPROACH

Před klesáním z *Top Of Descent* do začátku *Final Approach* by se letová posádka měla aktivně snažit o získání povolení pro CDA, případně alespoň o co možná nejplynulejší klesání s co nejnižším počtem stepů.

GEAR DOWN

Během finálního přiblížení by piloti neměli vysunout podvozek příliš dlouho před samotným přistáním, z důvodu velkého nárůstu spotřeby paliva.

LANDING RUNWAY

Pokud dovolí meteorologické podmínky, měla by se letová posádka aktivně dotázat místních složek řízení letového provozu na povolení přistání na takovou dráhu, která nejvíce minimalizuje čas letu, stejně jako dobu pojíždění na cílovém letišti.

LANDING

FLAPS CONFIG

Pokud to dovolují výkonnostní parametry, během finálního přiblížení a přistání by měla být zvolena klápková konfigurace 30. Vyšší rychlost přiblížení snižuje dobu letu,

zatímco čistší konfigurace na křídle působí nižší odpor, čímž potažmo snižuje spotřebu paliva.

IDLE REVERSE

V případě přípustných výkonnostních a meteorologických podmínek by měl být použit při přistání Idle Reverse.

Nejvhodnější kombinace pro snížení spotřeby paliva je

FLAPS 30 + REVERSE IDLE + AUTOBRAKE 1

TAXI IN

ENGINE OUT TAXI

Po přistání a vyjetí z přistávací dráhy by letová posádka měla rozhodnout o vypnutí jednoho motoru pro pojíždění na parkovací stání, dle příručky o pojíždění s vypnutým motorem. Při rozhodování musí být bráno mimo jiné v úvahu:

- terén místního letiště, zvolená cesta na stojánku
- hmotnost letadla
- doba vychladnutí motoru
- aktuální hustota provozu a počasí

APU START

Zapnutí pomocné motorové jednotky (APU) po přistání by v zájmu úspory paliva mělo být odloženo na co možná nejdéle.

Vzdělávání a informování pilotů

Palivový program může být důkladně připraven a propočítán do nejmenších detailů, ale pokud nebudou spolupracovat piloti, například z důvodu nedostatečného obeznámení s projektem nebo třeba pro špatné vztahy se zaměstnavatelem, budou reálné úspory pravděpodobně pokulhávat za očekávanými výsledky. Právě piloti jsou strůjci palivových úspor, neboť mají na spotřebu paliva letadla přímý vliv. Důležitým prvkem se dle autora jeví být oboustranná komunikace a důvěra mezi managementem a piloty, příjemné a bez-stresové pracovní podmínky pilotů a jejich odpovídající odměňování. Šťastný pilot se bude jistě lépe snažit splnit

úsporná opatření, aby společnosti ušetřil. Poskytování informací, školení pilotů a získávání jejich důvěry je proto základní předpoklad pro snižování spotřeby paliva pomocí zmíněných provozně-optimalizačních metod.

Nestálost či proměnlivost procentuální využitelnosti různých optimalizačních opatření v průběhu času reflektuje graf níže, který znázorňuje skutečnou využívanost *Reduced Acceleration Altitude* piloty nizozemsko-francouzské letecké společnosti Transavia provozující, tak jako modelová aerolinka pro účely této práce, flotilu čítající přibližně 40 letadel Boeing 737-800.



Obrázek 24: Využívanost RAA ve společnosti Transavia [zdroj: openairlines.com]

Je zjevné, že využitelnost metody v čase kolísá a piloti aerolinky musí mít neustálou zpětnou vazbu a musí být pravidelně informováni, aby si zvykli procedury využívat. Vzájemná důvěra mezi piloty a ostatními členy fuel programu se autorovi jeví jako základní předpoklad pro dosažení vysokého podílu využití úsporných metod, stejně jako transparentní přístup k letovým údajům a dalším informacím.

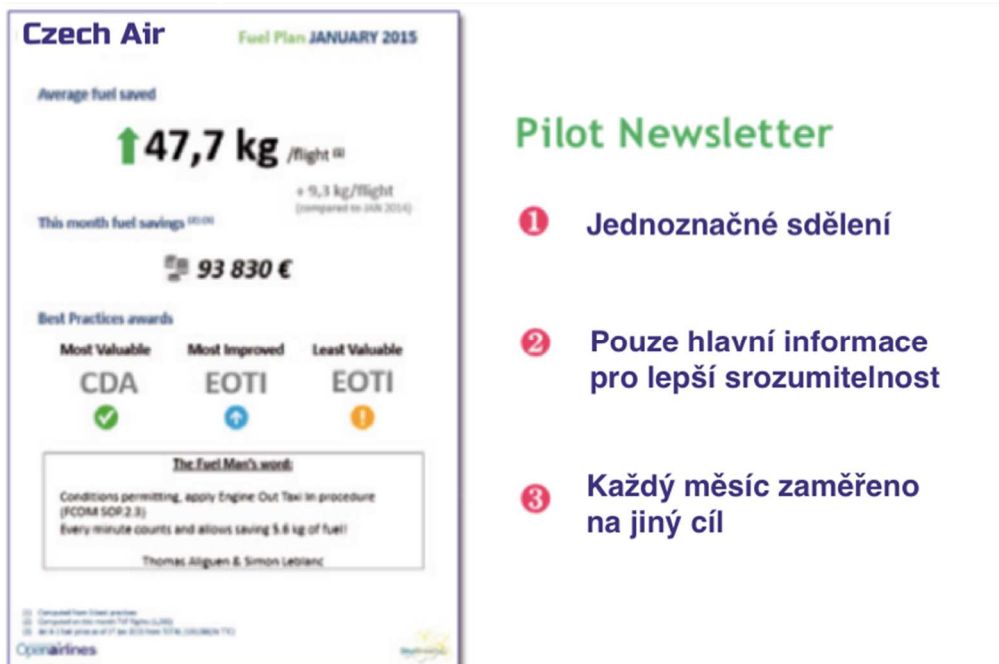
V souvislosti s piloty a režimem jejich práce ve specifickém prostředí částečně charterové letecké společnosti identifikuje autor dva základní body, které mohou představovat překážku dosahování stabilně vysokého podílu využívání metod snižování spotřeby paliva.

- **Charterová letecká společnost** má oproti aerolince provozující pouze pravidelné linky proměnlivý seznam destinací a také mnoho destinací, kam provozuje lety jen velmi výjimečně. Není neobvyklé, že operuje lety na malá letiště s minimem procedurálních postupů a s různými počty cestujících a nákladu. S nepravidelným letovým řádem je náročnější dosahovat pravidelných úspor, jako je tomu v případě pravidelných linek a stále se opakujících letišť, kdy se jen zvyšuje efektivita stávajících operací. Stejně tak pilotům se hůře pamatuje větší množství důležitých informací k vyššímu počtu letišť.
- **Báze v několika různých státech Evropy** (Polsko, Maďarsko, Francie, Španělsko) znamenají mnoho pilotů a posádek různých národností a kultur. Piloti umějí dobře anglicky, stejně je ale komunikace v mateřském jazyce přirozená a člověk v ní obvykle vyjádří nejlépe. Jazyková bariéra může způsobit snad jen malé problémy při komunikaci o detailech optimalizačních procedur. Rozmístěníází po Evropě ale může ztěžovat jejich koordinaci.

Autor proto zdůrazňuje nutnost použití interaktivních komunikačních prostředků, přizpůsobených potřebám společnosti s piloty mnoha národností rozmístěnými po Evropě a létajícími na širokou škálu letišť. Nástroji komunikace mezi piloty a fuel týmem by dle autora měla být:

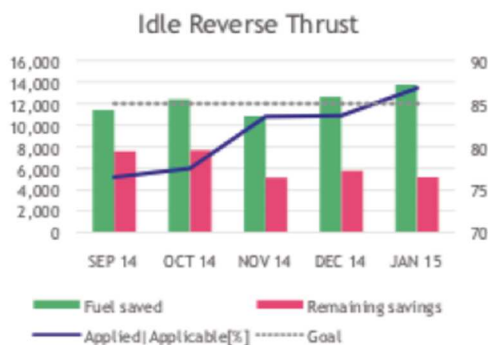
1. **Interaktivní mobilní aplikace**, kterou bude mít každý pilot k dispozici na svém pracovním tabletu. Před každým svým letem by v aplikaci viděl statistiku dosavadních letů do dané destinace, která by mu mohla pomoci k dosažení nižší letové spotřeby, například zobrazením údajů o možnosti dosažení CDA přiblížení pro STARy v destinaci nebo o pojížděcích dobách na cílovém letišti. Po ukončení letu by naopak pilot měl v aplikaci ihned k dispozici skutečné údaje o spotřebě paliva a o dosažených úsporách, doplněné o krátkou poznámku, co bylo provedeno úsporně nebo co mohlo být naopak teoreticky provedeno úsporněji a příště vzít v potaz. Sám by měl mít příležitost zanechat poznámku k letu pro další piloty na stejné trati. Pro získání srovnání navrhuje autor umožnit pilotům v aplikaci anonymně porovnat své dosažené výsledky s jinými piloty.

2. **Pravidelný newsletter**, který by pilot obdržel každé dva týdny nebo měsíc například přes email a který by obsahoval osobní dosažené úspory za poslední dané období a osobní trend v jednotlivých metodách. Vzorová úvodní stránka takového newsletteru je vidět níže. Stěžejní by mělo být stručné předání relevantní informace pilotovi, příliš informací může způsobit nepřehlednost. Pro vyšší názornost jsou úspory i finančně vyčísleny. Newsletter by měl dále obsahovat např. přehled provozních novinek a pár doporučení souvisejících se spotřebou paliva.



Obrázek 25: Příklad pravidelného newsletteru [zdroj: autor]

3. **Školení** – před implementací jakékoliv významnější provozní procedury by s ní piloti měli být seznámeni nejlépe osobně, za přítomnosti zástupců fuel týmu, aby měli možnost se k proceduře vyjádřit, dát naopak cenné informace ohledně problematiky nazpět, nebo se dotázat na detailnější informace. V neposlední řadě personální školení podporuje vzájemnou důvěru mezi oběma stranami fuel týmu.



automaticky generované grafy
statistik jednotlivých metod

Newsletter KPIs

- 1 **Názorné grafy s dosaženými výsledky**
- 2 **Historické trendy a cíle**
- 3 **Snaha o zvýšení využitelnosti a množství ušetřeného paliva**

Obrázek 26: Příklad prezentace dat [zdroj: autor]

Základem předávání informací je pravidelnost a důvěryhodnost. Piloti se musí přesvědčit, že dané procedury skutečně šetří palivo, že dosažitelné úspory jsou v dlouhodobém pohledu nezanedbatelné, a že tyto procedury lze aplikovat bez jakéhokoliv snížení bezpečnosti letu.

Na závěr je dobré zdůraznit, že samotný proces implementace celého palivového programu je obvykle záležitostí několika měsíců nebo maximálně let, ale změna v návycích pilotů promítající se ve vyšší skutečných finančních úspor může zabrat mnohem déle.

7. Závěr

Ve vysoce konkurenčním prostředí komerčního letectví v Evropě je pro letecké společnosti důležité sledovat své náklady na palivo, neboť představují podstatnou část celkových nákladů na let. Cena paliva je vysoce volatilní a její náhlý nárůst může aerolince způsobit finanční problémy. Za každou vyprodukovanou tunu oxidu uhličitého musí navíc zaplatit cenu emisní povolenky dle schématu EU. Z těchto důvodů je pro letecké společnosti vhodné čím dál více snažit se své palivové náklady pomocí různých opatření snížit.

Cílem této diplomové práce bylo analyzovat možnosti snížení spotřeby paliva pro účely předem definované letecké společnosti provozujících flotilu letadel Boeing 737-800 a identifikovat místa s potenciálem dosažení úspor. Po definování legislativy související s palivovou problematikou byly rozebrány zejména provozní metody snížení spotřeby paliva, jako snížená výška akcelerace, *idle reverse* při přistání nebo pojíždění letadla na jeden motor po přistání. Právě využívání pojíždění na jeden motor bylo v následné analýze relevantních letových dat zjištěno jako nízké, když v případě modelové letecké společnosti bylo na letišti v Praze použito pouze po 12% přistáních. Naopak *idle reverse* byl využit na pražském letišti po 89% přistání, šetří společnosti ročně 19 100 USD a nabízí minimální potenciál pro zlepšení.

Nejvyšší potenciál úspor z analyzovaných provozních opatření identifikoval autor ve snížení výšky akcelerace procedury NADP2 na pražském letišti ze současných 1500ft na nejnižších legislativně možných 800ft a ve vyšší využitelnosti CDA přiblížení. Naopak úspory plynoucí ze snížení průměrného množství extra fuel velitele letadla se v porovnání s těmito metodami jeví jako spíše marginální.

V diplomové práci byly dále konzervativně stanoveny celkové potenciální roční úspory na nákladech za palivo pro operace na letišti v Praze. Roční úspory na bázi autorovy analýzy čtyř provozních opatření (snižování Extra Fuel, Reduced Acceleration Altitude, Continuous Descent Approach a Engine Out Taxi In) na pražském letišti byly stanoveny na 344 700 USD, respektive 8 milionů korun při směnném kurzu z listopadu 2019. Při kalkulaci byly brány v potaz specifika definované letecké společnosti – např. provozování charterových a ad-hoc letů nebo přítomnost bází v několika zemích Evropy.

Jelikož vyčíslení potenciálních úspor je pouze první část úsporného palivového projektu, pokračuje práce souborem procesů, které autor doporučuje v letecké společnosti ustanovit pro skutečné dosažení projektovaných úspor. Kromě kvalitně připraveného projektu je zdůrazněna zejména kvalitní komunikace s piloty a jejich informovanost pomocí chytrých aplikací a pravidelných newsletterů, stejně jako jejich důvěra v úsporná opatření a v celou leteckou společnost.

Celá diplomová práce by měla sloužit jako návod, jak přistoupit k palivové problematice v letecké společnosti, jaká sbírat data a jak s nimi naložit, jakých chyb se vyvarovat. Zároveň chce sdělit, že zvýšení efektivity nakládání s palivem by měla být v současné době pro aerolinky, z důvodů uvedených v práci, jedna z priorit. Letecká společnost byla záměrně definována jako podobná několika pravidelným nebo charterovým aerolinkám v Evropě pro zvýšení možnosti jejího využití a analýza úsporných provozních opatření byla provedena zejména pro potřeby aerolinky bázované na letišti v Praze. Data analyzovaná a použitá pro potřeby této diplomové práce byla reálně naměřená na skutečných letech letecké společnosti.

Věřím, že má práce bude nápomocna dalším zájemcům při studiu problematiky snižování spotřeby paliva v letecké společnosti a že implementace navržených procesů a procedur v reálném provozu by vedla k dosažení nezanedbatelných úspor. Já sám doufám, že osobně využiji nově získané znalosti ve svém budoucím životě nebo zaměstnání.

8. Zdroje

- [1] WRIGHT, Oliver: *Safety warning as budget airlines such as Ryanair cut fuel levels for flights* [online] The Independent, 6 August 2013. Dostupné z: <https://www.independent.co.uk/travel/news-and-advice/exclusive-safety-warning-as-budget-airlines-such-as-ryanair-cut-fuel-levels-for-flights-8749046.html>
- [2] BRYAN, Victoria: Higher wages, fuel prices turn up cost pressure on airlines. *Reuters*, únor 2011. Dostupné z: www.reuters.com/article/us-airlines-wages-inflation-analysis/higher-wages-fuel-prices-turn-up-cost-pressure-on-airlines-idUSKCN1FY292
- [3] *Average income around the world* [online] WorldData.info, November 2019. Dostupné z: <https://www.worlddata.info/average-income.php>
- [4] Renewable Fuels: *Advancing European market uptake*. BioFuels International. [online] Woodcote media, November 2019. Dostupné z: <https://biofuels-news.com/news/renewable-fuels-advancing-european-market-uptake/>
- [5] ROWE, Mark: *Green travel: Fuel saving flying*. [online] The Telegraph, leden 2010. Dostupné z: www.telegraph.co.uk/travel/hubs/greentravel/7025106/Fuel-saving-flying.html
- [6] BRADY, Chris: *Winglets* [online] The Boeing 737 Technical Site ©2014 www.b737.org.uk/winglets.htm#splitscimitar
- [7] *COMMISSION REGULATION (EU) No 965/2012 of 5 October 2012*. (2012). Official Journal of the European Union.
- [8] ANNEX 6 Operation of Aircraft. (2010). 9th ed. International Civil Aviation Organization, pp.70-90, 115.
- [9] *Reducing Emissions from Aviation*. [online] Climate Action - European Commission, February 2017. Dostupné z: https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/aviation_en
- [10] *How Are Aircraft CO2 Emissions Calculated?* [online] Verifavia Shipping. Dostupné z: <https://www.verifavia.com/greenhouse-gas-verification/fq-how-are-aircraft-co2-emissions-calculated-11.php>.
- [11] *CO2 European Emission Allowances Today Price*. [online] Business Insider, 2019. Dostupné z: <https://markets.businessinsider.com/commodities/co2-european-emission-allowances>

- [12] *Why and how better trajectory analysis can improve your airline operations?* [online] Open Airlines. ©2019 Dostupné z: <https://blog.openairlines.com/trajectory-analysis-improve-airline-operations>
- [13] BRADY, Chris: *Optimum Flight Level* [online] The Boeing 737 Technical Site, ©2014 Dostupné z: http://www.b737.org.uk/rulesofthumb.htm#Optimum_FL
- [14] DENUWELAERE, Stef: *A New Approach To Cost Of Weight*. [online] *Aircraft IT, spring 2012*. www.aircraftit.com/Operations/eJournals/eJournal/Spring-2012/Reviews/A-New-Approach-to-Cost-of-Weight-COW.aspx
- [15] *How to use the cost of weight to be more fuel efficient?* [online] Open Airlines, ©2019 Dostupné z: <https://blog.openairlines.com/how-to-use-the-cost-of-weight-to-be-more-fuel-efficient>
- [16] MARTIN, Hugo: *United saved 643K liters of fuel by using lighter paper*. [online] Traveller, leden 2018. Dostupné z: www.traveller.com.au/united-airlines-saves-643-litres-of-fuel-by-using-lighter-paper-on-inflight-magazine-h0nfej#ixzz5c6aJITkq
- [17] IATA: *Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management*. 5. vydání. Montreal, Geneva: IATA, 2011 ISBN 9789292291464-9292291467
- [18] *How to reduce pilot extra fuel?* [online] Open Airlines. ©2019 Dostupné z: <https://blog.openairlines.com/how-to-reduce-pilot-extra-fuel>
- [19] *What you need to know about Reduced Acceleration Altitude*. [online] Open Airlines, ©2019 Dostupné z: <https://blog.openairlines.com/what-you-need-to-know-about-reduced-acceleration-altitude>
- [20] *Avoiding Confusion: Acceleration Height, Thrust Reduction Height, Derates, Noise Abatement and the Boeing Quiet Climb System* [online] Flaps2Approach, June 2013. Dostupné z: <http://www.flaps2approach.com/journal/2013/6/29/avoiding-confusion-acceleration-height-thrust-reduction-heig.html>.
- [21] AGARWAL, Dewesh: *Lufthansa to lower acceleration altitude globally to save fuel* [online] Bangalore Aviation, June 2013. Dostupné z: www.bangaloreaviation.com/2013/06/lufthansa-to-lower-take-off.html
- [22] *What you need to know about Continuous Descent Approach* [online] Open Airlines, ©2019. Dostupné z: <https://blog.openairlines.com/what-you-need-to-know-about-continuous-descent-approach>
- [23] *Continuous Descent Approach: Implementation Guide Information* [online] EUROCONTROL, 2008. Dostupné z: www.skybrary.aero/bookshelf/books/2846.pdf

- [24] *What you need to know about Reduced Landing Flaps* [online] Open Airlines, ©2019. Dostupné z: <https://blog.openairlines.com/what-you-need-to-know-about-reduced-landing-flaps>
- [25] *How to use big data analytics to improve fuel efficiency* [online] Open Airlines, March 2015. *White paper*. Dostupné z: <https://cdn2.hubspot.net/hubfs/4233951/Premium-content/WP-How-to-use-big-data-analytics-to-improve-fuel-efficiency.pdf>
- [26] *Landing on contaminated runways* [online] Airbus SAS, květen 2017. Dostupné z: <https://safetyfirst.airbus.com/landing-on-contaminated-runways/>
- [27] KUMAR, Vivek, SHERRY, Lance, THOMPSON, Terry: *Analysis of Emissions Inventory for „Single Engine Taxi-Out“ Operations*. [online] George Mason University, Center for Air Transportation Systems Research, Fairfax, VA, 2010. Dostupné z: www.catsr.vse.gmu.edu/pubs/Kumar_Sherry_Thompson_ICRAT_Env_Final.pdf
- [28] *Engine Out Taxi* [online] The International Federation of Airline Pilots` Association, 6th July 2016. Dostupné z: www.ifalpa.org/media/2093/16pos03-engine-out-taxi.pdf
- [29] *Single Engine Taxi Operations At Hamad International Airport* [online] Aeronautical Information Circular: State of Qatar, July 2015. Dostupné z: <https://www.aim.gov.qa/eaip/2015-12-10-AIRAC/html/eAIC/eAIC-2015-07-A-en-GB.html>
- [30] *Jet Fuel Price Monitor* [online] IATA, 2019. Dostupné z: <https://www.iata.org/publications/economics/fuel-monitor/pages/index.aspx> (zobrazeno 28. listopadu 2019)
- [31] *Climate issue becoming material for airline investors* [online] IATA, September 2019. Dostupné z: www.iata.org/publications/economics/Reports/chart-of-the-week/chart-of-the-week-13-Sep-2019.pdf
- [32] *Carbon Offsetting Scheme for International Aviation* [online] International Air Transport Association. Dostupné z: www.iata.org/policy/environment/pages/corsia.aspx
- [33] *The math of airline fuel efficiency – what’s the secret formula?* [online] Open Airlines, ©2019. Dostupné z: <https://blog.openairlines.com/math-of-airline-fuel-efficiency>

- [34] *Airline costs excluding fuel – isn't that crazy?* [online] Open Airlines, ©2019. Dostupné z: <https://blog.openairlines.com/costs-excluding-fuel-crazy>
- [35] ZALAGENAITE, Zivile: Emirates boss urges airlines to brace for digital tranformation [online] Aerotime Hub, February 2018. Dostupné z: www.aerotime.aero/en/civil/20842-emirates-boss-urges-airlines-to-brace-for-digital-transformation
- [36] *How to prepare for a fuel efficiency solution* [online] Open Airlines, ©2019. Dostupné z: <https://blog.openairlines.com/how-to-prepare-for-a-fuel-efficiency-solution-implementation>
- [37] *5 key factors for a successful fuel program* [online] Open Airlines, ©2019. Dostupné z: <https://blog.openairlines.com/5-key-factors-for-a-successful-fuel-program>
- [38] GARCIA, Jordi, FERAY, Alexandre: *Case Study: Volotea* [online] Open Airlines, September 2019. *Aircraft IT Operations*. Dostupné z: <https://cdn2.hubspot.net/hubfs/4233951/Premium-content/Case-study-Volotea.pdf>
- [39] *How to set up an efficient fuel team?* [online] Open Airlines, ©2019. Dostupné z: <https://blog.openairlines.com/how-to-set-up-an-efficient-fuel-team>
- [40] *How earning pilots' trust can improve your airline efficiency* [online] Open Airlines, ©2019. Dostupné z: <https://blog.openairlines.com/how-earning-pilot-trust-can-improve-your-airline-efficiency>
- [41] ALIGUEN, Thomas, FERAY, Alexandre: *Fuel Savings At Transavia* [online] Open Airlines, October 2015. *Aircraft IT Operations*. Dostupné z: <https://cdn2.hubspot.net/hubfs/4233951/Premium-content/Transavia-fuel-savings-case-study.pdf>

9. Seznam obrázků

Obrázek 1	Vztah ceny paliva a výše zisku aerolinek
Obrázek 2	Boeing 737-800
Obrázek 3	Schéma mimořádného paliva
Obrázek 4	Dva profily stoupání
Obrázek 5	Porovnání CDA a konvenčního klesání
Obrázek 6	Podíl CDA dvou aerolinek na evropském letišti
Obrázek 7	Přiblížení s konfigurací klapek 30 a 40
Obrázek 8	Přiblížení s klapkami 25 a 30
Obrázek 9	Použití Idle Reverse
Obrázek 10	Polderbaan, letiště Amsterdam
Obrázek 11	Schéma EOTI procedury
Obrázek 12	Frekvence diskuze problematiky životního prostředí s investory
Obrázek 13	Finanční výsledky leteckých společností
Obrázek 14	Vizualizace letových dat
Obrázek 15	Schéma systému SkyBreathe
Obrázek 16	Základní výkonnostní ukazatele
Obrázek 17	Komplexní výkonnostní ukazatele
Obrázek 18	Složení fuel teamu
Obrázek 19	Pilíře palivového programu
Obrázek 20	Využívání úsporných metod ve společnosti Cebu Pacific
Obrázek 21	Letová data v raw podobě
Obrázek 22	Diagram letiště PRG
Obrázek 23	Vztah množství ušetřeného paliva a výšky akcelerace
Obrázek 24	Využívanost RAA ve společnosti Transavia
Obrázek 25	Příklad pravidelného newsletteru
Obrázek 26	Příklad prezentace dat

10. Seznam tabulek

Tabulka 1	Průměrné hodnoty úspor RAA
Tabulka 2	Přistávací konfigurace letadel B737-800 a A320
Tabulka 3	Využití EOTI na letišti v Praze
Tabulka 4	Statistika EOTI na letišti v Praze
Tabulka 5	Nevyužití EOTI na letišti v Praze
Tabulka 6	EOTI operace na letišti v Praze
Tabulka 7	Využití EOTI na letištích v Amsterdamu, Paříži a Madridu
Tabulka 8	Statistika EOTI operací na letištích v Amsterdamu, Paříži a Madridu
Tabulka 9	Statistika EOTI operací na letištích v Amsterdamu, Paříži a Madridu
Tabulka 10	Statistika operací EOTI na letišti v Amsterdamu
Tabulka 11	Statistika operací EOTI na letišti v Paříži
Tabulka 12	Statistika operací EOTI na letišti v Madridu
Tabulka 13	Přehled analyzovaných letišť
Tabulka 14	Využití Idle Reverse na letištích v Amsterdamu, Antalyi a Burgasu
Tabulka 15	Statistika úspor použitím Idle Reverse
Tabulka 16	Využití procedury CDA na evropských letištích
Tabulka 17	Statistika CDA přiblížení na letišti v Praze
Tabulka 18	Potenciál úspor v CDA přiblížení na letišti v Praze
Tabulka 19	Statistika RAA na letišti v Praze
Tabulka 20	Statistika RAA na letišti v Amsterdamu
Tabulka 21	Průměrná množství extra fuel na vybraných letech z Prahy
Tabulka 22	Průměrné hodnoty cost of weight
Tabulka 23	Hodnoty po snížení průměrných množství extra fuel
Tabulka 24	Celkové identifikované úspory