



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

Roman Kundrata

POSOUZENÍ EKONOMICKÉ VÝHODNOSTI
PŘEVÁŽENÍ PALIVA VZDUCHEM –
FUELTANKERINGU

Bakalářská práce

2016



K621..... Ústav letecké dopravy

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Roman Kunderata

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – PIL – Profesionální pilot

Název tématu (česky): **Posouzení ekonomické výhodnosti převážení paliva
vzduchem - fueltankeringu**

Název tématu (anglicky): Evaluation of Economic Benefits of Transporting Fuel
Through Air - Fueltankering

Zásady pro vypracování

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

- Vytvoření vlastního modelu provozovaného letadla, popis různých druhů provozů
- Vytvoření matice 100 využitelných letišť s různými provozními vlastnostmi, letovými omezeními a různou cenou paliva pomocí volby náhodných čísel
- Vytvoření řady letů pomocí volby náhodných čísel na využitelná letiště s náhodně zvoleným platícím zatížením a různou vzdáleností záložního letiště
- Vytvoření počítačového programu pro stanovení nákladů na nákup paliva pro řady letů
- Nalezení minima těchto nákladů pro různé výše nákladů na technické opotřebení letadla
- Vyhodnocení výhodnosti převážení paliva vzduchem pro tento model struktury letišť, druhu provozu a různé výše nákladů na technické opotřebení letadla



- Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího bakalářské práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Červenka M.: Ekonomické aspekty převážení paliva vzduchem - fueltankeringu. Bakalářská práce (2013)
MIKl T.: Plánování a provedení letu. CERM (2002)
Volner R.: Flight planning management. CERM (2007)

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Frynta**
doc. Ing. Bc. Jakub Hospodka, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: **25. října 2015**
(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 bakalářské práce: **30. listopadu 2016**
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. Stanislav Szabo, PhD. MBA
vedoucí
Ústavu letecké dopravy



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

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

.....
Roman Kunderata
jméno a podpis studenta

V Praze dne 25. září 2016

Poděkování

Na tomto místě chci poděkovat všem, kteří mě nejen během tvorby bakalářské práce, ale během celého studia a výcviku pilota podporovali a dodávali dostatečnou motivaci. Velmi si vážím pomoci pánů Ing. Jiřího Frynty a doc. Ing. Bc. Jakuba Hospodky, Ph.D., kteří mi svými zkušenostmi a kritikou velmi pomohli k pochopení nejen problematiky bakalářské práce, ale i podstat jiných odvětví během studia. V neposlední řadě chci poděkovat společnosti NAV Flight Services s.r.o., bez jejíž materiální podpory by nebylo vyhotovení bakalářské práce možné.

Zvláštní poděkování patří mé rodině, která mi dala možnost a podporu věnovat se oboru, kterému jsem se vždy chtěl věnovat.

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou 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 30.11.2016

.....
Podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

POSOUZENÍ EKONOMICKÉ VÝHODNOSTI PŘEVÁŽENÍ PALIVA
VZDUCHEM – FUELTANKERINGU

Bakalářská práce

Listopad 2016

Roman Kandrata

Abstrakt

Předmětem bakalářské práce „Posouzení ekonomické výhodnosti převážení paliva vzduchem – fueltankeringu“ je analýza a posouzení výhodnosti různých kombinací plnění letounu palivem. Analýza a posouzení se uskutečňují na základě rozdílných vlastností letišť, vlastností paliva, a to s ohledem na jejich dostupnost a cenu a množiny dalších vlastností spojených s lety. Tyto hodnoty jsou voleny náhodně volbou náhodných čísel a využity k analyzování dvou druhů provozu, provozované dvěma typy letounů a dvou rozmezí cen. Ohled je brán na náklady na nákup paliva a technické opotřebení letounu. Cíl bakalářské práce je stanovit, které kombinace jsou v konkrétním případě nejlevnější a především, které vlivy způsobily takový výsledek.

Klíčová slova

Fueltankering, výhodnost, náklady, volba náhodných čísel, druhy provozu, typy letounů

CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE
FACULTY OF TRANSPORTATION SCIENCES

EVALUATION OF ECONOMIC BENEFITS OF TRANSPORTING
FUEL THROUGH AIR - FUELTANKERING

Bachelor thesis

November 2016

Roman Kandrata

Abstract

The subject of the bachelor thesis „Evaluation of Economic Benefits of Transporting Fuel Through Air – Fuel tankering” is an analysis and assessment of benefits of different combinations of fueling an aircraft based on different properties of airports, fuel with regard to price and availability and a set of properties with regard to these flights. These values are chosen randomly and are used to analyse two types of operation operated by two types of aircraft with two sets of prices applied. Consideration is given to the costs of purchasing fuel as well as costs arising from technical wear during these operations. The main goal of this bachelor thesis is to assess which combination is in each case the least expensive and specify what factors influenced this outcome.

Key words

Fuel tankering, benefit, costs, random choice, types of operation, types of aircraft

OBSAH

OBSAH.....	5
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	7
1. ÚVOD.....	10
1.1. DEFINICE.....	11
1.2. FUELTANKERING.....	14
2. TEORETICKÝ ÚVOD.....	15
2.1. SYSTÉM LETIŠŤ.....	15
2.2. TYPY LETOUNŮ.....	17
2.3. DRUHY PROVOZU.....	19
2.4. ROZMEZÍ CEN.....	19
2.5. TECHNICKÉ OPOTŘEBENÍ LETOUNU.....	20
2.6. DRUHY HMOTNOSTÍ LETOUNU.....	20
2.7. PLNĚNÍ.....	22
3. SOFTWARE.....	25
3.1. MICROSOFT EXCEL.....	25
3.1.1. USPOŘÁDÁNÍ PROGRAMU.....	26
3.1.2. NASTAVENÍ LETOVÉHO PROVOZU.....	27
3.1.3. VOLBA LETŮ.....	28
3.1.4. NASTAVENÍ [DRUH PROVOZU].....	29
3.1.5. ANALÝZA [DRUH PROVOZU] [TYP LETOUNU].....	32
3.2. URANOS.....	35
3.2.1. ZAVEDENÍ MATICE LETIŠŤ V URANOS.....	35
3.2.2. TVORBA LETŮ.....	38
3.3. PRAKTICKÉ OVLÁDÁNÍ SOFTWARE.....	42
4. ANALÝZA.....	44
4.1. PODMÍNKY ANALÝZY.....	44
4.1.1. VZDÁLENOSTI a VLASTNOSTI LETIŠŤ.....	44
4.1.2. VOLBA LETŮ.....	45
4.1.3. VLASTNOSTI LETOUNU A NALOŽENÍ.....	46
4.1.4. VLASTNOSTI TECHNICKÉHO OPOTŘEBENÍ.....	47
4.1.5. VLASTNOSTI VYHODNOCENÍ ANALÝZY.....	47

4.2. ZJEDNODUŠENÍ ANALÝZY	48
5. VYHODNOCENÍ	51
5.1. ŘETĚZEC LETŮ – B738.....	51
5.2. HUB LETŮ – B738	53
5.3. ŘETĚZEC LETŮ – ATR72.....	55
5.4. HUB LETŮ – ATR72	57
5.5. ŘETĚZEC LETŮ – BE40.....	59
5.6. HUB LETŮ – BE40.....	62
5.7. ZÁVĚRY VYHODNOCENÍ.....	64
6. ZÁVĚR	66
7. POUŽITÉ ZDROJE.....	68
8. SEZNAM OBRÁZKŮ	69
9. SEZNAM TABULEK	71
10. SEZNAM GRAFŮ.....	72
10. SEZNAM PŘÍLOH.....	73
A. PŘÍLOHY MS EXCEL.....	74
B. PŘÍLOHY URANOS.....	83
C. PŘÍLOHY VYHODNOCENÍ	86

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AD	Aerodrome
AGL	Above ground level
ALTN	Alternate aerodrome
APU	Auxiliary power unit
d	Vzdálenost (jednotky Jednotka)
D	Vzdálenost (jednotky NM)
DEP	Departure aerodrome
DEST	Destination aerodrome
DOW	Dry operating weight
ETOPS	Extended range twin engine operational performance specifications
EUR	Euro
FIR	Flight information region
FL	Flight level
FT	Feet
FOB	Fuel on board
ICAO	International civil aviation authority
IFR	Instrument flight rules
ISA	International standard atmosphere
KČ	Korun českých
KG	Kilogram
L	Litr
LBS	Britská libra (jednotka hmotnosti)
LMC	Last minute change
m	Metr

MACH	Machovo číslo
MAPt	Missed approach point
MFC	Maximum fuel capacity
MFOB	Minimum fuel on board
MLW	Maximum landing weight
MS Excel	Microsoft Excel
MSLW	Maximum structural landing weight
MSTOW	Maximum structural take off weight
MSZFW	Maximum structural zero fuel weight
MTOW	Maximum Take-Off Weight
MULW	Maximum useful load weight
MZFW	Maximum zero fuel weight
NM	Nautical mile
OFP	Operational flight plan
Pa	Pascal
PC	Personal computer
PIC	Pilot in command
PLW	Payload weight
POH	Pilot's operating handbook
RWY	Runway
SL	Sea level
SID	Standard instrument departure
STAR	Standard terminal arrival route
t	Teplota vzduchu
TAS	True airspeed
TOC	Top of climb

ULW	Useful load weight
WPT	Waypoint
ZFW	Zero fuel weight
°C	Stupeň Celsia

1. ÚVOD

Letecká doprava patří mezi nejvytíženější, nejrychlejší, a především nejbezpečnější druhy dopravy. Tato bezpochyby vysoká úroveň bezpečnosti je zajištěna mnoha opatřeními, která se vyvíjela dle požadavků letecké dopravy a technologického vývoje v různých oblastech za posledních více než 100 let. Tato opatření k zajištění efektivity a implementace dané úrovně bezpečnosti do leteckého provozu musí výrobci letounů, dodavatelé jednotlivých součástí, samotní dopravci, posádky letadel či provozovatelé letiště a příslušný personál dodržovat. Implementace těchto opatření (předpisů, nařízení) je zdlouhavá, komplikovaná, vyžadující velmi vysoké finanční náklady, avšak zcela bez pochyb nutná.

Letecká doprava je komplikovaná. Spojuje velmi vzdálená místa a k efektivnímu fungování je zapotřebí velmi vysokého množství služeb a personálu pro každý jednotlivý let. Tyto služby jsou samy o sobě také finančně velmi náročné, nad rámec již zavedených bezpečnostních opatření.

Je logické, že pokud chce daný subjekt fungovat v určité části letecké dopravy (či jiných odvětví mimo leteckou dopravu), musí patřičné bezpečnostní požadavky zavést a dané zavedení uhradit. Tyto finanční náklady jsou natolik vysoké, že je v zájmu každého subjektu co neúčinněji implementovat, a především udržovat dané požadavky tak, aby byly co nejméně finančně náročné. Letecký dopravce má ve fázi plánování jednotlivých letů možnost využít převoz paliva vzduchem, tzv. fueltankering, který při optimálním plánování vede k úsporám nákladu na koupi paliva.

Cílem této bakalářské práce je vytvoření analýzy výhodnosti převozu paliva vzduchem - fueltankeringu. Tato analýza bude probíhat na základě využití zvoleného systému letišť, druhů provozu a typů letounů, které mají vlastnosti zvolené zcela náhodně v předepsaném rozmezí. Analýza má dokázat, že v určitých případech řada letů s využitím možnosti fueltankeringu obnáší nižší množství nákladů, oproti řadě letů bez využití možnosti fueltankeringu. Druhým cílem je vytvořit počítačový program, s pomocí kterého se výhodnost ověří, včetně popisu faktorů, které mají na výhodnost fueltankeringu vliv, a najít nejlevnější varianty strategií pro jednotlivé řady letů.

Výsledkem analýzy bude nalezení nejlevnějších variant, tzv. strategií plnění s ohledem na patřičné vlastnosti letišť, druhu provozu a typu letounu a vyhodnocení vlivů, díky kterým se dospělo k patřičným výsledkům. Vzhledem k obtížnosti, způsobené především množstvím vlivů, které ovlivňují výhodnost fueltankeringu, bude analýza o některé tyto vlivy odlehčena. Tyto vlivy však budou nadále vypsány, včetně zhodnocení, kterým mohou výhodnost fueltankeringu ovlivnit, nebudou ale brány v úvahu v jednotlivých výpočtech.

1.1. DEFINICE

Níže jsou uvedeny základní obecné termíny, se kterými se v analýze pracuje. V analýze se také pracuje s řadou odborných termínů v souvislosti s plněním letounu a hmotnostmi letounů. Tyto termíny jsou přiblíženy samostatně v příslušných kapitolách v kapitole 2. TEORETICKÝ ÚVOD.

Analýza – Celkové vyhodnocení výhodnosti fueltankeringu.

Autor – Autor bakalářské práce a všech příloh, včetně programu.

Část – Podčást tabulky v programu, obsahující několik veličin a jejich hodnot.

Cestovní hladina – Výška, resp. letová hladina letounu, ve které probíhá cestovní část letu.

Domovské letiště – Letiště, které je využito k započetí a ukončení dané řady letů.

ETOPS – Množina pravidel a podmínek po jejichž splnění je letoun schopen se během letu pohybovat dále než 60 minut časové vzdálenosti od vhodného letiště přistání. Je-li letoun ETOPS certifikovaný, je v dané certifikaci specifikováno jak daleko se letoun může pohybovat a tímto jsou i kategorie ETOPS rozlišeny (ETOPS120, ETOPS180 atd., číselné hodnoty v jednotkách minut).

FL (letová hladina) – Tlaková výška letounu, letěná s nastavením výškoměru na standardní tlak QNH 1013,25 hPa. Letová hladina se aplikuje nejčastěji během cestovní části letu nad určitou výškou, tzv. převodní výšku.

IFR – Množina pravidel a předpisů, definující podmínky pro let podle přístrojů.

ISA (mezinárodní standardní atmosféra)¹ – Uskupení několika veličin popisujících atmosféru, které jsou svými hodnotami standardizované ICAO a vytváří standardní model atmosféry. Tyto hodnoty jsou klíčové pro správné fungování palubních přístrojů a důležité pro vhodné stanovení výkonnosti letounu (oboje je vztaženo k ISA), což je z části jedna z podmínek, která je v analýze podstatná. Během praktických situací se nepracuje s absolutní hodnotou konkrétní veličiny, ale s odchylkou od standardní hodnoty. Níže jsou vypsány standardizované veličiny, jejich standardní hodnoty na hladině moře, gradienty změny s výškou a patřičné jednotky.

- $h = 0 \text{ FT} = \text{SL}$
- $t_{\text{vzduchu}} = 15^\circ \text{C}$
- $p_{\text{vzduchu}} = 101325 \text{ Pa}$
- $\rho_{\text{vzduchu}} = 1,225 \text{ KG} / \text{m}^3$

¹[3]

- rychlost poklesu $t_{\text{vzduchu}} = - 0,65^{\circ}\text{C} / 100 \text{ m}$ výšky

Kritický faktor – Faktor, nejčastěji v množině faktorů, který danou veličinu nejvíce omezuje.

List – Část programu, stránka, která obsahuje určité informace a tímto je seskupuje z důvodu lepší orientace.

LMC – Změna v naložení letounu, která proběhne těsně před odletem, „na poslední chvíli“.

Maximální strategie – Palivová strategie převážející na každém letu maximální možné množství fueltankering paliva.

Nedobrovolný fueltankering – Stav, kdy je FOB na nadcházejícím letu vyšší než žádoucí hodnota FOB (hodnota veličiny zbylé palivo je vyšší než žádoucí hodnota FOB následujícího letu). Tímto dochází k nechtěnému převážení určitého množství paliva.

Nejdražší strategie – Palivová strategie, která je svými náklady na nákup paliva nejdražší.

Nulová strategie – palivová strategie sestávající se pouze z MFOB na jednotlivých letech, zde neprobíhá žádný fueltankering.

OFP – Dokument obsahující základní informace potřebné pro provedení letu, včetně aktuálních a maximálních hmotností letounu a údajů ohledně spotřeby paliva.

Optimální strategie – Palivová strategie, která je svými náklady na nákup paliva nejlevnější.

Palivová strategie (zkráceně strategie) – Jedinečná kombinace plnění letounu fueltankering palivem. Strategie má své konkrétní označení, např. 0/0/0/2/0/M, symbolizující množství paliva určeného pro fueltankering.

POH (letová příručka) – Příručka, kterou je disponováno každé letadlo, obsahující klíčové informace ohledně daného letounu, např. popis systémů, výkonnost, hmotnost a vyvážení, popis standardních a nouzových postupů atd.

Pomocník – Pomocná tabulka používaná v programu, která zajišťuje správnou činnost celého programu. Tato tabulka je pouze pomocná a aktivně se nepodílí na analýze.

Program – Název počítačového programu, který vytvořil autor v software MS Excel pro potřeby vypracování analýzy.

Přebytek naložení – Hodnota hmotnosti, o kterou lze navýšit naložení letounu (palivem, platícím nákladem), aby byly nadále splněny limity všech maximálních hmotností.

Přebytek paliva – Rozdíl mezi zbylým palivem a žádoucím FOB pro nadcházející let. Přebytek paliva je rovno množství paliva, které je nutné před letem doplnit (záporná hodnota značí doplnění, kladná odčerpání).

Rozdíl cen – Rozdíl mezi dvěma cenami paliva. Tento rozdíl může být uvažován mezi cenou na letišti a základní cenou, nebo letišťem DEP během jednoho letu. Rozdíl může být kladný či záporný. Kladný je v případě, že aktuální cena na letišti, na kterém se nacházíme je nižší oproti základní ceně či destinaci.

RWY – Pás na letišti, který je určen pro vzlety a přistání letadel.

Řada letů – Posloupnost letů, které na sebe navazují; jednotlivé lety v jedné posloupnosti letů.

Sada letů – Obecný termín pro všechny řady letů jednoho typu letounu a druhu provozu, celek.

Software – Nadřazené označení počítačových produktů, které se během analýzy využívaly (MS Excel a URANOS).

TOC – Bod, ve kterém je ukončeno stoupání.

TOD – Bod, ve kterém je započato klesání.

Uživatel – Označení osoby, která ovládá a využívá software.

Vhodné letiště (vzletu, přistání) – Letiště, které lze v danou situaci použít, ať již ke vzletu, či přistání; meteorologická situace, letiště, letoun a posádka splňují všechny patřičné náležitosti a mohou provést daný manévr.

Volba náhodných čísel – Matematická funkce v software MS Excel, která dle nastavených parametrů náhodně volí čísla.

Výchozí letiště – Letiště, ze kterého jsou v software URANOS uskutečňovány lety a zároveň vůči kterému jsou definovány polohy všech ostatních letišť.

Využití palivo – Množství paliva, které se během letu využije. V analýze je využití palivo rovno součtu TAXI fuel a TRIP fuel.

Vzdálenostní konstanta – Hodnota konstanty, zvolená uživatelem, která je rovna vzdálenosti dvou sousedních letišť, neboli vzdálenosti jedné jednotky. Tato konstanta je vynásobena hodnotou vzdálenosti mezi letišti v jednotkách jednotka (spočtená Pythagorovou větou).

Zaokrouhlení do bezpečna – Zaokrouhlení probíhající tak, že je daná hodnota veličiny zaokrouhlena na více omezující hodnotu patřičné veličiny a ne dle standardních matematických pravidel (např. hodnota MTOW 10587,9 KG se zaokrouhlí na 10587 KG,

protože hodnota 10587 KG je více omezující než 10588 KG, zároveň nelze MTOW „zvýšit“ zaokrouhlením, tudíž se v tomto případě zaokrouhluje dolů) z důvodu zvýšení bezpečnosti.

Zbylé palivo – Množství paliva, které v letounu zbyde po absolvování letu. V programu je zbylé palivo rovno rozdílu FOB před započítáním letu a využitého paliva.

1.2. FUELTANKERING

Fuel tankering je dle definice převoz určitého množství paliva, které se již nepočítá do MFOB a nepředpokládá se jeho použití během letu, na kterém fuel tankering probíhá. Fuel tankering je tedy převoz množství paliva většího, než nezbytně nutného během daného letu. Toto s sebou nese následující předpoklady:

Výhody:

- množství paliva na palubě je větší, umožňující letounu zvýšit vytrvalost letu
- je-li žádoucí ušetřit čas, resp. náklady související s handlingem, je možnost vynechat plnění letounu na daném letišti a palivo pro navazující let převést fuel tankeringem jako součást předchozího letu
- je-li na cílovém letišti palivo drahé, je možné převést určité množství paliva z letiště odletu, které může být levné a snažit se tímto krokem ušetřit náklady

Nevýhody:

- spotřeba paliva letounem se zvyšuje, čímž se zvyšuje i množství emisí
- zvyšuje se opotřebení letounu vlivem větší zátěže, např. pneumatik, podvozku, brzd atd. během vzletu a přistání
- výkonnost letounu se snižuje
- v určitých případech může dojít ke zvýšení doby letu a snížení cestovní hladiny

Výše uvedené nevýhody svými jednotlivými způsoby zvyšují náklady na provoz letounu na daném letu, během kterého fuel tankering probíhá. Chceme-li efektivně využít fuel tankering ke snížení finančních nákladů na let, je nutné převýšit hodnotu nárůstu finančních nákladů způsobených fuel tankeringem dostatečně velkým snížením nákladů jiných faktorů.

[7]

2. TEORETICKÝ ÚVOD

Analýza výhodnosti fueltankeringu v mé bakalářské práci je založena na simulaci skutečného leteckého provozu a pravidla v něm aplikovaná. Z tohoto důvodu je potřeba zavést určitý teoretický úvod, resp. základ, ze kterého se nejen v této bakalářské práci, nýbrž i v reálném provozu vychází, aby byly dané souvislosti pochopitelné. V této části je uveden obecný teoretický základ, který je aplikován v analýze. Konkrétní souhrn pravidel, volené hodnoty nastavení a zjednodušení začleněné do analýzy jsou uvedeny níže v kapitole 4. ANALÝZA. Zároveň je z důvodu obtížnosti tématu potřeba vysvětlit určité pojmy, které mají souvislost s konkrétní částí problematiky.

Pro jednodušší orientaci v textu a programu jsou zavedena následující značení: *názvy listů* programu psány kurzívou, názvy sad tabulek podtrženy dvojitě, názvy tabulek v jednotlivých listech jsou podtrženy tečkovaně, názvy částí tabulek jsou podtrženy vlnově. **Buňky** obsažené v programu, do kterých je nutné manuálně vepsat určité údaje jsou označeny světle modrou barvou.

2.1. SYSTÉM LETIŠŤ

V analýze je využit maticový model letišť 10x10, který se sestává ze 100 smyšlených letišť (tabulka 1). Tento model reprezentuje jednotlivá letiště, na která se bude v jednotlivých modelových situacích létat. Každé letiště má své jedinečné vlastnosti, které se dají rozdělit na pevné a proměnné. Tyto vlastnosti jsou zapsány do tabulky Databáze informací ... [typ letounu.] (obrázek 6), která je zobrazena na listu *Nastavení letového provozu* (popsáno v podkapitole 3.1. MICROSOFT EXCEL). Níže zobrazené číslice symbolizují polohy jednotlivých letišť a jejich označení:

Tabulka 1: Maticový model letišť 10x10. Zdroj: autor.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

Pevné vlastnosti se sestávají z číselného označení každého jednotlivého letiště a souřadnic polohy, vyjádřené souřadnicemi X a souřadnicemi Y. Tyto vlastnosti byly zvoleny na začátku analýzy a zůstávají danému letišti po celou dobu bez možnosti změny. Tyto vlastnosti jsou jedinečné jednotlivým letištěm; každé letiště má svou jedinečnou kombinaci. Letiště jsou označena číslicemi 1 - 100. Souřadnice jsou voleny tak, aby se matice zaplňovala vodorovně „po řádcích“. Na základě souřadnic je vypočítávána vzdálenost mezi letišti a to pomocí Pythagorovy věty:

$$a = \sqrt{b^2 + c^2}, a = [\text{jednotka}];$$

neboli $d = \sqrt{(\Delta X)^2 + (\Delta Y)^2}$, kde d je veličina vzdálenosti, ΔX je rozdíl souřadnic X a ΔY je rozdíl souřadnic Y dvou zvolených letišť. Veličina d má jednotku „jednotka“. Samotná hodnota d není pro uživatele důležitá, důležitá je volba vzdálenostní konstanty, což je uživatelem zvolená hodnota vzdálenosti rovné jedné jednotce. Hodnota veličiny d je vynásobena vzdálenostní konstantou a výsledná hodnota je vzdálenost D v jednotkách NM, která dává uživateli lepší představu vzdálenosti. Výše popsaným způsobem je pracováno se vzdálenostmi v celé analýze.

Proměnné vlastnosti jsou generovány přes volbu náhodných čísel. Mezi tyto vlastnosti patří hmotnostní omezení pro RWY na daném letišti a vlastnosti paliva. Všechny vlastnosti a případná omezení musejí být na každém modelovém letu dodržena.

Hmotnostní omezení je v případě MSTOW a MSLW letounu v programu označeno zelenou barvou, reprezentující nulové omezení letištěm pro daný let, umožňující maximální možnost využití kapacity a výkonnosti letounu. V případě, že jsou hodnoty maximální hmotnosti pro vzlet, přistání nebo obojí na daném letišti sníženy, je tato situace označena červenou barvou, reprezentující omezení ze strany RWY, překážek v okolí letiště, či z důvodu nedostatečné výkonnosti letounu pro daný let, neumožňující využití maximální kapacity letounu.

Mezi vlastnosti paliva patří následující vlastnosti: cena, penalizace – malé plnění a dostupnost paliva. Hodnoty výše uvedených veličin jsou zvoleny na základě informace cen paliva z letiště Karlovy Vary – LKKV, aktuální k 6.11.2015. Dostupnosti paliva jsou považovány pouze dvě: **ANO** (označeno zelenou barvou) a **NE** (označeno červenou barvou). Částečná dostupnost, například pouze pro lety vyžadující plnění z důvodu velké vzdálenosti do destinace není uvažována.

Výše zmíněné jednotlivé vlastnosti jsou si navzájem zcela nezávislé, jednotlivé hodnoty se generují nezávisle na sobě a mohou v určitých náhodných případech být generovány k vytvoření maximálně omezujícího stavu (maximálně omezující hmotnosti MTOW, MLW a nedostupnost paliva). Hodnoty veličin vlastností jsou generovány pro konkrétní typ letounu

a jsou stejné pro oba druhy provozů. Samotný rozsah hodnot, množství omezujících případů atd. je volen uživatelem a lze je volit pro každý typ letounu samostatně. Důvod, proč zde jsou zavedeny do analýzy různorodé vlastnosti a omezení (včetně zavedení daných omezení pouze na určité množství letišť) je z důvodu snahy o simulaci co nejpřesnějšího reálného systému sítě letišť, který ve skutečném provozu nastává. Toto nám umožní daleko přesnější vyhodnocení analýzy. Výše uvedený popis rozmezí, množství případů, omezení atd. je nastavitelné uživatelem a je libovolné.

2.2. TYPY LETOUNŮ

Během analýzy bude pro absolvování letů použito několik typů letounů. Konkrétní typy a množství typů bylo zvoleno na základě snahy simulovat co nejpřesněji reálný provoz a získat velké množství různorodých dat pro vyhodnocení. Pro oba druhy provozu jsou použity 3 typy letounů, které jsou svými vlastnostmi a provozním využitím zcela odlišné. Všechny 3 typy letounů obletí jak řetězec, tak hub letů (druhy provozu jsou popsány v podkapitole 2.3. DRUHY PROVOZŮ). Zvolené typy a jejich základní vlastnosti, se kterými se v analýze pracuje, jsou uvedeny níže. Tyto informace, týkající se základních vlastností, byly získány v software URANOS, konkrétně v části „Aircraft Properties“. Všechny číselné hodnoty jsou v jednotkách KG (tabulka 2).

Letoun 1: Boeing 737-800W - dvumotorový, proudový, dopravní letoun střední kapacity cestujících, středního doletu, používáný k pravidelné dopravě cestujících (obrázek 1).



Obrázek 1: Letoun Boeing 737-800, vybaven winglety. [8]

Letoun 2: ATR72 – dvumotorový, turbovrtulový, dopravní letoun nízké až střední kapacity cestujících, krátkého až středního doletu, používaný k pravidelné dopravě cestujících (obrázek 2).



Obrázek 2: Letoun ATR72. [9]

Letoun 3: Hawker / Beechjet 400 – dvumotorový, proudový, soukromý letoun velmi nízké kapacity cestujících, krátkého až středního doletu, používaný k nepravidelné dopravě (obrázek 3).



Obrázek 3: Letoun Hawker / Beechjet 400. [10]

Tabulka 2: Základní hmotnostní údaje použitých letounů. Zdroj: autor.

Typ letounu	DOW	MPLW	MSZFW	MFC	MSTOW	MSLW
B738	42915	18773	61688	20820	79015	65317
ATR72	5269	10270	15539	4499	16899	16399
BE40	4972	924	5896	2228	7393	7121

2.3. DRUHY PROVOZU

V analýze jsou vyhodnocovány 2 druhy provozu – „řetězec letů“ a „hub letů“. Každý z těchto dvou druhů provozu se pravidelně využívá v reálném provozu a vyhodnocení je tím pádem přesnější a přínosnější. Oba dva druhy provozu sestávají ze 7 letů – 0. let je určen k zisku potřebných údajů pro započítání analýzy, samotná analýza probíhá pouze na 1. – 6. letu.

Řetězec letů (zkráceně označováno jako řetězec) spočívá v letech z domovského letiště (zpravidla, ne však vždy v reálném provozu, v analýze tomu ale tak vždy bude), obletěním určité trasy a poté návratu na původní letiště odletu. Model takového řetězce lze reprezentovat následovně: A-B-C-D-E-F-A. Tento model primárně využívají lety převážející náklad (tzv. cargo lety).

Hub lety (zkráceně označováno jako hub) jsou využívány zpravidla při převážení cestujících pravidelnou dopravou. Jedná se o let z domovského letiště, letu na letiště DEST a následně návratu zpět na letiště DEP. Model těchto letů lze reprezentovat následovně: A-B-A-C-A-D-A.

Letiště DEP, DEST a ALTN jsou pro každý jednotlivý let v obou druzích provozu generovány zcela náhodně volbou náhodných čísel, a je s danými letišti uvažováno i s danými vlastnostmi, které jsou popsány výše v podkapitole 2.1. *SYSTÉM LETIŠŤ*. Z důvodu snahy o větší variabilitu, během všech simulovaných letů jsou daná letiště DEST volena pouze jednou, vyjma případu návratu na domovské letiště. Po vyloučení možnosti volby již zvolených letišť jsou následovná letiště nadále volena zcela náhodně a automaticky.

2.4. ROZMEZÍ CEN

Během analýzy jsou všechna vyhodnocení provedena pro dvě varianty cen. První varianta, tzv. základní rozmezí cen je vygenerována volbou náhodných čísel jako součást proměnných vlastností jednotlivých letišť. V případě druhé varianty, tzv. zvýšené rozmezí cen se jedná o poupravenou první sadu – tato varianta již není vygenerována náhodně, ale pouze poupravena pomocí přednastaveného násobku cen. Tento proces probíhá tak, že je zvolena základní cena, od které se odvíjí náhodná volba v případě první varianty, výpočtu rozdílu mezi vygenerovanými hodnotami a základní cenou, a zvětšením těchto rozdílů pomocí zmíněného násobku. V takovém případě však může dojít v případě zvýšeného rozmezí cen k poklesu cen do záporných čísel. Z tohoto důvodu je nutné aplikovat ve výpočtech minimální cenu a tím zajistit, že ceny po aplikování násobku nikdy nebudou v záporných hodnotách.

2.5. TECHNICKÉ OPOTŘEBENÍ LETOUNU

V případě, že letoun letí nenuceně těžší, než je absolutně nutné, což v případě fueltankeringu nastává, je celá konstrukce letounu více namáhána a opotřebována touto větší než nezbytně nutnou hmotností pro daný let. Tato skutečnost má za následek nutnost častěji, než by bylo nutné, nahrazovat určité součástky letounu oproti letům, na kterých by fueltankering neprobíhal. Tyto častější výměny zvyšují náklady na provoz letounu za určité období, protože se za tuto dobu spotřebuje více těchto součástí. Z tohoto důvodu je nutné s touto zvýšenou spotřebou určitým způsobem počítat během fueltankeringu, protože tyto náklady fueltankering přímo zvyšuje. Náklady spojené se zvýšeným opotřebením letounu lze přesně rozpočítat na každý jednotlivý let dle stanoveného postupu v závislosti na hmotnosti fueltankering paliva. Je logické, že čím větší je hmotnost fueltankering paliva, tím je konstrukce opotřebována na daném letu více. Během analýzy bude do výpočtu nákladů zaveden faktor opotřebením pneumatik a brzd ve formě procent nákladů na hodinový provoz jednotlivých typů letounů na jednotku hmotnosti fueltankering paliva. [2, 7]

2.6. DRUHY HMOTNOSTÍ LETOUNU

Každý letoun má definované určité druhy a rozmezí hmotností, které se využívají jak při plánování letu, tak při samotném provedení letu. Tyto hmotnosti zaručují bezpečnost a požadovanou výkonnost letounu při schválených letových režimech. Níže jsou uvedené zásadní druhy hmotností. Konkrétní hodnoty maximálních, resp. omezujících hmotností jsou uvedeny v Letové příručce - POH každého letounu. Odborné publikace značí hmotnosti dvěma způsoby, dle lokality: M (Mass – evropské publikace) nebo W (Weight – americké publikace). Vzhledem ke značení v použitých materiálech (POH letounů a software URANOS) budou využity americké verze značení.

BEW – Basic Empty Weight: Hmotnost letounu a standardních dodatečných položek, např. nepoužitelné palivo a další nepoužitelné tekutiny, olej používaný pro mazání motorových a pomocných jednotek, hasicí přístroje, nouzové kyslíkové vybavení.

DOW – Dry Operating Weight: Hmotnost zcela připraveného letounu na určitý druh provozu, neuvažující použitelné palivo a užitečné zatížení. Tato hmotnost, oproti BEW, již obsahuje hmotnost posádky a jejich zavazadla, catering a potřebné vybavení, pitnou vodu, potřebné chemické prostředky a vybavení toalet, občerstvení.

MZFW – Maximum Zero Fuel Weight: Maximální povolená hmotnost letounu bez použitelného paliva.

ZFW – Zero Fuel Weight: Skutečná hmotnost letounu bez použitelného paliva. Tato hmotnost musí být vždy nižší než MZFW.

MSLW – Maximum Structural Landing Weight: Maximální povolená hmotnost letounu při přistání.

PLLW – Performance Limited Landing Weight: Maximální hmotnost letounu při přistání, omezená kritickým faktorem na letišti přistání. Tato hmotnost je nižší než MSLW.

LW – Landing Weight: Skutečná hmotnost letounu při přistání. Tato hmotnost musí být vždy nižší než více omezující z dvojice MSLW a PLLW.

MSTOW – Maximum Structural Take-Off Weight: Maximální povolená hmotnost letounu na začátku vzletového rozjezdu.

PLTOW – Performance Limited Take-Off Weight: Maximální hmotnost letounu na začátku vzletového rozjezdu, omezená kritickým faktorem na letišti vzletu. Tato hmotnost je nižší než MSTOW.

TOW – Take-Off Weight: Skutečná hmotnost letounu na začátku vzletového rozjezdu. Tato hmotnost musí být vždy nižší než více omezující z dvojice MSTOW a PLTOW.

MSTW – Maximum Structural Taxi Weight: Maximální povolená hmotnost letounu během začátku poježdění.

TW – Taxi Weight: Skutečná hmotnost letounu během začátku poježdění. Tato hmotnost musí být vždy nižší než MSTW.

ULW – Useful Load Weight: Hmotnost užitečného zatížení, užitečné zatížení letounu. Užitečné zatížení obsahuje hmotnost pasažérů a jejich zavazadel, nákladu a použitelného paliva. Do užitečného zatížení se počítá i hmotnost veškerého neplatícího zatížení. Lze spočítat jako rozdíl TOW a DOW a musí být nižší než MULW.

MULW – Maximum Useful Load Weight: Maximální hmotnost užitečného zatížení, lze spočítat jako rozdíl omezujícího faktoru MTOW / PLTOW a DOW.

PLW – Payload Weight: Hmotnost platícího zatížení. Platící zatížení obsahuje zatížení přepravováno za úplatu.

MPLW – Maximum Payload Weight: Maximální hodnota hmotnosti platícího zatížení.

[1, 4, 5, 7]

2.7. PLNĚNÍ

Obdobně rozdělení hmotností letounu na určité druhy, v letecké praxi jsou také definovány určité dílčí hmotnosti paliva, lišící se účelem využití během letu (a tím pádem i množstvím). Požadavky na množství, resp. způsob výpočtu množství a konkrétní dílčí hmotnosti paliva, které jsou vyžadovány pro konkrétní druh provozu (např. pro lety NON-ETOPS, ETOPS, IFR) jsou definovány patřičnými předpisy. Samotné množství je nutné spočítat před každým letem ve fázi přípravy letu a to s pomocí POH, ve které jsou uvedené relevantní informace týkající se výší spotřeb paliva pro jednotlivé režimy letu konkrétního letounu. Během výpočtů je nutné brát v úvahu meteorologické podmínky, které budou během letu panovat, výpočet na základě hodnot ISA způsobí chybné výsledky. Tabulka 3 zobrazuje v jednoduché formě rozdělení jednotlivých dílčích hmotností, pod tabulkou jsou jednotlivě v detailu vysvětleny, včetně účelu a množství. Obrázek 4 znázorňuje, jak se v praxi během letu jednotlivé dílčí druhy paliva využívají.

Tabulka 3: Přehlednější zobrazení jednotlivých dílčích hmotností paliva. [6]

Taxi	
Trip	
Reserves which are further broken down into:	Contingency
	Alternate
	Final Reserve
	Additional
Extra	

TAXI fuel: Množství paliva pro využití při pozemních činnostech, např. spouštění motorů, pojiždění a vyčkávání na vyčkávacím místě před vzletem, pohon pomocné jednotky APU.

TRIP fuel: Množství paliva pro využití při letu z letiště DEP na letiště DEST. Toto množství paliva musí být počítáno v závislosti na jednotlivých fázích letu a musí zahrnovat palivo spotřebované od vzletu do bodu MAPt případného zahájení nezdařeného přiblížení na letišti DEST. Při výpočtu TRIP fuel musí také být brány v úvahu předpokládané výškové změny podél tratě, tj. stoupání po vzletu do bodu TOC, klesání z bodu TOD podél příletových postupů STAR, včetně předpokládaných step climb / step descend, klesání při přibližovacím manévru na přistání atp..

RESERVE fuel: Množství paliva, které je využito v případě nepředvídatelných událostí a v případech danými konkrétními druhy provozu. Lze jej rozdělit následovně:

- CONTINGENCY fuel
- ALTERNATE fuel
- FINAL RESERVE fuel

- ADDITIONAL fuel

CONTINGENCY fuel: Množství paliva využívané při nepředvídatelných událostech. CONTINGENCY fuel kompenzuje nepříznivé odchylky následujících nepředvídatelných událostí:

- vyšší spotřeba paliva konkrétního letounu než bylo předpokládáno a plánováno (na základě POH nebo statistik získaných provozem letounu)
- zhoršená meteorologická situace než bylo předpokládáno a plánováno (vyšší složka nepříznivého větru, prodloužení trasy z důvodu nebezpečných meteorologických jevů)
- let po jiné trati nebo v jiné letové hladině než bylo původně plánováno (např. z důvodu velkého množství provozu)

Množství CONTINGENCY fuel, které musí být zvoleno, je větší hodnota z následujících (A / B):

- A/ provozovatel zvolí jednu z následujících hodnot:
 - o 5% plánovaného TRIP fuel
 - o 3% plánovaného TRIP fuel, v případě vhodného en-route letiště ALTN
 - o V případě využití systému monitorování paliva pro jednotlivá letadla:
 - 20 minut letové doby
 - jiné množství schválené Autoritou
- B/ 5 minut vyčkávání 1500 FT AGL nad letištem DEST v podmínkách ISA

ALTERNATE fuel (ALTN fuel): Množství paliva umožňující let na letiště ALTN. Množství je spočteno v závislosti jak na dané předpokládané horizontální trajektorii letu od bodu MAPt na DEST, tak na předpokládaném vertikálním profilu. Způsob výpočtu je obdobný jako TRIP fuel mezi letišti DEP a DEST, ale již není bráno v úvahu CONTINGENCY fuel.

FINAL RESERVE fuel: Množství paliva umožňující 30 minut letu pro letouny vybavené proudovými a turbovrtulovými motory (45 minut pro letouny vybavené pístovými motory). Letoun by nikdy neměl přistát s množstvím paliva nižším než FINAL RESERVE fuel.

ADDITIONAL fuel: Množství paliva stanovené určitým druhem provozu. Druhy provozu, které mohou vyžadovat ADDITIONAL fuel, jsou lety, které:

- nemají možnost volby ALTN
- nemají možnost v případě technických potíží v průběhu letu přistát na bližším letišti než na letišti ALTN (tato situace může nastat v případě nutnosti klesat do nižší než plánované letové hladiny, např. z důvodu ztráty výkonu motoru či ztráty přetlaku

v kabině, a pokračovat let s vyšší spotřebou danou nižší letovou hladinou až na letiště ALTN)

Na většině letů není potřeba aplikovat ADDITIONAL fuel.

EXTRA fuel (též značeno CAPTAIN EXTRA fuel): Množství paliva nad rámec MFOB. EXTRA fuel se zpravidla využívá ze tří důvodů:

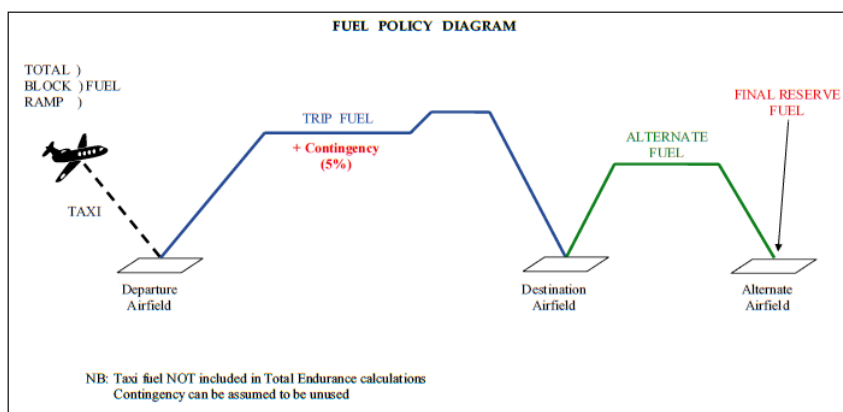
- fuel tankering – v průběhu plánování letu zvoleno oddělením plánování letů dané společnosti
- zkušenost velitele letu (PIC) s danou trati a s případnými předpokládanými zpožděními, která mohou být na dané trati letu častá, např. z důvodu velkého množství provozu či marginální meteorologické situace, vyžadující vyšší množství paliva než je předpokládáno – před letem zvolí PIC
- ke zvýšení bezpečnosti obecně – před letem zvolí PIC

Dále jsou definovány následující termíny v souvislosti s množstvím paliva, které se skládají z výše uvedených dílčích druhů:

MFOB - minimum fuel on board: Minimální množství paliva, skládající se z TAXI, TRIP a RESERVE fuel, které je potřeba mít na palubě. Hodnoty MFOB jsou zpravidla počítány pro jednotlivé fáze letu: před pojižděním, před vzletem, na jednotlivých traťových bodech, podél příletového postupu STAR atd.. Tyto hodnoty jsou zaznamenány v OFP pro daný let a posádka musí pravidelně porovnávat hodnoty FOB a MFOB.

FOB – fuel on board: Skutečné celkové množství paliva na palubě letounu v danou chvíli. Hodnota FOB musí být neustále větší než MFOB.

[6, 7]



Obrázek 4: Znázornění způsobu využití paliva během letu. [6]

3. SOFTWARE

Celá analýza se odehrává za pomoci dvou software, kde každý z nich má svou určitou roli ve sledu analýzy a práce s údaji, které jsou nezbytně nutné pro správné vyhodnocení. Princip zpracování informací v software je založen na výše popsaném teoretickém úvodu v kapitole 2. TEORETICKÝ ÚVOD ve spolupráci s konkrétními pravidly popsanými v kapitole 4. ANALÝZA. Software, které byly použity, jsou matematický program MS Excel vytvořený společností Microsoft a plánovací program URANOS vytvořen společností NAV Flight Services, s.r.o.. Role v analýze, princip funkce, vlastnosti a způsob ovládání software jsou vysvětleny níže v relevantních částech. Vzhledem k práci již s konkrétními software, je potřeba brát v úvahu určité pojmy. Tyto pojmy jsou vypsány a vysvětleny v podkapitole 1.1. DEFINICE.

3.1. MICROSOFT EXCEL

Základ celé analýzy je ve využití standardního software společnosti Microsoft - Microsoft Excel (MS Excel). Tento software, resp. autorem vytvořený konkrétní program, obsahující nezbytné vlastnosti a funkce potřebné k práci v průběhu analýzy je během celého procesu analýzy využíván, jak k vygenerování řad letů, tak k jejich vyhodnocení. Program sdružuje základní data, která jsou vložena uživatelem dle libosti a poté přes řadu přesně definovaných výpočtů jsou data zpracována k získání relevantních informací. Program byl vytvořen s důrazem a snahou jej vytvořit co nejvíce automatizovaný, s minimální nutností manuálního vstupu uživatelem. Z důvodu obsáhlosti analýzy nebylo možné vytvořit program zcela autonomní, za určitých okolností je potřeba nadále manuálního vstupu (postup je zahrnut v podkapitole 3.3. PRAKTICKÉ OVLÁDÁNÍ SOFTWARE). Další důraz, ke komplementární snaze o maximální automatizaci, byl kladen na schopnost programu být obecný a schopný analýzy i v případě změny údajů, vložených do programu při prvotním použití.

Program využívá standardních matematických funkcí a vlastností software MS Excel, včetně jedné speciální, autorem vytvořené funkce nazvané RandBetweenInt. Celá analýza je založena na využití volby náhodných čísel, kde jsou různé hodnoty veličin voleny zcela náhodně, však v konkrétním rozmezí hodnot nastavených uživatelem, bez manuálního vstupu uživatele. Volba náhodných čísel je v programu využita dominantně a je zrealizována standardními funkcemi RAND a RANDBETWEEN a již zmíněnou, uživatelem vytvořenou funkcí RandBetweenInt. Popis těchto klíčových funkcí je uveden níže. Názvy funkcí jsou uvedeny pro anglickou verzi MS Excel, v závorce pro českou verzi; velkými písmeny standardní funkce MS Excel, malými písmeny uživatelem speciálně vytvořené funkce.

RAND (NÁHČÍSLO) – Funkce volící náhodně čísla mezi čísly 0 a 1. Tato funkce neumí vynechat konkrétní hodnoty čísel bez manuálního vstupu uživatele.

RANDBETWEEN (RANDBETWEEN): Funkce volí náhodně čísla v uživatelem zvoleném rozmezí. Tato funkce neumí vynechat konkrétní hodnoty čísel ve zvoleném rozmezí bez manuálního vstupu uživatele.

RandBetweenInt (RandBetweenInt): Funkce obdobná funkci RANDBETWEEN, avšak umožňuje vynechání volby konkrétních hodnot čísel ve zvoleném rozmezí zcela automaticky bez manuálního vstupu uživatele. [12]

MS Excel dokáže po náhodné volbě čísla výše popsanými funkcemi dále se zvoleným číslem pracovat standardními matematickými operacemi a jinými funkcemi. Toto umožní daleko větší volnost a automatizaci programu.

Mezi další využití funkce v programu se řadí funkce IF (KDYŽ), OR (NEBO), AND (A), VLOOKUP (SVYHLEDAT) a FLOOR (ZAOKR.DOLŮ).

Je důležité brát v úvahu, že program a všechny funkce pro volbu náhodného čísla volí nová náhodná čísla pokaždé, když se program aktualizuje (stisk klávesy F9) nebo když se aktualizuje obsah kterékoliv buňky (v případě, že se do kterékoliv buňky text napíše, smaže, upraví nebo pouze označí kurzorem obsah i bez jeho změny). Toto v praxi znamená, že údaje jsou neustále měněny během každé aktualizace popsané výše a pokud chce uživatel pracovat s konkrétní vygenerovanou sadou hodnot permanentně, musí manuálně vstoupit do části generování hodnot, potřebné vygenerované hodnoty si manuálně zaznamenat (ručně na papír či vytisknout) a poté vstoupit do odlišné části programu, kam je ručně dopíše do vyhrazených polí. Program poté s nimi dále pracuje, aniž by se opětovně aktualizovaly. Existují i jiné možnosti jak zabránit programu v neustálém generování nových čísel a umožnit zachování vygenerovaných čísel a práci s nimi, ale tyto možnosti jsou příliš komplikované a především mění chování jiných standardních funkcí, které jsou v programu použity. Nejčastěji zcela znemožňují jejich funkci. Takové možnosti nebudou v programu a analýze uvažovány.

3.1.1. USPOŘÁDÁNÍ PROGRAMU

Program je rozdělen do několika listů (anglicky tab). Každý z těchto listů obsahuje charakteristické vlastnosti a údaje potřebné ke schopnosti celého programu pracovat a ke schopnosti vyhodnocení analýzy. Jedná se o údaje týkající se nastavení vlastností letového provozu, automatické volby letů a analýzy letů. Všechny buňky, které vyžadují manuální vstup uživatele jsou vyznačeny světle modrou barvou. Buňky obsahující omezující hodnotu konkrétní veličiny jsou příslušně vybarveny následovně: zelenou pokud není hodnota dodatečně omezena (např. MSTOW) a červenou pokud k dodatečnému omezení dochází (např. PLTOW). Seznam jednotlivých listů je uveden níže (ukázka viz. obrázek 5). Celkový

počet listů je 10. Jednotlivé listy budou z důvodu lepší orientace dále v textu označeny kurzívou, názvy tabulek budou podtrženy jednoduše, části tabulek podtrženy vlnově.

- *Nastavení letového provozu*
- *Volba letů*
- *Analýza řetězec B738*
- *Analýza hub B738*
- *Analýza řetězec ATR42*
- *Analýza hub ATR42*
- *Analýza řetězec BE40*
- *Analýza hub BE40*
- *Nastavení řetězec*
- *Nastavení hub*

<u>Nastavení letového provozu</u>	Volba letů	Analýza řetězec B738	Analýza hub B738	Analýza řetězec ATR72
-----------------------------------	------------	----------------------	------------------	-----------------------

Obrázek 5: Ukázka části volby listů v programu, celkový počet listů je 10. Zdroj: autor.

V případě názvů listů či tabulek obsažených v listech, které se skládají z druhu provozu či typu letounu bude použito jednotné označení „[druh provozu]” nebo „[typ letounu]“ nebo obě dvě varianty společně. Toto je z důvodu identických listů či tabulek, které jsou obsaženy v programu pro jednotlivé druhy provozu a typy letounu, samotný princip funkce je však u všech stejný. V případě popisu či práce s konkrétním listem nebo tabulkou bude přesný druh provozu a typ letounu zmíněn.

3.1.2. NASTAVENÍ LETOVÉHO PROVOZU

List *Nastavení letového provozu* je základní list, od kterého se odvíjí celý program. Tento list obsahuje základní nastavení vlastností letového provozu, tedy nastavení vlastností letů, letišť v systému letišť, nastavení parametrů letounu, paliva a technického opotřebení. Tyto možnosti nastavení jsou uspořádány do tabulky, patřičně označené pro jednoduchost, nazvané Nastavení parametrů letu – [typ letounu]. Tyto tabulky jsou ztrojené pro možnost nastavení až tří typů letounů a matic letišť zároveň a jsou umístěné pod velkou tabulkou Databáze informací – [typ letounu]. Uživatel musí manuálně vstoupit do programu a dopsat patřičné hodnoty vlastností, se kterými chce pracovat. Buňky, kam je potřeba manuálně vstoupit, jsou označeny světle modrou barvou. Všechna tato pole musí být vyplněna pro zajištění správné funkce programu. Možnosti nastavení lze vidět na obrázku 6.

Jednotlivé veličiny nastavení nejsou využity pouze na listu *Nastavení letového provozu*, ale program s nimi pracuje i na jiných listech. Proto je důležité mít všechna pole vyplněná i když se nemusí na tomto listu projevit jejich využití, zbylé vlastnosti se projeví na jiných listech.

Vyplněné buňky nastavení se projeví ve velké tabulce Databáze informací – [typ letounu] (obrázek 7), nacházející se nad tabulkou Nastavení parametrů letu – [typ letounu]. Tato tabulka zobrazuje vlastnosti všech sta letišť zároveň. Do této části uživatel manuálně nevstupuje. Letiště jsou uspořádána do řádků, ve sloupcích jsou seřazeny jednotlivé vlastnosti letišť. Toto zobrazení se neshoduje s maticovou podobou jak je zobrazeno v tabulce 1, ale to není podstatné, program s tabulkou pracuje stejným způsobem, byť s jiným vzhledem. Tento tabulkový vzhled je použit z důvodu větší přehlednosti.

3.1.3. VOLBA LETŮ

List *Volba letů* se zabývá generováním letů pomocí volby náhodných čísel. V tomto listu jsou přehledně zobrazeny všechny potřebné informace pro řady letů, které program umí vygenerovat (řetězec a hub pro všechny tři typy letounů). Zobrazení je zrealizováno pomocí sad tabulek, každá sada je patřičně označena v levém horním rohu typem letounu a druhem provozu. Oba údaje jsou zvýrazněné zelenou barvou. Každá sada tabulek obsahuje sedm letů. Každý let je patřičně označen číslem v pořadí a je zaznamenán v levém horním rohu tabulky Informace o letu.

Princip fungování tohoto listu je popsán níže. Tento princip je shodný u všech tabulek. Program pomocí volby náhodných čísel zvolí letiště DEP, DEST a ALTN dle parametrů charakteristických pro každý let, popsáných v kapitole 4. ANALÝZA a zapíše je do buněk v částech Poloha letiště, sloupec Letiště. Samotný způsob volby těchto letišť je spjat s listy *Nastavení [druh provozu]*, který je popsán níže v podkapitole 3.1.4. NASTAVENÍ [DRUH PROVOZU] . Jakmile jsou letiště zvolena, jsou z tabulky Databáze informací v listu *Nastavení letového provozu* přepsány všechny údaje o jednotlivých vygenerovaných letištích do zbylých částí a sloupců tabulky (obrázek 8). Tento postup se opakuje pro všechna jednotlivá zvolená letiště všech letů, pro oba druhy provozu a pro všechny tři typy letounů. Způsob zobrazení a vybarvení patřičných údajů je stejný jako na listu *Nastavení letového provozu*.

Vpravo vedle tabulky Informace o letu je zobrazena tabulka Vzdálenosti (obrázek 8). Tato tabulka zobrazuje přehledně vypočtenou horizontální a časovou vzdálenost mezi letišti DEP a DEST, DEST a ALTN a součet těchto vzdáleností. Tyto údaje jsou důležité pro spolupráci programu se software URANOS. Úplně vpravo je zobrazena třetí tabulka Naložení letounu – potřebné. Zde je uvedena vygenerovaná hodnota hmotnosti platícího nákladu.

Výše popsané tabulky jsou vyhotoveny pro každý ze sedmi letů v jedné řadě letů, vytvářející sadu tabulek. Každá sada tabulek je vyhotovena pro každý typ letounu a pro každý druh provozu. Jsou uspořádány tak, že 1. sada (levý horní roh listu) obsahuje druh provozu řetězec pro typ letounu B738. Ve vodorovném směru se mění typ letounu v pořadí B738 / ATR72 / BE40 a druh provozu zůstává zachován, ve svislém směru se mění druh provozu v pořadí řetězec / hub a typ letounu zůstává zachován (tabulka 4).

Tabulka 4: ukázka seřazení sad tabulek v listu *Volba letů*. Zdroj: autor.

Řetězec B738	Řetězec ATR42	Řetězec BE40
Hub B738	Hub ATR42	Hub BE40

Tento list nevyžaduje pro svou funkci manuální vstup uživatele, volba čísel probíhá zcela automaticky. Jediný manuální vstup je nutný z důvodu záznamu údajů manuálním přepsáním či tiskem. Tyto údaje se poté využijí v listech *Analýza [druh provozu] [typ letounu]*.

3.1.4. NASTAVENÍ [DRUH PROVOZU]

Listy *Nastavení řetězec* a *Nastavení hub* jsou dva listy, které obsahují důležité tabulky pro správné fungování programu. Tyto listy jsou důležité pouze pro samotné jádro programu, a uživatel s těmito listy nikdy nemusí přijít do styku. Sady tabulek pomocníků po pravé straně jsou spjaty s listem *Volba letů* a to konkrétně s volbou samotných letišť DEST a ALTN. Volba těchto letišť je založena na autorem vytvořené funkci *RandBetweenInt*, která byla vytvořena manuálně, nestandardně, a její činnost je reprezentována zde na listu *Nastavení [Druh provozu]*.

Během volby letišť DEP, DEST a ALTN je na základě vlastností druhů provozu, které simulujeme, a námi požadovaných vlastností letišť DEP, DEST a ALTN potřeba vnést do analýzy určité dodatečné podmínky (podrobněji popsáno v kapitole 4. ANALÝZA). Tyto podmínky znemožňují využít určitá letiště během náhodné volby letišť DEST a ALTN. Abychom tento vliv do volby náhodných čísel zavedli, a tím pádem aby volba náhodných čísel tato nevyhovující letiště nevybírala, je potřeba zavést do programu určitý systém, který tato nevyhovující letiště bude „přehlížet“ a nebrat v úvahu v procesu volby. Samotné funkce RAND a RANDBETWEEN toto bez manuálního vstupu uživatele neumí, proto se zde uplatní funkce *RandBetweenInt*. Aby však tato funkce mohla správně fungovat, musí se pro každou volbu letiště, během které chceme nějaká letiště vynechat, zavést tzv. pomocník, ve kterém jsou vyloučená letiště zobrazena. Pomocník má fyzicky vzhled tabulky obdobné matici letišť (tabulka 1) a zobrazuje pro volbu nevhodná letiště (obrázek 9). Zobrazená letiště nebudou brána v úvahu během volby.

Pomocník pracuje na základě ověření každého jednotlivého letiště 1 - 100, jestli je vhodné pro volbu konkrétního DEP, DEST či ALTN. Toto dělá na základě ověření všech podmínek, které na volbu letišť v řadách letů klademe. Pomocník kontroluje sadu podmínek pomocí tabulky Tabulka letišť, zobrazené vlevo od pomocníků, která obsahuje názvy letišť a souřadnice poloh (obrázek 10). Tato tabulka je využívána s tabulkou Informace o letu z listu *Volba letů*, ze kterých se využívají informace o letištích, které byly již skutečně zvolené a informace o poloze mezi zvolenými letišti a zbylými letišti, která ještě zvolená nebyla. Tímto pomocník zjistí, která letiště splňují či nespĺňují předepsaná pravidla, a tudíž která budou brána v úvahu pro další volbu. Během kontroly podmínek se využívají jak označení, tak souřadnice letišť. Pomocník tyto podmínky kontroluje a v případě nevhodného letiště dané letiště v pomocníku zobrazí. Pokud je letiště vyhovující, tak se v pomocníku nezobrazí.

Pomocník je potřeba využít pro každou volbu letiště, které je vybíráno pomocí volby náhodných čísel a kde je žádoucí určitá letiště z volby vynechat. Tento požadavek je však velmi častý – jediná letiště, která nevyžadují během volby vynechání konkrétních hodnot, jsou letiště DEP0, tedy letiště odletu prvních letů v každé řadě letů, pro oba druhy provozu řetězec i hub.

Pomocník je potřeba zavést samostatně pro každou jednotlivou volbu letišť DEST a ALTN, u kterých chceme určitá letiště během volby vynechat, což bývá v následujících případech:

- řetězec: DEST0, 1, 2, 3, 4, 5 a ALTN0, 1, 2, 3, 4, 5, 6
- hub: DEST0, 1, 3, 5 a ALTN0, 1, 2, 3, 4, 5, 6

U řetězce je potřeba volit 13 letišť s omezením, je tedy potřeba využít 13 pomocníků. U hub je potřeba využít pouze 11 pomocníků. Nutnost využití samostatných pomocníků je způsobeno tím, že nevyhovující letiště jsou pro každou samostatnou volbu letišť DEST a ALTN rozdílná a vzniká tedy nutnost zobrazovat nevhodná letiště samostatně.

Pro volbu letiště DEP není potřeba pomocník, ať již u řetězce tak u hub letů, protože letiště DEP0 jsou volena zcela bez omezení, a to funkcí RANDBETWEEN. Všechna následující letiště DEP (DEP2, 3, 4, 5, 6) jsou v případě řetězce volena jako DEST předchozích letů (DEP2 = DEST1; DEP3 = DEST2 atd., zde již není využita volba náhodných čísel). Hub letů obsahuje druhotnou vlastnost, kde díky povaze letů se neustále vracíme na domovské letiště. Z tohoto důvodu není potřeba pomocník pro DEST2, 4, 6, protože se rovnají letišti DEP předcházejícího letu (DEST2 = DEP1; DEST4 = DEP3 = DEP 1 atd.). Obdoba platí i u řetězce letů, zde se však vracíme na domovské letiště pouze v případě letiště DEST6. Výše uvedené případy volby letišť nejsou voleny volbou náhodných čísel s nutností vynechat určitá letiště, a tudíž není potřeba využít pomocník.

Uspořádání pomocníků je zavedeno následovně: pomocníci, kteří se využívají pro jednu řadu letů, jsou uspořádáni do jedné ohraničené sady pomocníků, aby bylo uspořádání přehlednější. Sady pomocníků jsou označeny v levém horním rohu se zeleným vybarvením a vepsaným typem letounu, kterého se týkají. Následně jsou pomocníky uspořádány tak, že první řada pomocníků slouží k volbě letišť DEST, a to v pořadí letů v posloupnosti (DEST0, 1, 2 atd.). Pod touto řadou je druhá řada, která obsahuje pomocníky potřebné pro volbu letišť ALTN. Pořadí v sekvenci je shodné s DEST. Každý pomocník je příslušně označen v levém horním rohu podle letiště, kterému asistuje s volbou. Řada pro pomocníky letišť DEP není potřebná, letiště DEP nevyžadují pomocníky. Pokud by nastal případ, že pomocník není potřebný pro konkrétní volbu letiště v řadě letů, např. u volby letiště DEST2, 4, 6 u hub letů, je pro zlepšení orientace v listu místo vynecháno. Schéma uspořádání je možné vidět v tabulce 5 a tabulce 6.

Tabulka 5: Schéma uspořádání pomocníků řetězce. Zdroj: autor.

DEST0	DEST1	DEST2	DEST3	DEST4	DEST5	DEST6
ALTN0	ALTN1	ALTN2	ALTN3	ALTN4	ALTN5	ALTN6

Tabulka 6: Schéma uspořádání pomocníků pro lety hub, zde jsou vidět vynechaná pole pro volby letů, které nevyžadují pomocníky. Zdroj: autor.

DEST0	DEST1		DEST3		DEST5	
ALTN0	ALTN1	ALTN2	ALTN3	ALTN4	ALTN5	ALTN6

Výše popsané vlastnosti a podmínky jsou potřeba duplikovat pro každou řadu letů samostatně. Máme-li tři typy letounů a dva druhy provozu, tedy šest řad letů, je potřeba vytvořit šest sad pomocníků, které zrealizují volbu letišť. Každá sada má buď 13 nebo 11 pomocníků, toto závisí na druhu provozu. Celkový počet použitých pomocníků je tedy 72.

Volba letiště v listu *Volba letiště* probíhá tak, že jsou ve funkci RandBetweenInt uvedeny dva údaje: rozmezí čísel, která má funkce volit (1 – 100 reprezentující jednotlivá letiště), a hodnoty čísel, která má z volby vyloučit. Tyto hodnoty jsou reprezentovány zmíněnými pomocníky a jsou to ty hodnoty, které jsou v dané tabulce zobrazené (značí nevyhovující letiště). Tyto hodnoty se při výběru letiště vynechají. Volba tedy probíhá volbou mezi čísly 1 – 100, kromě čísel zobrazených v pomocnících.

Tento list nevyžaduje manuální vstup uživatele, funguje zcela nezávisle.

3.1.5 ANALÝZA [DRUH PROVOZU] [TYP LETOUNU]

Šestice listů označených *Analýza [druh provozu] [typ letounu]* se zabývá konečnou částí analýzy. V těchto listech probíhá vyhodnocení. Pro každou řadu letů je vytvořen samostatně jeden list, z důvodu lepší orientace v obsáhlé analýze. Každý list je rozdělen na dvě části – horní polovina pracuje s původně vygenerovanými hodnotami cen paliva, zatímco dolní polovina pracuje se zvýšenými rozdíly cen (popsáno v podkapitole 2.4. ROZMEZÍ CEN). Tyto listy vyžadují manuální účast uživatele. Tato šestice listů je zcela identická, liší se pouze příslušným označením druhu provozu, typu letounu a samotným číselným obsahem každé jednotlivé řady letů. Níže vysvětlen je princip pouze jednoho listu, zbylé listy jsou identické.

Ve střední horní části listu se nachází sada tabulek Nastavení (obrázek 11). Tato sada sdružuje informace pro nulový fuel tanking, ze kterých program vychází a vypočítává dodatečné informace na letech, kde již k fuel tankingu dochází. Do této tabulky musí uživatel manuálně vstoupit a dopsat potřebné údaje letů. Všechna pole, kam je potřeba manuálně vstoupit a doplnit údaj, jsou patřičně vyznačena světle modrou barvou. Část údajů letů, které jsou potřebné doplnit, se získají v listu *Volba letů*. Druhou část údajů je nutné získat v druhém použitém software, URANOS. Funkce, využití a ovládání tohoto software jsou popsány v podkapitole 3.2. URANOS. Další údaje potřebné pro doplnění je nutné spočítat manuálně. Důvodem je fakt, že v určitých situacích by bylo nutné použít zaokrouhlování pro získání správných hodnot, ale tato funkce v tomto konkrétním případě nefunguje dostatečně spolehlivě, tudíž není v programu využita.

S programem URANOS je úzce spjata tabulka Převod letišť na levé straně listu, která obsahuje údaje o letištích, především vzdálenostech mezi nimi (obrázek 12). Tato tabulka reprezentuje již třetí formu zobrazení matice letišť, a to z důvodu kompatibility údajů se softwarem URANOS. Tabulka obsahuje všechny možné kombinace jedinečných vzdáleností mezi letišti, které se mohou vyskytnout v matici letišť a převádí tento údaj na konkrétní trasu. Tato trasa v maticovém zobrazení vždy začíná letištem č. 1 a končí na letišti v ekvivalentní vzdálenosti.

Tímto krokem vzniká nutnost do analýzy zavést druhý systém značení letišť, a to z důvodu spolupráce se softwarem URANOS. Údaje vzdálenosti jsou v tabulce seřazeny od nejmenší vzdálenosti až po největší. Vzdálenostních, a tedy traťových kombinací je celkem 49. Pokud je letišť více, které odpovídají konkrétní vzdálenosti od letiště č. 1, tak je zobrazeno pouze letiště s nižším číselným označením. Dále je v tabulce zobrazen údaj o rozdílu zeměpisné délky, odpovídající dané vzdálenosti mezi letišti ve stupních a v minutách. Letiště jsou pro převod do software URANOS „seřazena“ podél rovníku, tedy velké kružnice, tudíž je přepočítání rozdílů jednoduché. Tento údaj je důležitý pro správný převod značení letišť, a tudíž funkci software URANOS. Údaje, které se získají pomocí této tabulky Převod letišť se dále doplní do sady tabulek Nastavení, aby byla pro uživatele spolupráce mezi programem a softwarem

URANOS jednodušší. Dané údaje je nutné později přepsat do software URANOS, který s těmito údaji dále pracuje.

Sada tabulek Analýza, která se nachází v pravé části jsou samotnou analýzou. Toto je výsledek celé práce a celého procesu výpočtů. Sada tabulek Analýza je rozdělena na dvě tabulky. První tabulka v pořadí je věnována celkovému vyhodnocení letů seřazeném od nejlevnější strategie po nejdražší, tedy výsledku analýzy. Tato tabulka je označena Vyhodnocení. Tabulka Celkem je podobná, ale je seřazena v pořadí odpovídajícímu postupné volbě strategie. Zbýlých šest tabulek je věnováno každému letu zvlášť a každá tabulka je označena patřičným číslem letu (obrázky 13 a 14).

Každá z těchto tabulek obsahuje několik sloupců s údaji důležitými pro vyhodnocení analýzy. Modře vyznačené části vyžadují manuální vstup uživatele a vepsání vyznačených veličin. Tabulky jsou odděleny sloupci vyznačující palivovou strategií, konkrétně označení palivové strategie a kódové označení. Jednotlivé kódy palivové strategie musí být uživatelem vyplněny. Kódové označení se skládá z šesti celých cifer či znaků, značící množství fueltankering paliva na konkrétním letu v řadě. Číslice značí dle typu letounu tuny, nebo stovky KG paliva. Analýza je nastavena tak, že letouny B738 a ATR72 používají tuny, BE40 stovky KG. Písmeno M značí maximální množství fueltankering paliva, které je možné na daném letu převést. Tyto hodnoty je nutné vyplnit pouze ve sloupcích vlevo tabulky Celkem (značení letů je označeno světle modře), ve všech zbylých sloupcích tabulky budou označení palivové strategie vyplněny automaticky.

Příklad kódu palivové strategie v tunách je následovný: 0/0/2/4/M/3. Tento kód znamená, že na letu č. 1 a 2 je množství fueltankering paliva 0 tun, na 3. letu 2 tuny, 4. letu 4 tuny, 5. letu maximální množství a na 6. letu 3 tuny. Tato kombinace je pro jednu řadu letů jedinečná. Sloupce, kam se kódové označení vyplňuje, jsou v závislosti na čísle letu od 1. k 6. letu barevně vyznačeny od světlejší po tmavší odstín modré barvy, z důvodu zajištění lepší přehlednosti.

Každá tabulka jednotlivých letů má 12 sloupců, obsahujících konkrétní informace důležitých pro daný let. Tyto sloupce obsahují následující informace:

- maximální fueltankering
- skutečný fueltankering
- zbylé palivo – předchozí let
- FOB – celkové
- přebytek paliva
- palivo k doplnění
- využité palivo

- Δ TRIP fuel
- kontrola hmotností
- doba letu – TRIP
- Δ doby letu – TRIP
- náklady

Světle modře označené jsou údaje, které je třeba manuálně doplnit. Všechny potřebné údaje získá uživatel v software URANOS. Zbývající údaje jsou vypočteny programem. Tento výpočet vychází ze sady tabulek Nastavení, kde jsou vypsány základní údaje nulového fueltankeringu. Oproti těmto hodnotám jsou vypočteny hodnoty pro různé strategie, kde již k fueltankeringu dochází. Tabulky spolupracují mezi sebou z důvodu závislosti následujících letů na letech předešlých, především co se týče zbylého paliva na palubě.

Jakmile jsou tabulky s lety vyplněny všechny údaje, zbylé sloupce vyhodnotí zbytek údajů. Tyto údaje jsou potom celkově vyhodnoceny v tabulce Celkem. Zde se jednotlivé hodnoty veličin sečtou a vyhodnotí se každá strategie jako jeden celek, součet, seskládající se z šestice letů v řadě. Zde je však zavedena jistá unikátnost oproti tabulkám s lety: je zde kontrola doby letu TRIP oproti základní době při nulovém fueltankeringu. V případě nárůstu doby letu je označena příslušná palivová strategie jako nevhodná. Toto je vyznačeno ve sloupci „Vyhovující FUELTANKERING“ slovem „NE“. Tímto krokem se do analýzy zavádí i vliv nákladů spojené s provozem letounu (neplést si však s náklady na technické opotřebení).

Dále je žlutou barvou vyznačen sloupec „Náklady“. Analýza se snaží vyhodnotit nejlevnější variantu strategie fueltankeringu na základě tohoto údaje (samotné vyhodnocení však neprobíhá v této tabulce). Celkový počet řádků v tabulce je závislý na počtu strategií, tedy kombinací možností fueltankeringu. Množství strategií bývá v řádech desítek až stovek, v závislosti na vygenerovaných vlastnostech letounu, letiště, paliva a nastavení krokování mezi velikostmi paliva pro fueltankering.

Tabulka Vyhodnocení slouží pouze k vložení hodnot z tabulky Celkem za účelem umožnění seřadit dané palivové strategie v konkrétním pořadí. Toto by nebylo možné bez výše popsáného kroku. Jakmile je tabulka Celkem překopírována do tabulky Vyhodnocení, je nutné tabulku seřadit od nejnižších nákladů po nejvyšší. Toto je výsledek analýzy. Pod sadou tabulek Nastavení je zobrazen graf, který je spjat s tabulkou Vyhodnocení a zobrazuje závislosti nákladů, množství fueltankering paliva a Δ TRIP fuel (rozdíl mezi TRIP fuel spotřebovaném na letu s fuel tankeringem a letu bez fueltankeringu) na ose Y a pořadí výhodnosti na ose X. Graf lze také považovat za výsledek analýzy, který je prezentován v přehlednější formě.

Pod výše zmíněnými sadami tabulek a grafů jsou umístěny druhé kopie, které se liší pouze cenami paliva a hodnotou nákladů, které jsou z těchto upravených cen vypočteny. Ceny paliva

jsou zde poupraveny a je zde kalkulováno s několikanásobně vyššími rozdíly cen od základní ceny, tzv. zvýšené rozmezí cen (hodnota násobku rozdílu cen je uživatelem nastavena na listu *Nastavení letového provozu* v tabulce Nastavení parametrů letu – [typ letounu]). Zbylé buňky sad tabulek Nastavení a Analýza odkazují na původní sady tabulek v horní části listu se základním rozmezí cen. Zde není vyžadován manuální vstup uživatele.

3.2. URANOS

Software URANOS zastupuje v analýze velmi důležitou roli (obrázek 15). Software URANOS je software vytvořen společností NAV Flight Services, s.r.o. a je využíván k plánování skutečných letů. Výhodou tohoto software je, že pracuje s údaji skutečných letadel a umí tedy v průběhu plánování letů počítat potřebné údaje velmi přesně, a to pro jednotlivé režimy letu (stoupání, cestovní část letu, klesání). Tato skutečnost je pro analýzu velmi benefitní, umožní nám velmi přesně vyhodnotit analýzu. URANOS slouží v průběhu analýzy k získání dodatečných údajů vygenerovaných letů, například ohledně spotřeby paliva pro potřebné výpočty v listech *Analýza [druh provozu] [typ letounu]*, a tedy k vyhodnocení celé analýzy.

Mezi základní vlastnosti, kterých je nutno v URANOS využívat, je schopnost vytvářet vlastní, uživatelem definované WPT a letiště. Tyto možnosti je nutné využít k získání potřebných dat k vyhodnocení analýzy.

3.2.1. ZAVEDENÍ MATICE LETIŠŤ V URANOS

Vzhledem k povaze analýzy, tzn. přesně definovaných vzdálenostech, na kterých se mezi letišti v analýze létá, není praktické v software použít skutečná světová letiště a tímto simulovat matici letišť. Pro správné a účinné vyhodnocení analýzy je nutné do URANOS zavést samostatný systém letišť, který software umožňuje uživateli vytvořit. Tento systém je úzce spjat s tabulkou Převod letišť v listu *Analýza [druh provozu] [typ letounu]*, kde jsou vypsány a seřazené všechny jedinečné vzdálenosti, které mohou v matici letišť nastat (obrázek 16). Zobrazené hodnoty rozdílů zeměpisných délek, odpovídající vzdálenostem mají své využití v software URANOS. Aby byla matice letišť v URANOS zrealizovatelná, je nutné pomocí zmíněné tabulky zvolit v URANOS výchozí letiště, ze kterého se bude létat a vůči němu vztahovat všechna ostatní letiště v závislosti na jejich konkrétních vzdálenostech (výchozí letiště zde reprezentuje letiště č. 1 v matici letišť, vůči kterému jsou vztaženy všechny jedinečné vzdálenosti, viz. tabulka Převod letišť). Každé uživatelem vytvořené letiště v software URANOS je potřeba definovat na základě zeměpisných souřadnic.

Systém matice letišť je do URANOS zaveden tak, že zmíněné výchozí letiště se nachází na průsečíku rovníku a nultého poledníku. To letišti dává souřadnice [N0000.0 , E00000.0],

z důvodu jednoduchosti zavedení všech ostatních letišť do URANOS. Všechna další letiště jsou do URANOS zavedena pomocí souřadnic uvedených v tabulce Převod letišť v listu *Analýza [druh provozu] [typ letounu]*. Tato odchylka je aplikována směrem na východ a zároveň pouze na rovníku z důvodu jednoduchosti dodržení polohy letišť na velké kružnici, a tedy umožňující jednoduše dodržet přesné vzdálenosti mezi letišti. Tabulka Převod letišť sice udává hodnotu odchylky od výchozího letiště, ale vzhledem k tomu, že souřadnice výchozího letiště je [N0000.0, E00000.0], tak číselná hodnota odchylky je rovna samotné souřadnici letiště. Výše popsané zavedení matice letišť je realizovatelné pouze pro lety mezi letišti DEP a DEST. Letiště jsou kódově označena písmeny RK a číselným označením letiště z matice letišť, který odpovídá dané vzdálenosti od letiště 1 pro lety s letounem B738. Písmeno B a číselný údaj jsou použity pro lety s letouny ATR72 a BE40. Každý tento převod je nutný provést zvlášť pro rozdílné hodnoty konstanty vzdálenosti, protože se patřičně mění souřadnice letišť (poloha výchozího letiště však zůstává stejná).

Příklad: Letiště zavedené v software URANOS RK04 je od výchozího letiště RK01 vzdálené stejně daleko jako v matici letišť letiště 4 a 1, tedy 600 NM v případě B738. V URANOS je tato vzdálenost vyjádřena rozdílem zeměpisné délky, tedy $600 \text{ NM} / 60 \text{ NM} = 10$ stupňů. Souřadnice výchozího letiště RK01 jsou [N0000.0, E00000.0], souřadnice letiště RK04 [N0000.0, E01000.0].

Daný systém letišť funguje ve spolupráci programu a URANOS tak, že jakmile je let mezi dvěma letišti vygenerován, tak jsou tato letiště převedena na výchozí letiště (vygenerované letiště DEP) a letiště v dané vygenerované vzdálenosti (vygenerované letiště DEST) pomocí tabulky Převod letišť, včetně označení těchto letišť. Nová označení jsou značena oranžovou barvou v sadě tabulek Nastavení, a v případě generování OFP jsou uvažovány tyto převedené značení. Toto je nutný krok, protože umožní větší množství univerzálnosti programu a obecného využití této matice letišť i pro jiné lety se stejnou konstantou vzdálenosti.

Po zavedení poloh letišť a příslušného označení jsou letišti zavedeny vlastnosti, na uvážení uživatele (obrázek 16). Mezi tyto vlastnosti se řadí druhotný název letiště, příslušné město, nadmořská výška letiště a délka nejdelší RWY. Tyto vlastnosti jsou zcela nepodstatné pro analýzu, ale je nutné je doplnit k zajištění správného fungování URANOS, byť nemají žádný vliv. Hodnoty byly zvoleny následovně:

- druhotný název letiště: kódové označení letiště
- město: kódové označení letiště
- elevace: 0 FT
- délka nejdelší RWY: 15000 FT

Další vlastnosti letišť jsou automaticky spočítány a přiřazeny na základě polohy letiště na zeměkouli. Mezi tyto vlastnosti se řadí příslušný FIR a magnetická deklinace. Obdobně jako u výše popsaných vlastností, tyto vlastnosti mají nulový vliv na analýzu.

Nevýhoda výše popsaného zavedení systému letišť do URANOS je ta, že je možné jej zavést pouze pro lety mezi letišti DEP a DEST. Výhodou je možnost zavést systém před začátkem analýzy a zajistit určitou soběstačnost systému – jakmile se tento systém zavede, nemusí se dál obsluhovat a funguje zcela samostatně, byť pouze pro lety mezi DEP a DEST a pro jednu zvolenou konstantu vzdálenosti.

Využití stejné zavedení letišť pro lety mezi letišti DEST a ALTN není možné, protože by poté lety DEP – DEST a DEST – ALTN na sebe nenavazovaly, což by znemožnilo správné vyhodnocení analýzy (URANOS by nebyl schopen korektně spočítat potřebné množství ALTERNATE fuel). Z tohoto důvodu je obdobným způsobem jako u převodu matice letišť na základě vzdálenosti DEST – ALTN v NM spočtena vzdálenost ve stupních zeměpisné délky podél rovníku. Tuto vzdálenost však nelze aplikovat na výchozí letiště RK01 / B001, protože by pak let DEST – ALTN nenavazoval na let DEP – DEST. Let DEST – ALTN musí začínat na letišti DEST, a tedy polohy ALTN letišť se musí vztahovat k jednotlivým letišťům DEST jednotlivých letů. V tomto případě nelze využít možnosti výchozího letiště RK01 / B001. V praxi je tedy nutné přičíst danou vzdálenost zeměpisné délky k souřadnici DEST a pokaždé manuálně vytvořit uživatelské ALTN letiště ke konkrétnímu jednotlivému letu. Výše popsané výpočty jsou uvedeny v sadě tabulek Nastavení listu *Analýza [druh provozu] [typ letounu]*. Samotná tvorba a příslušné vlastnosti letišť ALTN v software URANOS jsou stejné jako u hlavního systému letišť DEP a DEST. Označení těchto letišť se skládá ze dvou čísel a písemného značení „AL“: označení symbolizující číslo řady letů a označení symbolizující let, ke kterému je ALTN v konkrétní řadě vztahováno. Písemné značení uvádí to, že je dané letiště ALTN letišťem.

Příklad: Značení letiště zavedené v software URANOS jako 11AL znamená, že dané letiště je použito v 1. řadě letů a je použito jako letiště ALTN1 (ALTN pro DEST1). Některá letiště ALTN z důvodu výskytu skutečných letišť se stejným označením jsou označena písmeny BL, toto je zaznamenáno v sadě tabulek Nastavení listu *Analýza [druh provozu] [typ letounu]*.

Výše uvedený systém letišť pro ALTN nelze využít obecně pro kterékoliv lety, každé letiště ALTN je potřeba konkrétně přiřadit jednomu konkrétnímu DEST. Z tohoto důvodu je zároveň potřebné nejprve vygenerovat sady letů v listu *Volba letů*, a poté v URANOS daná letiště ALTN manuálně doplnit na základě údajů zeměpisných souřadnic ze sady tabulek Nastavení na listu *Analýza [druh provozu] [typ letounu]*.

3.2.2. TVORBA LETŮ

Pro získání potřebných dat je nutné vygenerovat OFP pro každý jednotlivý let, který byl vygenerován programem a je součástí analýzy. Tyto lety je nutné vložit do software URANOS. Tato volba probíhá v levé straně software a je nutné vyplnit následující informace (obrázek 17):

- název letu
- maximální letovou hladinu
- datum a čas letu
- typ letounu
- DEP
- DEST
- trať

Název letu byl zvolen na základě kódového označení, skládajícího se z číselného označení čísla letu v pořadí v dané řadě (0 – 6), označení druhu provozu písmenem (R = řetezec, H = hub) a zkráceným označením typu letounu.

Maximální letová hladina byla ponechána základnímu nastavení samotného software, tato hladina je však rozdílná pro každý typ letounu.

Datum a čas nebyl pozměněn, hodnoty byly zanechány jako doba tvorby letu v URANOS. Tento údaj nemá vliv na analýzu.

Typ letounu byl zvolen B738, ATR72 nebo BE40 jak je popsáno v podkapitole 2.2. TYPY LETOUNŮ.

Letiště DEP a DEST byla zvolena na základě vygenerovaných hodnot v listu *Volba letů* po převodu mezi značením v programu a URANOS, jak je popsáno v podkapitole 3.2.1. ZAVEDENÍ MATICE LETIŠŤ V URANOS. V URANOS je nutné používat převedené značení.

Trať nutná k vytvoření letu se musí skládat z nejméně jednoho traťového bodu. Tento traťový bod byl zvolen LOTSU, který se skutečně nachází na rovníku, mírně východně od výchozího letiště RK01 / B001. Lze si vytvořit vlastní, uživatelem vytvořený bod, způsob je obdobný jako při tvorbě fiktivních letišť (toto je využito při tvorbě letu mezi DEST a ALTN). Bod LOTSU se při fiktivních letech v analýze vždy přelétává, proto je vhodný pro volbu a zapsání do letěné tratě. Traťový bod je označen v sadě tabulek Nastavení v listu *Analýza [druh provozu] [typ letounu]*. URANOS neumožňuje naplánovat let přímo mezi DEP a DEST, je tedy nutné zvolit alespoň jeden bod mezi těmito letišti, přes který se poletí. Tento bod není podstatný, je však

podstatné zvolit tento bod na spojnici letišť DEP a DEST, aby nedošlo k prodloužení horizontální délky trati letu. Na samotnou trať a potřebné údaje nemá traťový bod vliv.

Jakmile je let vytvořen, otevře se okno obsahující základní informace o letu. Toto okno není podstatné, může však sloužit ke kontrole správnosti zadaných údajů. Let je uložen v levé části do seznamu letů, a na mapě v pravé části je trasa zvýrazněna (obrázek 15).

Výše popsaný způsob nastavení letu se týká pouze letů mezi DEP a DEST. Pro letiště ALTN, tedy let mezi letišti DEST a ALTN je nutné vytvořit druhý let, stejným způsobem jak je popsáno výše, poté jej vložit do původního letu DEP – DEST a zvolit volbu „Alternate 1”. Druhá možnost je použití již hotového letu mezi DEST a ALTN, vytvořeného v minulosti, toto ale nebude uvažováno vzhledem k tomu, že se jedná o fiktivní lety mezi fiktivními letišti.

Lety na letišti ALTN nebudou v analýze realizovány, ale potřebné ALTERNATE fuel uvažováno bude. Z toho důvodu je i tak nutné zavést tuto část letu ke každému jednotlivému letu mezi DEP a DEST. Samotné nastavení probíhá stejně jako při nastavení traťového letu DEP – DEST, až na pár výjimek. Tyto výjimky tvoří název letu, DEP a DEST letu na ALTN a trať. Zbývající údaje zůstávají stejné jako na původním letu DEP – DEST, popsané výše. Označení letu je pouze dočasné, jakmile se let vloží do traťového letu, tak se již nebude v seznamu letů zobrazovat. Lety jsou označeny obdobně jako traťové lety, výjimku však tvoří označení čísla letu v pořadí, ke kterému je přidáno písmeno A symbolizující let na letišti ALTN. Letiště DEP je voleno jako letiště DEST původního traťového letu, letiště DEST je skutečné letiště ALTN, voleno na základě značení a tvorby tohoto letiště popsáno výše v podkapitole 3.2.1. ZAVEDENÍ MATICE LETIŠŤ V URANOS. Trať opět vyžaduje alespoň jeden traťový bod, který je nutné manuálně vytvořit. Tento WPT, obdobně jako samotné letiště ALTN, je vytvořen pouze pro potřeby tohoto jednoho konkrétního letu a kompatibilita s jinými lety není zaručena.

Po tvorbě daného letu se otevře okno s informacemi o letu, stejně jako v případě letu DEP – DEST. Zde je možné zkontrolovat správnost zadaných údajů. Po vložení letu DEST – ALTN do letu DEP – DEST a volby „Use as Alternate 1“ již nebude let zobrazen v seznamu letů a bude již považován za let na ALTN daného traťového letu mezi původními DEP – DEST.

Výše popsaným způsobem je nutné vytvořit a nastavit každý let jednotlivě ve všech řadách letů, pro všechny druhy provozu a typy letounů. Celkové množství letů je 42. Tímto nastavením se nastaví pouze základní vlastnosti letů. Samotné naložení, druh výkonnosti letounu, množství paliva fueltankering atd. se nastaví až v druhém kroku. Toto je však výhodné, protože vlastnosti naložení atp. lze měnit v nastavení konkrétního letu libovolně bez potřeby vytvářet kopie nových letů pro každé jednotlivé naložení letounu. Základní tvorbou letů v URANOS se pouze vytvoří základní nastavení spojení dvou letišť s tím, že konkrétní naložení se na jednotlivých letech mezi dvěma stejnými letišti může měnit.

K získávání potřebných údajů pro vyhodnocení analýzy je vhodné vygenerovat OFP pro patřičné lety, kde jsou zobrazené vypočtené hodnoty FOB, MFOB, včetně dílčích hmotností paliva. Pro získání těchto údajů je nutné na požadovaný let v seznamu letů kliknout pravým tlačítkem myši, a zvolit volbu „Compute“. Po zvolení této volby se zobrazí okno, které obsahuje rekapitulaci nastavení letu s ohledem na letiště DEP, DEST a ALTN, včetně vzdáleností mezi nimi (toto je doporučeno zkontrolovat, jestli souhlasí s údaji v programu) a dále jsou zde zobrazeny možnosti nastavení parametrů z hlediska identifikace letu, jména PIC, T/O ALTN, volby naložení, volby fueltankeringu, složení posádky, volby výkonnostního režimu během traťového letu atd. (obrázek 18). Pro potřeby analýzy se manuálně nastavují jen následující hodnoty, které mají na analýzu vliv (pravidla nastavení těchto hodnot jsou popsány v kapitole 4. ANALÝZA):

- cruise mode
- crew
- cargo
- weather

Je-li to na daném letu aplikovatelné, je nutné nastavit i následující údaje:

- fuel
- hodnota MLW / MTOW, je-li aplikováno dodatečné omezení PLLW / PLTOW

Zbylé hodnoty se vyplní stisknutím CTRL+T. Tato volba zbytek polí vyplní údaji „Test“.

Volbou cruise mode se nastaví výkonnostní režim, ve kterém bude let proveden. Tato hodnota má vliv na rychlost letounu a zároveň ovlivňuje dobu letu a spotřebu paliva.

Volba crew nastaví složení posádky. Toto nastavení má vliv na hodnotu hmotnosti DOW, což ovlivňuje hodnotu MULW. Zároveň je ovlivněna hodnota spotřeby paliva.

Do pole cargo je nutné vepsat hodnotu množství nákladu, který bude na letu naložen. Tato hodnota je rovna údaji Naložení letounu - potřebné, která byla vygenerována volbou náhodných čísel a je zaznamenána v sadě tabulek Nastavení v listu *Analýza [druh provozu] [typ letounu]*.

Nastavení weather umožní manuálně nastavit podmínky vlastností atmosféry, v software URANOS lze nastavit hodnotu složky větru a okolní teploty vzduchu. Složka větru se nastaví jako hodnota čelní nebo zadní složky. Teplota se nastaví jako odchylka od ISA.

Nastavení fuel (fueltankering) má dvě možnosti nastavení: EXTRA a AT DESTINATION. Nastavení EXTRA umožní nastavit množství paliva, které si uživatel přeje převést nadržátec

MFOB. Toto množství zůstane v nádržích před i po letu. Zvýšená hmotnost převáženého paliva se na spotřebě paliva projeví nárůstem TRIP fuel a zároveň ostatních dílčích hmotností paliva. Volba EXTRA bude používána dominantně. Volba AT DESTINATION umožní nastavit celkové množství paliva, které si uživatel přeje mít v nádržích po ukončení letu na letišti DEST. Tato volba je vhodná za situace omezené dostupnosti paliva na letišti DEST. V tomto případě je nutné mít po přistání určité, předem spočtené množství paliva, které je rovno nebo je větší hodnotě MFOB pro následující let. Tato hodnota MFOB se napíše do nastavení AT DESTINATION. Potřebné množství paliva pro fueltanking a patřičné dílčí hmotnosti paliva se poté v URANOS pro daný let spočítají nezávisle tak, aby po přiletu na DEST zbylo v nádržích přesně zvolené množství paliva.

Nastavení hodnot MLW / MTOW je nutné v případě, že letiště na daném letu způsobuje letounu výkonnostní omezení. Omezující hodnoty PLLW a PLTOW jsou zobrazeny v sadě tabulek Nastavení v listu *Analýza [druh provozu] [typ letounu]* a pro zavedení těchto omezení do analýzy je nutné tyto hodnoty vepsat do patřičných polí MLW a MTOW v URANOS.

Zbylé možnosti nastavení se nastaví volbou testovací funkce URANOS, volitelnou stisknutím tlačítek CTRL+T. Tyto možnosti nastavení jsou nastaveny automaticky, nejsou dále měněny a nejsou aplikovatelné pro analýzu.

Jakmile jsou všechny zmíněné vlastnosti nastaveny, stisknutím volby „OK“ URANOS nastavenému letu vypočte a zobrazí všechny potřebné veličiny, které jsou pro let potřebné v okně Flight calculations (obrázek 19). V horní levé části okna se zobrazí tabulka s hodnotami veličin typu trať letu, výpočty bodů TOC, TOD, hodnoty vzdáleností, rychlostí TAS, letové hladiny, složky větru atd.. Níže pod tabulkou se zobrazí vertikální profil trati, včetně minimálních výšek. Výše jmenované údaje nemají pro analýzu význam, mohou však být použity k lepšímu seznámení se s daným letem. V pravé horní části jsou zobrazeny základní veličiny a jejich hodnoty, které jsou pro analýzu podstatné. Tyto veličiny jsou vzdálenost, doba letu a potřebné množství paliva pro úseky mezi letišti DEP – DEST a DEST – ALTN. Dále jsou rozepsány hodnoty různých druhů hmotností letounu a jednotlivé dílčí hmotnosti paliva. S některými výše uvedenými hodnotami se v analýze dále pracuje a je nutné je do označených polí v programu manuálně přepsat.

Následně po zobrazení okna Flight calculations je vhodné vygenerovat dokument OFP, kde jsou výše zmíněné veličiny přepsány do přehledného dokumentu a ten uložit do PC. V případě vypnutí URANOS by se okno Flight calculations zavřelo a bylo by nutné celý výše popsany proces pokaždé opakovat, zatímco OFP s již spočtenými hodnotami zůstane uložené v PC a bez závislosti na Internetu. Generování OFP proběhne stisknutím tlačítka OFP vlevo, uprostřed obrazovky. OFP má několik možností zobrazení, bylo však použito základní

zobrazení software URANOS. Pro uložení OFP je nutné stisknout tlačítko „PDF...“ v dolním levém rohu a OFP na patřičné místo v PC uložit. Po tomto kroku již není potřeba URANOS využívat.

3.3. PRAKTICKÉ OVLÁDÁNÍ SOFTWARE

Výše popsané údaje o programu a URANOS v podkapitolách 3.1.MICROSOFT EXCEL a 3.2. URANOS popisují pouze vlastnosti a možnosti využití. V této části je popsáno, jak s programem a URANOS efektivně pracovat, především s ohledem na posloupnost ovládání k efektivnímu zisku a vyhodnocení informací za účelem dokončení analýzy. Popis se zaměřuje na nutné manuální vstupy uživatele a nutnost program manuálně ovládat tak, aby uživatel dosáhl výsledného vyhodnocení analýzy. Konkrétní pravidla analýzy jsou popsány níže v kapitole 4. ANALÝZA.

Uvedený postup je aplikován na jednu řadu letů, uživatel musí kroky 3 - 11 opakovat pro každou samostatnou řadu letů jednotlivě.

Krok 1: Nastavení potřebných veličin v tabulce Nastavení parametrů letu ... [typ letounu] v listu *Nastavení letového provozu* v patřičně označených polích. Hodnoty údajů, týkající se letounu se získají v POH daného letounu, zbylé údaje závisí na uživateli.

Krok 2: Vygenerování sady letů v listu *Volba letů*, které chceme analyzovat. Jakmile jsou sady vygenerovány, je nutné údaje externě zaznamenat, protože by se při opětovném manuálním vstupu do programu okamžitě generovala nová sada údajů. Externí zaznamenání je možné provést tiskem listu, vytvořením printscreen obrazovky, případně ručním zaznamenáním údajů na papír.

Krok 3: Přepsání údajů, získaných krokem 2 do patřičných polí sady tabulek Nastavení v listu *Analýza [druh provozu] [typ letounu]*.

V případě, že již je systém letišť v URANOS vytvořen pro konkrétní konstantu vzdálenosti, je možné pokračovat rovnou krokem 4. Pokud systém letišť není vytvořen, je nutné nejprve postupovat dle popisu v podkapitole 3.2.1. ZAVEDENÍ MATICE LETIŠŤ V URANOS.

Krok 4: Využití výše zmíněných údajů získaných krokem 2 a vygenerování OFP v software URANOS pro nulový fueltankering. V tomto kroku je důležité začít letem, u kterého na letišti DEP není k dispozici palivo. Toto je nutné z toho důvodu, že údaje získané v OFP pro tento let je nutné využít na předcházejícím letu. FOB potřebné na let na letiště bez možnosti tankování je nutné navýšit o určité množství EXTRA fuel (ne však fueltankering v pravém slova smyslu), které zajistí množství paliva rovnému či většímu MFOB pro následující let

z tohoto letiště. Hodnota MFOB letu z letiště DEP bez možnosti tankování musí být zadána do nastavení „fuel“ předchozího letu s možností nastavení AT DESTINATION, a proto se v tomto kroku začíná právě tímto letem. Tímto krokem se zajistí minimální množství FOB předchozího letu na toto letiště (ne však v pravém slova smyslu MFOB), které je nutné zajistit pro možnost provedení obou letů (neboli navýšit FOB prvního letu natolik, aby pro následující let zbylo dostatečné množství paliva za účelem provedení letu). Jakmile jsou vygenerována OFP pro každý let, je možné pokračovat krokem 5.

Krok 5: Vyplnění zbývajících údajů obsažené v OFP do sad tabulek Nastavení v listu *Analýza [druh provozu] [typ letounu]*.

Krok 6: Stanovení a vyplnění palivových strategií pomocí značení popsaného v podkapitole 3.1.4. NASTAVENÍ [DRUH PROVOZU] do patřičných polí sady tabulek Analýza, v tabulce Palivová strategie.

Krok 7: Vygenerování OFP pro jednotlivé strategie. Zde je vyžadována intenzivní práce se software URANOS. V okně Computation Parameters uživatel nastaví hodnoty, které odpovídají jeho konkrétnímu letu s konkrétní strategií (jeden konkrétní let se v této části liší pouze množstvím fueltankering paliva – toto je hodnota, kterou uživatel na daném letu musí několikrát změnit a pokaždé vygenerovat nové OFP).

Krok 8: Přepsání údajů získaných v OFP do programu. Tyto údaje jsou „FOB – celkové“, „Využité palivo“ a „Doba letu - TRIP“.

Krok 9: Překopírování tabulky Celkem sady tabulek Analýza do tabulky Vyhodnocení pomocí CTRL+C a CTRL+V s možností překopírování pouze hodnot a ne funkcí.

Krok 10: Seřazení tabulky Vyhodnocení od nejnižší hodnoty nákladů po nejvyšší. První sloupec na levé straně označuje pořadí výhodnosti jednotlivých strategií. Toto pořadí je využito v sestavování grafů, které jsou zobrazeny pod sadou tabulek Nastavení.

Krok 11: Přeje-li si uživatel vyhodnotit tuto sekvenci letů se zvýšeným rozdílem cen, je nutné se přesunout do dolní poloviny listu. Uživatel pokračuje obdobně jako u sad tabulek se základním rozmezí cen, a to opakováním kroku 9. Zbylé kroky jsou vyhotoveny automaticky.

Toto je poslední krok vyžadující manuální vstup uživatele.

Práce se software výše popsanou posloupností je zpravidla nutná, protože zajistí plynulý zisk potřebných informací. Pokud by uživatel chtěl postupovat např. krokem 5 dříve než krokem 3, nebylo by toto možné, protože krok 5 vyžaduje informace získané předešlými kroky.

4. ANALÝZA

Analýza fueltankeringu propojuje informace zmíněné kapitolami 2. TEORETICKÝ ÚVOD a 3. SOFTWARE, a vyhotovuje výsledek na základě celkových nákladů spojených s provedením řad letů. Cílem a výsledkem analýz jsou zhodnocení výhodnosti fueltankeringu, resp. výhodnosti jednotlivých variant palivových strategií. Zároveň mezi cíle patří nalezení nejlevnějších variant vyjádřené seřazením jednotlivých strategií od nejlevnější po nejdražší. Tyto analýzy jsou provedeny za určitých podmínek a zjednodušení z důvodu obtížnosti a množství vlivů, které mají na fueltankering vliv. Tyto podmínky a zjednodušení jsou popsány níže v podkapitolách 4.1. PODMÍNKY ANALÝZY a 4.2. ZJEDNODUŠENÍ ANALÝZY.

4.1. PODMÍNKY ANALÝZY

Podmínky analýzy, na základě kterých bude analýza provedena, jsou do analýzy zavedeny skrz tabulku *Nastavení parametrů letu – [typ letounu]* v listu *Nastavení letového provozu* v programu. Tyto určité parametry mají svá specifika, a jsou popsány v této části. Vzhledem k obecnosti software jsou níže popsané podmínky aplikovány pouze na tuto konkrétní analýzu, která je předmětem bakalářské práce, je však možné si pro kteroukoliv jinou analýzu podmínky přizpůsobit dle potřeb uživatele a možnostech software. Podmínky uvedené níže jsou aplikované na všechny druhy provozu a typy letounů, pokud není zmíněno jinak.

4.1.1. VZDÁLENOSTI a VLASTNOSTI LETIŠŤ

Letiště použitá v této analýze mají následující vlastnosti:

- konstanta vzdálenosti je volena následovně dle typu letounu:
 - o B738: 200 NM
 - o ATR72: 100 NM
 - o BE40: 100 NM
- rozmezí hmotnostního omezení, které je aplikované v případě PLLW a PLTOW je rovno maximálně 15% MLW, respektive MTOW každého typu letounu
- hmotnostní omezení PLLW a PLTOW se týká 15% letů
- základní cena paliva je zvolena 0,879 EUR / KG
- maximální rozmezí základní ceny paliva je voleno +-10%
- hodnota násobku zvýšeného rozdílu cen paliva je 6
- minimální cena paliva uplatněná při zvýšeném rozdílu cen je 0,100 EUR / KG
- penalizace za malé plnění není aplikována, tudíž základní cena, rozmezí i množství případů penalizace jsou nulové
- omezená dostupnost paliva je aplikována na 10% letišť

Důvody pro takové podmínky ve snaze vytvořit reálný model letového provozu a na něm založit analýzu. Konstanta vzdálenosti je volena pro každý typ letounu samostatně z důvodu odlišných provozních kapacit a rychlostí. Každý z typů letounů je provozován na odlišných vzdálenostech, a tím pádem je smysluplné analýzu v tomto ohledu upravit. Základní cena paliva je volena na základě ceny z letiště Karlovy Vary – LKKV z 6.11.2015, 19 Kč / 1L. Tato cena je vydělena kurzem eura z 30.7.2016, který byl roven 1 EUR = 27,03 Kč [11]. Cena je tedy rovna 0,703 EUR / 1 L. Vzhledem k povaze leteckého provozu je praktičtější vyjadřovat množství paliva ve veličinách hmotnosti, které nejsou závislé na fyzikálních vlastnostech paliva na rozdíl od veličin objemových, např. v případech změn teplot. Při přepočtu z objemové veličiny, vyjádřené v jednotkách litr na hmotnostní veličinu, vyjádřenou v jednotkách kilogram, byla použita průměrná hustota paliva JET A1 $\rho_{\text{JET A1}} = 0,8 \text{ KG} / \text{L}$. Základní cena vyjádřená v EUR / KG je tudíž rovna 0,879 EUR / KG.

4.1.2. VOLBA LETŮ

Volba letišť pro DEP, DEST a ALTN probíhá za následujících pravidel:

- řada letů je pro každý druh provozu a typ letounu volena nezávisle, a tudíž jsou si navzájem rozdílné
- letiště DEP0 je voleno zcela libovolně
- letiště DEST nesmí být stejné jako DEP, resp. ALTN nesmí být stejné jako DEST na konkrétním letu
- letiště DEST se nesmí v řadě letů opakovat, kromě případů letu zpět na domovské letiště DEP1 (v případě druhu provozu řetězec letiště DEST6, v případě hub DEST2, DEST4, DEST6)
- letiště DEST musí být vzdáleno více než jednu jednotku vzdálenosti od letiště DEP daného letu
- letiště ALTN se mohou opakovat nezávisle na volbě DEP, DEST a ALTN letišť jiných letů
- letiště ALTN musí mít maximální vzdálenost od příčného letiště DEST $\sqrt{8}$ jednotky
- letiště DEP a DEST mohou být voleny na letiště, která jsou v jiném letu zvolena jako letiště ALTN

Výše uvedené podmínky voleb letišť jsou ověřeny a dodržovány pomocníky. Podmínky popsané níže nejsou žádným způsobem ověřovány, je nutné, aby uživatel manuálně zajistil, že je vygenerované řady letů dodržují. V případě, že podmínky nejsou dodrženy, je nutné vygenerovat zcela novou řadu letů (aktualizací programu stiskem klávesy F9).

- každá vygenerovaná řada letů musí obsahovat alespoň jedno letiště, které má následující vlastnosti:

- o omezení PLLW
- o omezení PLTOW
- o omezení dostupnosti paliva

Ke splnění těchto podmínek mohou být využita tři různá letiště nebo mohou být splněny jedním letištěm zároveň. Podmínka omezené dostupnosti paliva nemůže být aplikována na domovském letišti a zároveň na více letištích DEST za sebou.

4.1.3. VLASTNOSTI LETOUNU A NALOŽENÍ

Vlastnosti letounu a naložení jsou následující:

- hodnota LMC:
 - o B738: 1000 KG
 - o ATR42: 500 KG
 - o BE40: 200 KG
- množství fueltankering paliva je voleno po krocích následujícího množství:
 - o B738: 2000 KG
 - o ATR72: 500 KG
 - o BE40: 200 KG
- hodnota veličiny zbylé palivo – předchozí let pro 1. let každé řady letů byla zjištěna samostatným vygenerováním letu č. 0, který končí na letišti DEP 1. Tento let je vytvořen se stejnými vlastnostmi zbylých letů 1 – 6 popsané touto kapitolou. Tento let není využit v analýze k analýzování výhodnosti fueltankeringu
- možnost crew je v software URANOS volena jako výchozí možnost, tzn.:
 - o B738: 2/4/F
 - o ATR72: 2/2/F
 - o BE40: bez možnosti volby
- možnost cruise mode je volena jako střední hodnota jednotlivých typů letounů, tzn.:
 - o B738: ECON:50
 - o ATR72: MAX CRUISE
 - o BE40: 0,73 MACH
- maximální letová hladina je v URANOS nastavena automaticky, v závislosti na typu letounu:
 - o B738: FL410
 - o ATR72: FL250
 - o BE40: FL450

- množství TAXI fuel je zvoleno jako výchozí nastavení v software URANOS:
 - o B738: 200 KG
 - o ATR72: 30 KG
 - o BE40: 100 LBS

Maximální hodnota množství fueltankering paliva je volena jako 85% hmotnosti kritického faktoru z dvojice hodnot MFC, resp. ULW - PLW. Důvodem je, že zbylých 15% hmotnosti je nutné využít nárůstem paliva potřebného k převozu zmíněné nadbytečné hmotnosti vlivem fueltankeringu. Hodnota 15% byla zvolena na základě odhadu nárůstu těchto dílčích hmotností paliva pro nejvíce omezující případ (převážení maximálního množství fueltankering paliva). Přesnou maximální hodnotu je příliš obtížné spočítat vzhledem k změně množství vlivů s narůstajícím množstvím fueltankering paliva, které tuto hodnotu ovlivňují.

Výše uvedeným způsobem by však mohl nastat případ, že letoun je maximálně naplněn fueltankering palivem až po svůj kritický faktor a nelze jej naložit více (např. platícím nákladem). Toto není žádoucí, protože v takovém případě nelze využít možnosti LMC. Z tohoto důvodu je z výše spočtené hodnoty maximálního fueltankeringu dodatečně odečteno určité množství, aby bylo možno využít LMC, pokud by to bylo potřeba. Tento faktor byl zaveden ve snaze přesněji simulovat letecký provoz. Výsledná hodnota je skutečná maximální hmotnost fueltankering paliva.

4.1.4. VLASTNOSTI TECHNICKÉHO OPOTŘEBENÍ

Níže uvedené hodnoty jsou aplikovány během výpočtu technického opotřebení letounu vlivem fueltankeringu.

- náklady na hodinový provoz jednotlivých typů:
 - o B738: 7500 EUR / hodinu
 - o ATR72: 4500 EUR / hodinu
 - o BE40: 4500 EUR / hodinu
- hodnoty technického opotřebení pneumatik a brzd (tyto hodnoty jsou stejné pro všechny typy letounů):
 - o pneumatiky: 2 ‰ / 1000 KG
 - o brzdy: 2 ‰ / 1000 KG

4.1.5. VLASTNOSTI VYHODNOCENÍ ANALÝZY

- analýza je číselně vyhodnocena s důrazem na přesnost, není aplikováno zaokrouhlování (program a software URANOS mohou v určitých případech zobrazovat zaokrouhlené hodnoty a hodnoty odlišné v řádu jednotek od zadaných

hodnot, toto je však pouhá vlastnost zobrazení údajů, veškeré výpočty jsou nadále prováděny přesně s přesnými hodnotami)

- je-li let převážející fueltankering palivo proveden v nižší letové hladině než stejný let bez fueltankeringu z důvodu výkonnosti, tento let je nadále brán v úvahu
- program kontroluje vhodnost strategie na základě kontroly všech omezujících hmotností během letu, kontroly doby letu TRIP oproti nulovému fueltankeringu a kontroly zbylého paliva oproti MFOB následujícího letu:
 - o je-li let převážející fueltankering palivo časově delší než stejný let bez fueltankeringu, tento let není vyloučen z vyhodnocení, ale patřičná strategie je označena jako nevhodná. Tato skutečnost je zaznamenána v tabulce Čelkem, sloupci Vyhovující FUELANKERING slovy „NE“. Toto je provedeno z důvodu nárůstu nákladů na patřičně časově delší provoz, které mohou převýšit úspory získané fueltankeringem.
 - o je-li po absolvování letu v letounu obsaženo větší množství paliva FOB než MFOB následujícího letu, tato strategie není považována za vhodnou a je zcela vyloučena z analýzy. V této situaci by došlo k tzv. nedobrovolnému fueltankeringu, což je nežádoucí stav, který by do analýzy přinesl značné chyby. V tabulkách Čelkem a Vyhodnocení je číselná hodnota nákladů ve sloupci Náklady zastoupena slovem „NEVYHOVUJÍCÍ“.
- v případě nevhodných strategií z důvodu prodloužení doby letu TRIP jsou v grafických znázorněních náklady na tuto strategii nadále zobrazeny
- v případě nevyhovujících strategií z důvodu nedobrovolného tankeringu nebudou v grafickém znázornění náklady na takovou strategii zobrazeny
- v obou případech výše popsaných nevyhovujících strategií budou však v grafech nadále zobrazeny hodnoty veličin množství fueltankering paliva a Δ TRIP fuel

4.2. ZJEDNODUŠENÍ ANALÝZY

Z důvodu velkého množství vlivů ovlivňujících letecký provoz a v této souvislosti i výhodnost fueltankeringu, nebyly během analýzy některé faktory brány v úvahu, a to z důvodu příliš komplikovaného výpočtu a zavedení jednotlivých faktorů do analýzy. Níže je popsán obecný souhrn důsledků, které mohou vzniknout vlivem níže uvedených zjednodušení.

- ve výpočtech plánování letů se neuvažují následující veličiny:
 - o BEW (již započtena v DOW, která je dána volbou Crew)
 - o TW
 - o MSTW (hodnota MSTW je považována za rovnou MSTOW, možnost vyšší maximální hmotnosti během pojiždění není uvažována)

- let je považován za přesně rovný, letěn vzdušnou čarou mezi letišti DEP a DEST, resp. DEST a ALTN. Není uvažován let podél standardních odletových, příletových trasách či jiných manévrech. Uvažováno je pouze stoupání, klesání a vodorovný let.
- během volby letů není uvažováno výkonnostních omezení při letu na letišti ALTN, tudíž se vždy předpokládá, že letoun bude schopen na letišti ALTN přistát a není tedy nutné upravovat naložení letounu z důvodu výkonnostních omezení, která by na letišti ALTN nastala.
- let je plánován standardně i s možností odklonu letu na ALTN, v analýze se však nikdy na ALTN nepoletí a každý let bude ukončen v DEST.
- palivo je vždy počítáno dle popisu v podkapitole 2.7. PLNĚNÍ, v analýze se však vždy využije pouze TAXI a TRIP fuel (CONTINGENCY fuel nebude během letů využíváno), souhrnně nazváno Využité palivo.
- CONTINGENCY fuel je počítáno v software URANOS vždy jako větší z množství 5 minut vyčkávání nebo 5% TRIP fuel. Zbylé možnosti popsané v podkapitole 2.7. PLNĚNÍ nejsou uvažovány.
- palivo v nádržích nelze odčerpat, tudíž strategie, během kterých by nastal nedobrovolný fueltankering jsou zcela vyloučeny z analýzy.
- let č. 0, určen ke zjištění zbylého paliva pro let č. 1, nevyužívá možnosti fueltankeringu, let je podstoupen s MFOB.
- let uskutečněný na letišti DEST, kde není možnost plnit letoun palivem je podstoupen bez možnosti fueltankeringu a pouze s minimálním množstvím paliva pro uskutečnění obou letů (let na letišti DEST bez možnosti plnění a na následující let) .
- vlastnosti atmosféry během letů jsou považovány za standardní dle ISA.
- vliv větru není uvažován, je brán jako nulový.
- pravidla a požadavky letů podle pravidel ETOPS nejsou uvažovány.
- izolovaná letišti a související požadavky na plánování takových letů nejsou uvažovány.
- T/O ALTN není uvažován.
- handlingové poplatky za služby spojené s plněním paliva nejsou uvažovány.
- časové nároky na plnění letounu nejsou uvažovány.
- v software může v určitých případech dojít k nepřesnostem vlivem automatického zaokrouhlování v průběhu výpočtů, jedná se však o chyby v řádu jednotek a mají minimální vliv na výsledek analýzy (tyto chyby jsou ve většině případů pouze v zápise hodnot, software nadále počítá s přesnými, nezaokrouhlenými hodnotami).

- v software URANOS je placené zatížení vedeno jako cargo, dílčí hmotnosti pasažérů jsou uvažovány jako 0 KG.
- v případě prodloužení doby letu TRIP nejsou náklady na ni opraveny o náklady způsobené delší dobou provozu letounu.

Výše popsané vlivy jsou popsáným způsobem zavedeny v jednotlivých analýzách. Je nutné brát v úvahu skutečnost, že všechny výše popsané vlivy mají ve skutečnosti vliv na reálný provoz, a tedy během skutečných letů je nutné s nimi počítat. Toto je nejen z důvodu bezpečnosti letu (především vliv větru a vlastností atmosféry, které mohou výrazně zvýšit potřebné palivo na provedení letu), tak z důvodu samotné správnosti určení výhodnosti fueltankeringu na daném letu.

5. VYHODNOCENÍ

Na základě teoretického úvodu, popisu software a příslušných pravidel vyhodnocení analýzy byla analýza vyhotovena a její výsledky jsou popsány v této kapitole. Kapitola je rozdělena dle druhu provozu a typu letounu.

5.1. ŘETĚZEC LETŮ – B738

Pro druh provozu řetězec a typ letounu B738 byla vygenerována řada letů s vlastnostmi zobrazenými na obrázku 20.

Z uvedených informací vygenerované řady letů může na základě podmínek analýzy dojít k celkem 360ti kombinacím strategií, 24 těchto strategií však nelze využít z důvodu nedobrovolného fueltankeringu. Tyto strategie nejsou v analýze uvažovány. Všechny ostatní strategie jsou vhodné, splňují všechny podmínky omezujících hmotností, doby letu TRIP a zbylého paliva.

Hodnoty podstatných vygenerovaných veličin této řady letů v případě základních rozmezí cen jsou následující:

- nejlevnější letiště s možností fueltankeringu: DEP 2, 0,836 EUR/KG
- nejdražší letiště s možností fueltankeringu: DEP 5, 0,923 EUR/KG
- rozmezí: 0,087 EUR/KG = 9,898% základní ceny
- počet fueltankering letů: 4

Grafické znázornění podstatných veličin lze vidět na grafu 1.

Variabilita nákladů spojená s lety na daném řetězci s 336 vyhovujícími kombinacemi palivových strategií je vcelku vysoká, liší se mezi 27340 EUR, v případě optimální strategie, což je zároveň nulová strategie 0/0/0/0/0 převážející 0 KG paliva fueltankeringem a 37018 EUR v případě nejdražší strategie M/0/0/M/M/M převážející 23365 KG paliva fueltankeringem. Cena paliva pro nulový fueltankering je 27340 EUR, a tato strategie se umístila na 1. místě. Nejdražší strategie je oproti optimální palivové strategii o 33,100% dražší a tato strategie se umístila na posledním místě vyhovujících strategií. Celkové rozmezí mezi minimem a maximem nákladů optimální a nejdražší strategie je 9678 EUR.

Z grafického znázornění lze vyčíst, že průběh nákladů s méně výhodnými strategiemi plynule roste s výjimkou mezi 48. a 49. strategií, kde dochází k malému skoku. Dále je zajímavý průběh množství fueltankering paliva. Neustále se mění mezi jednotlivými strategiemi, dochází k mnoha malým skokům (nárůstům i poklesům řádově o stovky až tisíce KG) a celkově roste. V pravidelných intervalech poté dochází k velmi výrazným poklesům (rozdíl více než

10000 KG). Veličina Δ TRIP fuel má obdobný průběh. Tento průběh je také pravidelný. Rovněž zde dochází k neustálým změnám, jak nárůstům, tak poklesům, s občasnými výraznými skoky.

Na této vygenerované řadě letů a jejich vlastnostech je zajímavé, že velmi často nastávají situace, kdy např. přibližně obdobné hodnoty množství fueltankering paliva jsou obsaženy v jedné z nejméně výhodných strategií a zároveň i v jedné z nejvíce výhodných strategií. Také lze pozorovat, že obdobně výhodné strategie mohou mít velmi rozdílné množství fueltankering paliva (lze pozorovat na některém z velkých skoků křivky množství fueltankering paliva), ale náklady téměř totožné.

Výše popsany jev lze vysvětlit skutečností, že fueltankering probíhal na odlišných letech, a tedy i cena, resp. náklady spojené s fueltankeringem jsou rozdílné, vlivem odlišných cen na každém letišti. Fueltankering se na nejvýhodnějších strategiích uskutečňuje především na letu č. 4 až do maximální hodnoty, poté letu č. 1 a 5. K fueltankeringu na letu č. 6 dochází na posledním místě. Na zbylých letech (č. 2 a 3) nelze provádět fueltankering. Lety lze na základě porovnání rozdílů cen od nejvyšších kladných po nejvyšší záporné seřadit následovně: let č. 4, 6, 5 a 1. Na letech č. 4 a 6 dochází ke kladnému rozdílu cen, na letech č. 5 a 1 k zápornému rozdílu. Je zajímavé, že průběhy jsou téměř opačné, tzn. fueltankering např. na letu č. 1 je obsažen ve výhodnějších strategiích oproti letu č. 6 a to i v případě, že let č. 1 probíhá z letiště DEP s vyšší cenou paliva než v DEST, zatímco let č. 6 probíhá z levnějšího letiště DEP na dražší DEST. Zároveň lze seřadit lety od nejvyšší kapacity fueltankering paliva po nejnižší: 5, 6, 4 a 1. Je patrné, že zde není jednoznačná závislost mezi pořadím letů dle využití fueltankeringu, pořadím rozdílů cen mezi letišti DEP a DEST jednotlivých letů a pořadím kapacit množství fueltankering paliva.

Během zvýšeného rozmezí cen se ceny paliva změnilly na hodnoty zobrazené na obrázku 21. Hodnoty podstatných vygenerovaných veličin pro zvýšené rozmezí cen jsou následující:

- nejlevnější letiště s možností fueltankeringu: DEP 2, 0,621 EUR/KG
- nejdražší letiště s možností fueltankeringu: DEP 5, 1,143 EUR/KG
- rozmezí: 0,522 EUR/KG = 59,386% základní ceny

Grafické znázornění podstatných veličin lze vidět na grafu 2.

Na základě změn se výrazně změnilo pořadí výhodnosti strategií. Optimální strategií se stala strategie 0/0/0/M/0/0, převážející 5728 KG paliva fueltankeringem s celkovými náklady 23181 EUR. Nulový fueltankering se umístil na 17. z 336ti míst s hodnotou nákladů 25714 EUR. Oproti optimální strategii je zde již velký rozdíl v nákladech, nulová strategie je o 10,927% dražší oproti optimální strategii. Nejdražší variantou je strategie M/0/0/0/M/M s

celkovými náklady 38249 EUR. Tato varianta je o 65,002% dražší oproti optimální strategii. Rozmezí nákladů mezi optimální a nejdražší strategií bylo navýšeno na 15062 EUR.

Z grafického znázornění lze vyčíst, že křivka nákladů roste velmi plynule bez přítomnosti skokových nárůstů, jak tomu bylo u základního rozmezí cen. Náklady zprvu rostou velmi strmě až do 10. nejvýhodnější strategie, poté křivka nákladů roste pomaleji a pravidelně. Průběh křivky množství fueltankering paliva se také velmi změnil. Je velmi nepravidelný a obsahuje velmi mnoho skokových změn – některé i o 13000 KG. Obdobným způsobem se změnil průběh veličiny $\Delta\text{TRIP fuel}$.

V případě zvýšení rozmezí cen obecně v této řadě letů došlo k zvýšení pravidelnosti křivky nákladů a zvýšení nepravidelnosti veličiny množství fueltankering paliva v závislosti na výhodnosti strategie. Dále došlo ke zlepšení výhodnosti strategií s fueltankeringem oproti nulové strategii. Do popředí se dostaly strategie převážející v některých případech vysoká množství paliva fueltankeringem, v jednom případě téměř 12 000 KG. Lety, které během zvýšeného rozmezí cen nejvíce využívají fueltankering jsou opět lety č. 4 a 1. Let č. 4 využívá ve fueltankeringu velmi často maximální hodnoty fueltankeringu. Lety č. 5 a 6 jsou využity pravidelněji v nejlevnějších strategiích oproti základnímu rozmezí cen.

5.2. HUB LETŮ – B738

Pro druh provozu hub letů a typ letounu B738 byla vygenerována sekvence letů zobrazená na obrázku 22.

Z uvedených informací vygenerované řady letů může na základě podmínek analýzy dojít k celkem 72 kombinacím palivových strategií, z nichž 10 je nevyhovujících. Těchto 10 strategií nesplňuje podmínky nedobrovolného fueltankeringu, a tudíž nebudou uvažovány. Všechny ostatní strategie splňují všechny podmínky. Nižší množství strategií oproti řetězci letů je způsobeno vyššími hodnotami platícího nákladu a vyšším množstvím omezujících hmotností, především na domovském letišti a samotné výši omezující hodnoty MLW. Tyto faktory samy o sobě omezují hodnotu maximální kapacity fueltankeringu. Vyšší množství platícího nákladu omezuje fueltankering dvojitě – vyšší hmotnost samotného nákladu a zároveň vyšší spotřeba, tedy vyšší MFOB způsobí druhotné omezení hmotnosti využitelné k fueltankeringu.

Hodnoty podstatných vygenerovaných veličin této řady letů v případě základních rozmezí cen jsou následující:

- nejlevnější letiště s možností fueltankeringu: DEP 2, 0,868 EUR/KG
- nejdražší letiště s možností fueltankeringu: DEP 6, 0,945 EUR/KG
- rozmezí: 0,077 EUR/KG = 8,760% základní ceny

- počet fueltankering letů: 3

Grafické znázornění podstatných veličin lze vidět na grafu 3.

Optimální strategie je rovna nulové strategii s označením 0/0/0/0/0/0, převážející 0 KG fueltankering paliva s celkovými náklady na let 32533 EUR. Nejdražší strategie s označením M/0/0/0/M/M, převážející 16988 KG fueltankering paliva má náklady rovny 41761 EUR, což je o 28,365% více oproti optimální strategii. Celkové rozmezí mezi minimem a maximem nákladů optimální a nejdražší strategie je 9228 EUR.

Z grafu je patrný rozdílný průběh křivky nákladů oproti řetězci letů. V případě hub se základním rozmezí cen je nárůst nákladů schodovitý – náklady jsou v pěti intervalech velmi pomalu rostoucí, téměř vůbec, a jsou ohraničené skokovými nárůsty. Množství fueltankering paliva se chová obdobně řetězci letů, avšak bez množství malých nepravidelností. V případě hub dochází k pravidelnému schodovitému nárůstu, s pravidelnými skokovými poklesy množství fueltankering paliva v přibližně nejvýhodnějších 40 strategiích. Tyto velké poklesy (velikostí cca 10000 KG) mají souvislost se skokovými nárůsty nákladů, jelikož probíhají mezi stejnými strategiemi. V nejméně výhodných 20 strategiích je množství fueltankeringu velmi nepravidelné a skokově se mění až o 5000 KG mezi jednotlivými strategiemi, byť jsou si náklady na tyto strategie téměř rovny. Průběh veličiny $\Delta\text{TRIP fuel}$ je ekvivalentní veličině množství fueltankering paliva.

Tato řada letů vygenerovala více stabilní průběh zmíněných veličin oproti řetězci letů. Fueltankering lze uskutečnit na letech č. 1, 5 a 6. Probíhá zde pravidelný nárůst využití fueltankeringu během všech letů v následujícím pořadí: let č. 1, 5 a 6. Porovnáním rozdílů cen paliva na jednotlivých letech lze tyto rozdíly seřadit následovně: let č. 5, 1 a 6. Let č. 5 má kladný rozdíl cen, zbylé lety záporné rozdíly. Obdobně jako řetězci letů i zde je pořadí využití letů fueltankeringem jiné než pořadí rozdílů cen. V případě seřazení letů dle velikosti maximálního množství fueltankeringu od nejvyšší po nejnižší získáme následující pořadí: let č. 5, 6 a 1. Opět se zde prokazuje, že mezi veličinami, dle kterých výše uvedená seřazení letů proběhla není jednoznačná souvislost vzhledem k tomu, že jsou pořadí vždy odlišná.

Skokové nárůsty nákladů mají souvislost se skokovými poklesy množství fueltankering paliva. Tyto skokové změny probíhají vždy stejnými strategiemi, které mají zároveň společné to, že se vždy jedná o případ fueltankeringu pouze na letu č. 6. Jeden z možných faktorů je skutečnost, že let č. 6 má největší hodnotu záporného rozdílu cen mezi letišti, tudíž se adekvátní velikostí zvýší i náklady na tento let.

Během zvýšeného rozmezí cen se ceny paliva změnily na hodnoty zobrazené na obrázku 23. Hodnoty podstatných vygenerovaných veličin pro zvýšené rozmezí cen jsou následující:

- nejlevnější letiště s možností fueltankeringu: DEP 2, 0,813 EUR/KG
- nejdražší letiště s možností fueltankeringu: DEP 6, 1,275 EUR/KG
- maximální použitelné rozmezí: 0,462 EUR/KG = 52,560% základní ceny

Grafické znázornění podstatných veličin lze vidět na grafu 4.

Na základě změn rozmezí cen se mírně změnilo pořadí výhodnosti strategií. Optimální strategií se stala strategie 0/0/0/0/4/0 převážející 4000 KG paliva fueltankeringem, která má celkové náklady rovny hodnotě 31889 EUR. Nulová strategie se umístila na 5. z 62 míst a má celkové náklady rovny hodnotě 33240 EUR. Nulová strategie je v tomto případě o 4,237% dražší oproti optimální strategii. Nejdražší strategie M/0/0/0/0/M s celkovými náklady 45363 EUR je o 42,252% dražší oproti optimální strategii. Celkové rozmezí mezi minimem a maximem nákladů optimální a nejdražší strategie je 13474 EUR.

Z grafického znázornění lze vyčíst, že jak v případě řetězce letů typu B738, tak i u druhu provozu hub, je křivka nákladů pravidelnější a bez přítomnosti skokových změn oproti základnímu rozmezí cen. Průběh veličiny množství fueltankering paliva je zrcadlový oproti základnímu rozmezí cen. Křivka schodovitě klesá a poté v pravidelných intervalech skokově roste, v některých případech je změna mezi strategiemi větší než 10000 KG. Průběh veličiny Δ TRIP fuel je ekvivalentní veličině množství fueltankering paliva.

V případě zvýšeného rozmezí cen obdobně v řetězci letů dochází k zvýšení výhodnosti strategií převážející palivo fueltankeringem oproti nulové strategii. Do popředí se dostaly strategie převážející až 5000 KG fueltankeringu. Pořadí využití fueltankeringu se mezi lety změnilo, nové pořadí je následující: let č. 5,1 a 6. Fueltankering na letu č. 6 se na výhodnosti výrazně nezměnil, nadále je u více výhodnějších strategií využíván méně.

5.3. ŘETĚZEC LETŮ – ATR72

Pro druh provozu řetězec a typ letounu ATR72 byla vygenerována řada letů s vlastnostmi zobrazenými na obrázku 24.

Z uvedených informací vygenerované řady letů může na základě podmínek analýzy dojít k celkem 24 kombinacím palivových strategií, z nichž 23 je nevyhovujících. Těchto 23 strategií nesplňují podmínky časové vzdálenosti letu během letu s fueltankeringem. Zbývající jedna strategie splňuje všechny podmínky. Je zajímavé porovnat toto množství strategií oproti typu B738. V případě letounu ATR je množství strategií výrazně nižší.

Hodnoty podstatných vygenerovaných veličin této řady letů v případě základních rozmezí cen jsou následující:

- nejlevnější letiště s možností fueltankeringu: DEP 4, 0,901 EUR/KG
- nejdražší letiště s možností fueltankeringu: DEP 1, 0,918 EUR/KG
- rozmezí: 0,017 EUR/KG = 1,934% základní ceny
- počet fueltankering letů: 2

Grafické znázornění podstatných veličin lze vidět na grafu 5.

Nejlevnější strategie pro danou kombinaci parametrů je nulová strategie 0/0/0/0/0/0 s celkovými náklady 8685 EUR. Nejdražší strategie se sestává z maximální strategie fueltankeringu, tudíž strategie M/0/0/M/0/0 převážející 3478 KG paliva fueltankeringem s celkové náklady 9043 EUR. Hodnota nákladů nejdražšího fueltankeringu je o 4,122% dražší než v případě optimální strategie. Rozmezí nákladů mezi optimální a nejdražší strategií je rovno 358 EUR.

V grafickém znázornění lze sledovat, že křivka nákladů je velmi stabilní, bez skokových změn a zároveň velmi plochá. Rozdíl nákladů mezi optimální a nejdražšími strategiemi je velmi malý. Veličina množství fueltankering paliva je pravidelně schodovitě rostoucí v závislosti na méně výhodných strategiích. Průběh veličiny $\Delta\text{TRIP fuel}$ je méně závislý na veličině množství fueltankering paliva vzhledem k tomu, že je vcelku nepravidelná. V průběhu celého intervalu několikrát roste a poté klesá, v některých případech mezi sousedními strategiemi výrazně (velikostí 50 KG paliva).

Tato řada letů se chová mírně odlišně od letounu B738, především s ohledem na konstantní růst veličiny množství fueltankering paliva a zároveň na nepravidelnost veličiny $\Delta\text{TRIP fuel}$. Další odlišností je relativně malý počet letů, na kterých lze fueltankering uskutečnit, což vysvětluje nízký počet strategií. Dalším významným rozdílem je skutečnost, že pouze jeden let splňuje všechna kritéria výhodnosti. Je evidentní, že i velmi nízké množství fueltankering paliva markantně ovlivňuje rychlost letounu, resp. dobu letu TRIP.

Fueltankering lze uskutečnit na letech č. 1 a 4. Pořadí letů využívajících fueltankering je následující: let č. 4 a 1. Let č. 4 sice využívá fueltankering dříve (resp. na výhodnější strategii), ale celkově se lety pravidelně střídají a nelze určit, že by fueltankering na jednom či druhém letu byl výhodnější. Porovnáním rozdílů cen paliva na jednotlivých letech lze tyto rozdíly seřadit následovně: let č. 4, 1. Oba lety mají záporné rozdíly cen, let č. 4 má menší rozdíl cen než let č. 1. Pořadí letů dle velikosti maximální kapacity fueltankering paliva od nejvyšší po nejnižší je následující: let č. 4, 1. Na rozdíl od letounu B738 je zde viditelný trend závislosti výše uvedených veličin, let č. 4 se vždy umístil ve výhodnější pozici oproti letu č. 1.

Během zvýšeného rozmezí cen se ceny paliva změnily na hodnoty zobrazené na obrázku 25. Hodnoty podstatných vygenerovaných veličin pro zvýšené rozmezí cen jsou následující:

- nejlevnější letiště s možností fueltankeringu: DEP 1, 1,113 EUR/KG
- nejdražší letiště s možností fueltankeringu: DEP 4, 1,011 EUR/KG
- rozmezí: 0,102 EUR/KG = 11,604% základní ceny

Grafické znázornění podstatných veličin lze vidět na grafu 6.

Vlivem zvýšení rozmezí cen paliva došlo pouze k malým změnám ve výhodnosti jednotlivých strategií. Optimální strategií je nadále nulová strategie s náklady 9186 EUR a nejdražší strategií je opět maximální strategie s náklady 10569 EUR. Nejdražší strategie je o 15,056% dražší než optimální strategie. Rozmezí nákladů mezi minimálními a maximálními hodnot se zvýšilo na 1383 EUR.

Vlivem změny rozmezí cen se stabilita a průběh nákladové křivky nezměnily, pouze se změnila strmost (dáno vyšším rozdílem mezi minimem a maximem nákladů). Vcelku velká změna proběhla v průbězích zbylých dvou křivek. Veličina množství fueltankering paliva je méně pravidelná, obsahuje vyšší množství změn mezi sousedními strategiemi a zároveň v určitých případech i klesá s méně výhodnými strategiemi. Křivka veličiny $\Delta\text{TRIP fuel}$ se téměř nezměnila, je však nutné podotknout, že v méně výhodné půlce strategií více kopíruje křivku veličiny množství fueltankering paliva.

Během zvýšení rozmezí paliva došlo pouze k nepatrným změnám. Může to být především z důvodu nevhodných vlastností letiště pro fueltankering. Jeden z těchto faktorů může být relativně malé rozmezí základních cen paliva, které se samy o sobě zvýšením rozmezí nezvýšily. V případě řady letů obsahující letoun B738 byly v obou druzích provozů relativně vysoké rozmezí cen; v obou případech došlo během zvýšeného rozmezí k četným změnám. Je však nutné podotknout, že byt nárůst rozmezí cen v případě řetězce typu ATR72 způsobil pouze malé změny ve výhodnosti jednotlivých strategiích, resp. v pořadí výhodností, opět se strategie převážející více fueltankering paliva dostaly do popředí oproti strategiím s menším množstvím.

5.4. HUB LETŮ – ATR72

Pro druh provozu řetězec a typ letounu ATR72 byla vygenerována řada letů s vlastnostmi zobrazenými na obrázku 26.

Z výše uvedených informací vygenerované řady letů může na základě podmínek analýzy dojít k celkem 180ti kombinacím palivových strategií, z nichž pouze 2 jsou zcela vyhovující. Celkem 102 strategií nespĺňuje podmínku nedobrovolného fueltankeringu a 178 strategií podmínku prodloužení doby letu. Celkem tato řada vygenerovala výrazně vyšší množství strategií oproti řetězci typu ATR72. Významné rozdíly mezi vlastnostmi řetězce a hub typu ATR72 jsou např.

kratší vzdálenosti vygenerovaných letů, zvyšující maximální kapacitu množství paliva pro fueltankering (vlivem nižších hodnot MFOB na každém letu), ale zároveň vyšší hodnoty platícího nákladu, který naopak fueltankering omezuje snížením kapacity.

Hodnoty podstatných vygenerovaných veličin této řady letů v případě základních rozmezí cen jsou následující:

- nejlevnější letiště s možností fueltankeringu: DEP 4, 0,893 EUR/KG
- nejdražší letiště s možností fueltankeringu: DEP 2, 0,924 EUR/KG
- rozmezí: 0,031 EUR/KG = 3,527% základní ceny
- počet fueltankering letů: 4

Grafické znázornění podstatných veličin lze vidět na grafu 7.

Optimální strategie pro vygenerovanou kombinaci vlastností této řady letů je strategie 0,5/0/0/0/0/0, převážející 500 KG paliva fueltankeringem. Tato strategie má náklady rovné hodnotě 5044 EUR. Je však nutné brát zřetel na skutečnost, že tato strategie je jedna z nevyhovujících (v tomto případě z důvodu prodloužení doby letu). Nulová strategie, a zároveň 1. zcela vyhovující strategie se umístila na 2. místě s náklady, které také činí 5044 EUR. Nulová strategie je o 0,000% dražší oproti optimální strategii. Nejdražší strategií je 1/M/1/M/0/0 převážející 2726 KG paliva fueltankeringem s celkovými náklady 5112 EUR. Malý rozdíl hodnot nákladů mezi optimální a nejdražší strategií je roven 68 EUR, neboli nejdražší strategie je o 1,345% dražší.

Grafické znázornění zobrazuje velmi stabilní a velmi plochou nákladovou křivku. Toto je potvrzeno velmi nízkým rozdílem minimálních a maximálních nákladů, které činí 68 EUR. Je velmi zajímavé sledovat proti této křivce křivku množství fueltankering paliva, která je přesným opakem. Je značně nestabilní, obsahuje velmi výrazných skokových změn; v některých případech i o hodnotu 1500 KG fueltankering paliva. Trend této veličiny je rostoucí. Průběh veličiny Δ TRIP fuel je ekvivalentní veličině množství fueltankering paliva.

Na této řadě letů se opět prokazuje, že i přes malé množství fueltankering paliva již není velké množství strategií vyhovujících. Tato skutečnost již nastala u stejného typu v řetězci letů. První vyhovující strategie je nulová strategie, druhá vyhovující strategie převáží celkem 166 KG paliva fueltankeringem, neboli dvě nejnižší hodnoty množství fueltankeringu ze všech strategií. Další zajímavostí je sledovat vývoj cen jednotlivých strategií. V určitých případech nastává situace, kdy je hodnota množství fueltankering paliva velmi odlišná od sousedních strategií, až o hodnotu 1500 KG, ale s náklady lišícími se o pár jednotek EUR.

Fueltankering lze uskutečnit na letech č. 1, 2, 3 a 4. Pořadí letů využívajících fueltankering je následující: let č. 1, 4, 2 a 3. Porovnáním rozdílů cen lze lety seřadit následovně: let

č. 1, 4, 3 a 2. Hodnoty rozdílů cen na letech 1 a 4 jsou kladné, 3 a 2 záporné. Vzhledem k povaze druhu provozu hub zde vzniká skutečnost, že hodnoty rozdílů cen jsou si navzájem opačné u letů 1 a 2, resp 3 a 4. Důvodem je skutečnost, že dané lety probíhají mezi stejnými letišti (tudíž stejná hodnota rozdílu cen), ale vždy v opačném směru (tudíž opačná znaménka). Pořadí letů dle velikosti maximální kapacity fueltankering paliva od nejvyšší po nejnižší je následující: let č. 3, 1, 2 a 4.

Během zvýšeného rozmezí cen se ceny paliva změnilly na hodnoty zobrazené na obrázku 27. Hodnoty podstatných vygenerovaných veličin pro zvýšené rozmezí cen jsou následující:

- nejlevnější letiště s možností fueltankeringu: DEP 4, 0,963 EUR/KG
- nejdražší letiště s možností fueltankeringu: DEP 2, 1,149 EUR/KG
- rozmezí: 0,186 EUR/KG = 21,160% základní ceny

Grafické znázornění podstatných veličin lze vidět na grafu 8.

Optimální strategie je v tomto případě strategie 1/0/0/0/0/0, převážející 1000 KG paliva fueltankeringem s celkovými náklady 5507 EUR. Nulová strategie pro danou kombinaci vlastností se umístila až na 45. místě, a zároveň k první vyhovující strategii. Náklady jsou rovny 5653 EUR. Nulová strategie je oproti optimální strategii o 2,651% dražší. Nejdražší palivová strategie je 0/M/1/M/0/0, převážející 1726 KG paliva fueltankeringem. Palivové náklady pro tuto strategii jsou rovny 5814 EUR. Tato strategie je o 5,575% dražší oproti optimální strategii. Rozdíl mezi minimem a maximem nákladů je 307 EUR.

Z grafického znázornění lze vyčíst, že křivka nákladů je nadále velmi stabilní a velmi plochá, byť je strmější, než v případě základního rozmezí cen. Velká změna nastala v případě veličiny množství fueltankering paliva. Průběh je nadále velmi nepravidelný, s nárůstem velikosti skokových změn (až cca 3000 KG). Samotný trend křivky je také velmi nepravidelný, měnící se několikanásobně v průběhu 80 strategií. Průběh křivky Δ TRIP fuel je ekvivalentní veličině množství fueltankering paliva.

Opět se v případě zvýšeného rozmezí cen prokazuje, že do popředí postupují strategie převážející více množství fueltankering paliva. Je však nutné brát v úvahu prodloužení doby letu vlivem vyšších hmotností a případnou výši změn v nákladech na let s ohledem na tento faktor, který je u letounu ATR72 výraznější než u typu B738.

5.5. ŘETĚZEC LETŮ – BE40

Pro druh provozu řetězec a typ letounu BE40 byla vygenerována řada letů s vlastnostmi zobrazenými na obrázku 28.

Z výše uvedených informací vygenerované řady letů může na základě podmínek analýzy dojít k celkem 24 strategiím, z nichž 8 je zcela vyhovujících. V případě 12 strategií není splněn požadavek nedobrovolného fueltankeringu a v dalších 4 strategiích podmínka doby letu. Opět je zajímavé si všimnout, že v případě kapacitně menšího letounu je obdobně u typu ATR72 množství strategií také velmi nízké.

Hodnoty podstatných vygenerovaných veličin této řady letů v případě základních rozmezí cen jsou následující:

- nejlevnější letiště s možností fueltankeringu: DEP 6, 0,795 EUR/KG
- nejdražší letiště s možností fueltankeringu: DEP 2, 0,860 EUR/KG
- rozmezí: 0,065 EUR/KG = 7,395% základní ceny
- počet fueltankering letů: 2

Grafické znázornění podstatných veličin lze vidět na grafu 9.

Optimální strategie pro vygenerovanou kombinaci vlastností této řady letů je strategie 0/4/0/0/0/0 s hodnotou celkových nákladů 2805 EUR. Tato strategie převáží 400 KG paliva fueltankeringem a nesplňuje podmínku doby letu. První zcela vyhovující strategií je strategie 0/2/0/0/0/0 převážející 200 KG paliva fueltankeringem s hodnotou celkových nákladů 2808 EUR. Nulová strategie se umístila na 3. místě, a to s náklady v hodnotě 2812 EUR. Nulová strategie je tedy o 0,250% dražší než optimální strategie. Nejdražší strategie je označena 0/0/0/0/0/M, převážející 475 KG paliva fueltankeringem, s celkovými náklady 3231 EUR. Tato strategie, byť převáží obdobné množství paliva jako optimální strategie, je o 15,187% dražší. Rozdíl nákladů mezi nejdražší a optimální strategií je 426 EUR.

V grafickém znázornění lze sledovat schodovitý průběh křivky nákladů. Křivka zobrazující množinu množství fueltankering paliva je velmi proměnlivá a neustále skokově roste a klesá, v některých případech o 800 KG. Průběh veličiny Δ TRIP fuel je obdobný veličině množství fueltankering, křivka grafu má obdobný průběh.

Tato řada letů a její vygenerované vlastnosti vytvořily relativně nízké množství strategií obdobně řetězci typu ATR72. Vlastnosti vygenerované pro tuto řadu letů jsou relativně nepříznivé pro fueltankering – dvě letiště výrazně snižují hodnoty MTOW a MLW a zároveň dochází k převozu relativně vysokého množství platícího nákladu na většině letů. Také je možné si všimnout, že v případě fueltankeringu je letoun relativně náchylný na stav nedobrovolného fueltankeringu a obdobně typu ATR72 je letoun BE40 také náchylný na zvýšení doby letu v případě převozu i nízkého množství fueltankering paliva u některých strategií. Zároveň si lze všimnout, že v případě prvních 3 strategií dochází k fueltankeringu na

letu č. 2, zároveň se množství s menší výhodností snižuje (výhodnost strategie č. 1 převáží 400 KG fueltankering paliva, č. 2 - 200 KG a č. 3 - 0 KG) a dochází k ušetření nákladů.

Fueltankering lze uskutečnit na letech č. 2 a 6. Pořadí letů využívající fueltankering je následující: let č. 2, 6. Porovnáním rozdílů cen paliva na jednotlivých letech lze tyto rozdíly seřadit následovně: let č. 6, 2. Oba rozdíly cen jsou kladné, ceny na jednotlivých letištích DEP jsou nižší než na letištích DEST. Pořadí letů dle velikosti maximální kapacity fueltankering paliva od nejvyšší po nejnižší je následující: let č. 2, 6. Opět zde nastává situace, kdy je nejednoznačná závislost mezi výše popsány veličinami.

Během zvýšeného rozmezí cen se ceny paliva změnilly na hodnoty zobrazené na obrázku 29. Hodnoty podstatných vygenerovaných veličin pro zvýšené rozmezí cen jsou následující:

- nejlevnější letiště s možností fueltankeringu: DEP 6, 0,375 EUR/KG
- nejdražší letiště s možností fueltankeringu: DEP 2, 0,765 EUR/KG
- rozmezí: 0,390 EUR/KG = 44,369% základní ceny

Grafické znázornění podstatných veličin lze vidět na grafu 10.

Optimální strategií po zvýšení rozmezí cen byla nadále strategie 0/4/0/0/0/0 převážející 400 KG paliva fueltankeringem, s náklady 2471 EUR. První vyhovující strategie také zůstala strategie 0/2/0/0/0/0 s náklady 2552 EUR. Nulová strategie se umístila až na 4. místě s celkovými náklady v hodnotě 2633 EUR. Nulová strategie je tedy o 6,556% dražší než optimální strategie. Nejdražší strategie s označením 0/0/0/0/0/M, převážející 475 KG paliva fueltankeringem, má celkové náklady v hodnotě 2835 EUR. Rozdíl nákladu mezi nejdražší a optimální strategií činí 364 EUR. Nejdražší strategie je tedy o 14,731% dražší než optimální strategie.

V grafickém znázornění lze opět sledovat zvýšení stability nákladové křivky. Křivka je zároveň méně strmá. Křivka množství fueltankering paliva se také mírně změnila, tvar je však velmi podobný základnímu rozmezí cen. Průběh veličiny Δ TRIP fuel je nadále ekvivalentní veličině množství fueltankering paliva.

Vlivem změn rozmezí cen opět došlo k zvýšení výhodnosti strategií převážejících vyšší množství fueltankering paliva. Zároveň došlo k razantnímu zvýšení výhodnosti fueltankeringu na letu č. 6, který během výhodnějších strategií převáží daleko více paliva fueltankeringem oproti základnímu rozmezí cen. Tato skutečnost lze vysvětlit vlivem rozdílu cen na tomto letu, který byl velmi vysoký po uplatnění zvýšení rozmezí, tudíž výhodnost na tomto letu byla navýšena více než na letu č. 2

5.6. HUB LETŮ – BE40

Pro druh provozu řetězec a typ letounu BE40 byla vygenerována řada letů s vlastnostmi zobrazenými na obrázku 30.

Z výše uvedených parametrů lze vytvořit celkem 60 palivových strategií, z nichž je pouze jedna zcela vyhovující. Zbylých 59 strategií nespĺňují podmínku délky letu. Relativně velké množství strategií, oproti řetězci letů, je dán především možností fueltankeringu na třech letech místo dvou v případě řetězce.

Hodnoty podstatných vygenerovaných veličin této řady letů v případě základních rozmezí cen jsou následující:

- nejlevnější letiště s možností fueltankeringu: DEP 6, 0,856 EUR/KG
- nejdražší letiště s možností fueltankeringu: DEP 4, 0,870 EUR/KG
- rozmezí: 0,014 EUR/KG = 1,523% základní ceny
- počet fueltankering letů: 3

Grafické znázornění podstatných veličin lze vidět na grafu 11.

Optimální strategií v kombinaci s výše zmíněnými údaji je nulová strategie, s náklady 4180 EUR. Nejdražší strategií je maximální strategie 0/0/0/M/M/M s náklady 4997 EUR. Tato strategie je o 817 EUR dražší, což je rovno 19,546% nárůstu ceny oproti optimální strategii.

V grafickém znázornění lze sledovat velmi pravidelný průběh křivky nákladů, se třemi velmi mírnými skoky. Křivky množství fueltankering paliva a Δ TRIP fuel jsou si velmi podobné a jsou rozděleny do pěti intervalů. Křivky jsou rostoucí s pravidelnými skokovými poklesy, v rozmezí cca 500 KG fueltankering paliva.

Fueltankering lze uskutečnit na letech č. 4, 5 a 6. Pořadí letů využívající fueltankering je následující: let č. 5, 4, 6. Lety č. 4 a 5 se v množství fueltankering pravidelně střídají a množství roste na obou letech stabilně, zatímco let č. 6 převládá menší množství fueltankering paliva s více výhodnými strategiemi. S touto skutečností mají souvislost výše zmíněné skokové změny v množství fueltankering paliva. Tyto skoky se vždy odehrávají v případě využití fueltankeringu na letu č. 6. Porovnáním rozdílů cen paliva na jednotlivých letech lze tyto rozdíly seřadit následovně: let č. 6, 5, 4. Rozdíl cen je pro let č. 6 kladný, a zároveň roven hodnotě 0,001 EUR, zbylé lety mají rozdíly záporné. Pořadí letů dle velikosti maximální kapacity fueltankering paliva od nejvyšší po nejnižší je následující: let č. 6, 4, 5. I v případě letů hub nastává obdobná situace k předchozím případům, že zde není jednoznačná závislost mezi výše popsányými veličinami. Je vcelku paradoxní, že na letu s nejvyšší kapacitou a největším rozdílem cen je možnost fueltankeringu využita nejméně.

V této řadě letů s vygenerovanými hodnotami vlastností se velmi navýšil počet strategií fueltankeringu oproti řetězci letů. Oproti řetězci však došlo k prodloužení letů a většímu omezení maximálních hmotností letišť (především na vzlet, 5 letů je tímto vlivem ovlivněno). Současně však došlo ke snížení hmotností platícího nákladu. Zároveň, obdobně k předchozím řadám letů zde dochází k velkému omezení vyhovujících strategií. V této řadě letů se opět výrazně projevil vliv prodloužení doby letu, ovlivňující všechny strategie obsahující fueltankering.

Během zvýšeného rozmezí cen se ceny paliva změnily na hodnoty zobrazené na obrázku 31. Hodnoty podstatných vygenerovaných veličin pro zvýšené rozmezí cen jsou následující:

- nejlevnější letiště s možností fueltankeringu: DEP 6, 0,741 EUR/KG
- nejdražší letiště s možností fueltankeringu: DEP 4, 0,825 EUR/KG
- rozmezí: 0,084 EUR/KG = 9,556% základní ceny

Grafické znázornění podstatných veličin lze vidět na grafu 11.

Vlivem zvýšení rozmezí cen paliva došlo pouze k malým změnám ve výhodnosti jednotlivých strategií. Optimální strategií je nadále nulová strategie s celkovými náklady 3706 EUR. Nejdražší strategie je opět strategie maximální 0/0/0/M/M/M převážející 1514 KG fueltankering paliva s celkovými náklady 4459 EUR. Tato strategie je o 753 EUR dražší, což je rovno 20,318%.

Byť bylo rozmezí cen zvýšeno, tak pořadí výhodnosti jednotlivých strategií se výrazně nezměnilo. V grafickém znázornění lze sledovat více plynulý průběh křivky nákladů oproti základnímu rozmezí cen. Křivky množství fueltankering paliva a Δ TRIP fuel jsou si nadále velmi podobné a průběh se změnil pouze mírně. Křivky jsou rozděleny do 3 pravidelných intervalů a poté jsou křivky velmi nepravidelné. Samotný průběh v jednotlivých intervalech se mírně změnil v tom ohledu, že dochází i k poklesům množství fueltankering paliva s více nevýhodnými strategiemi. V případě základního rozmezí cen množství pouze stoupalo a poté se skokově snížilo. Je tedy patrné, že i v tomto případě zvýšením rozmezí cen se do popředí výhodnosti dostávají strategie převážející větší množství paliva fueltankeringem.

Mezi důvody takto nízkých změn lze uvést přítomnost velmi nízkých rozmezí cen. Základní rozmezí cen jsou velmi nízká (rozdíly cen mezi letišti DEP a DEST jsou -0,013, +0,001 a -0,001 EUR) a tudíž i zvýšení těchto rozmezí má za následek nepatrné změny, protože se samotné rozdíly cen zvýšily minimálně. Hlavní změny ve výhodnosti pořadí množství fueltankering paliva se týkaly nadále především letů č. 4 a 5. Let č. 6 zůstal ve stejném pořadí, vyjma pár výjimek mezi nejméně výhodnou třetinou strategií.

5.7. ZÁVĚRY VYHODNOCENÍ

Analýza přinesla velmi četné množství dat. Na základě těchto dat, resp. výsledků lze konstatovat, že v závislosti na jednotlivých typech letounu, druzích provozu, rozmezí cen a zároveň na velikosti hodnot početného množství veličin, které jsou uvažovány v řadách letů (placený náklad, vzdálenosti letů mezi DEP a DEST, případně DEST a ALTN, omezení vzletových a přistávacích hmotností atd.) může dojít k velmi odlišným výsledkům mezi řadami letů. Toto je prokázáno odlišnými, resp. nepravidelnými průběhy veličin nákladů, množství fueltankering paliva a Δ TRIP fuel v grafickém znázornění. Vzhledem k výsledkům analýzy nelze jednoznačně stanovit jednotlivé faktory, které by měly jednoznačný dominantní vliv na výhodnost jednotlivých strategií fueltankeringu. Je však možné stanovit určité paralely mezi vlastnostmi jednotlivých typů letounů, druzích provozů a výše rozmezí cen.

První z těchto paralel, resp. vlastností je skutečnost, že větší typy letounů jsou méně ovlivněny vedlejšími vlivy fueltankeringu, tzn. zvýšením doby letu TRIP a nedobrovolným fueltankeringem na následujících letech. Toto lze potvrdit porovnáním jednotlivých letounů – B738 byl omezen v minimu množství případů nedobrovolným tankeringem a zároveň nikdy nebyl samostatně omezen délkou doby letu, v obou druzích provozu. Menší letouny ATR72 a BE40 byly omezeny daleko více a ve většinovém množství, v některých případech ve všech, s výjimkou nulové strategie byly strategie nevyhovující. Kritickým faktorem bylo především prodloužení doby letu TRIP.

Nedobrovolný fueltankering je závislý především na délce letů, protože vyžadují nižší hodnoty MFOB oproti letům delším. Z tohoto důvodu také v případě fueltankeringu je množství zvýšené spotřeby Δ TRIP fuel nízká, protože je let krátký. Toto má za následek větší přebytek paliva po přistání (oproti letům bez fueltankeringu), který bude s vyšší pravděpodobností obsahovat větší množství paliva oproti žádoucímu množství FOB na následující let (MFOB + požadované množství fueltankering paliva).

Druhá vlastnost, která se projevila stabilně byla v případě zvýšení rozmezí cen. V takové situaci se do popředí výhodnosti dostaly strategie převážející vyšší množství paliva fueltankeringem, tudíž cena, resp. rozdíly cen mají na výhodnost fueltankeringu vliv. Zároveň lze sledovat, že čím je vyšší velikost rozdílu cen v základním rozmezí, tím větší jsou změny v pořadí výhodnosti během zvýšení rozmezí. Zároveň je nutné podotknout, že na některých letech docházelo k fueltankeringu především na letech se záporným rozdílem cen – tedy letů z letiště DEP s vyšší cenou paliva oproti letišti DEST daného letu. Toto je překvapivé a poukazuje na skutečnost, že pro optimální maximalizaci a efektivního snížení nákladů je nutné uvažovat kombinaci faktorů, nejen jednoho.

Druh provozu se projevil vcelku nečekaně – řady letů druhu provozu hub vygenerovaly větší množství strategií oproti řetězci. Toto je překvapivé z toho důvodu, že v případě nevhodných podmínek na domovském letišti se tato skutečnost projeví na větším množství letů z důvodu neustálého návratu na toto letiště. Jedno z možných vysvětlení je vhodná kombinace veličin omezujících maximální hmotnosti na daných letištích v daných řadách letů, nízké hodnoty platícího nákladu či krátká vzdálenost letů, umožňující větší množství kombinací strategií.

Grafické znázornění vlastností dále zobrazilo závislost průběhů veličiny $\Delta\text{TRIP fuel}$ v porovnání s množstvím fueltankering paliva. Ve většině případů jsou si tyto veličiny svým průběhem velmi podobné, vyjma drobných výjimek, a tudíž lze usoudit, že také závisí na velmi konkrétní kombinaci vlastností řad letů, obdobně závislosti nákladů na množství fueltankering paliva.

6. ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo vytvořit počítačový program a pomocí tohoto programu ověřit tvrzení, že převoz paliva vzduchem – fueltankering je v určitých případech benefiční a dokáže snížit náklady určité množině letů oproti letům, u kterých k žádnému fueltankeringu nedochází. Druhým cílem bylo najít nejlevnější varianty pro jednotlivé řady letů a popsat faktory, které mají na daný výsledek analýzy vliv.

Cíl bakalářské práce a tvrzení byla úspěšně ověřena a výsledky jsou popsány v kapitole 5. VYHODNOCENÍ. Pomocí programu a nastavení popsaných v kapitole 4. ANALÝZA bylo prokázáno, že pomocí vhodných kombinací vlastností jednotlivých letů, resp. řad letů lze dosáhnout snížení nákladů vhodnou volbou množství paliva pro fueltankering.

V podkapitole 5.7. ZÁVĚRY VYHODNOCENÍ jsou podrobně popsány výsledky jednotlivých analýz. Z popsaných závěrů lze usoudit, že na výhodnost fueltankeringu, respektive volbu vhodného množství fueltankering paliva, nemá žádná jediná proměnná dominantní vliv. Výhodnost fueltankeringu je určena množinou faktorů a je nutné během analýz skutečných letů vždy analyzovat všechny tyto faktory pro přesné určení výhodnosti. Mezi tuto množinu faktorů patří nejen základní veličiny cena paliva, typ letounu, druh provozů, ale zároveň i délky letů, délky letu na letišti ALTN, množství platícího nákladu apod.. Zároveň je nutné brát v potaz řadu letů sestávající se z více jednotlivých letů, nejen jeden let pro správné určení fueltankeringu, neb jsou jednotlivé lety na sebe závislé.

Během analýzy bylo prokázáno, že v případě vhodné kombinace hodnot veličin lze dosáhnout snížení nákladů až o 11% vhodnou volbou fueltankering paliva oproti nulové strategii. Tyto potenciální úspory jsou v určitém ohledu bezprácné, protože naplánování vhodných strategií ve skutečném provozu je nenáročné za pomocí počítačů a vhodných plánovaných software v průběhu procesu plánování letu. Je nutné opět podotknout, že samotné hodnoty potenciálních úspor jsou velmi specifickým způsobem spjaty s kombinací vlastností letů. Každá sada vlastností má svá specifika, která ovlivňují schopnosti jak samotného využití fueltankeringu na těchto letech, tak výše úspor.

Nadále je nutné brát v úvahu, že byt' byl popsán důraz na důležitost analýzy všech faktorů ovlivňujících let k určení výhodnosti strategie, v samotné strategii byly určité vlivy vynechány a nebrány v úvahu (popsáno v kapitole 4. ANALÝZA) z důvodu zjednodušení problematiky. Ve skutečném provozu je nutné tyto vlivy zohlednit, především vlivy stavu atmosféry. Změny teplot vzduchu a větru mají nemalý vliv na spotřebu paliva a výkonnost, které mohou změnit výhodnost strategií. Zároveň vlivy nežádoucích jevů, např. nedobrovolný fueltankering či prodloužená doba letu musí být propočítány.

Charakter letového provozu je takový, že v krátkém čase často dochází k mnoha změnám. Tyto změny mají pochopitelně vliv na fueltankering, a byť je optimální strategie pro danou řadu připravená, je velmi pravděpodobné, že v průběhu letů dojde k její změně a snížení výhodnosti. Další z faktorů, který má značný vliv na výhodnost fueltankeringu a spojitost s výše uvedenými změnami je palivo CAPTAIN EXTRA. Toto palivo je voleno těsně před letem a ve většině případů se již nedodrží přesně stanovená strategie pro daný let, tudíž výhodnost fueltankeringu klesá. Toto je však pochopitelné, bezpečnost letu je vždy na prvním místě.

Samotný výsledek analýzy není překvapivý, překvapivé jsou faktory, které tento výsledek ovlivnily. Původní předpoklad byl, že velikosti rozdílů cen mezi letišti DEP a DEST budou hrát hlavní roli v určení výhodnosti jednotlivých strategií, ale tento předpoklad se vyvrátil – v několika řadách letů došlo k využití fueltankeringu mezi letišti se záporným rozdílem dříve, než na letech s kladným rozdílem cen. Je však nutné podotknout, že byť se nejedná o hlavní faktor, rozdíly cen hrají určitou roli ve výhodnosti fueltankeringu, jen ne tu dominantní. V případě zvýšení rozmezí cen skutečně došlo k zvýšení výhodnosti strategií převážející více paliva fueltankeringem.

Autor věří, že poznatky získané analýzou pomohou prohloubit znalost dané problematiky a mohou být využity v letecké dopravě k zefektivnění činnosti jednotlivých leteckých společností. Dále je autor přesvědčen, že se poznatky uplatní v případných dalších dokumentech, které již získané znalosti dokáží dále prohlubovat a brát v úvahu větší množství faktorů k získávání ještě přesnějších výsledků.

7. POUŽITÉ ZDROJE

[1] , Civil Aviation Authority 2006. *Mass and Balance Manual (Aeroplanes)*. 3rd ed. TSO. ISBN 0 11790 389 2.

[2] ČERVENKA, M. *Ekonomické aspekty převážení paliva vzduchem*. Praha, 2013. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Masarykův ústav vyšších studií, Katedra inženýrské pedagogiky.

[3] DVOŘÁK, Petr. *Letecká meteorologie: učebnice meteorologie pro piloty kvalifikace UL, GLD, PPL, CPL, ATPL a všechny ostatní, kteří potřebují odborné znalosti letecké meteorologie*. Cheb: Svět křídél, 2010. ISBN 978-80-86808-85-7.

[4] MIKL, Tomáš, Marek TÝBL a Vladimír DANĚK. *Plánování a provedení letu*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2002. Učební texty pro teoretickou přípravu dopravních pilotů ATPL(A) dle předpisu JAR-FCL 1. ISBN 80-7204-237-8.

[5] OXFORD AVIATION TRAINING. *Flight performance & planning*. Revised ed. Oxford: Oxford Aviation Training, 2004. ISBN 1904935052.

[6] OXFORD AVIATION TRAINING. *Flight performance & planning*. Revised ed. Oxford: Oxford Aviation Training, 2004. ISBN 1904935060.

[7] VOLNER, Rudolf. *Flight planning management*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007. ISBN 978-80-7204-496-2.

[8] AUTOR NEUVEDEN. *boeing.com* [online]. [cit. 28.11.2016]. Dostupné z: <http://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/commercial/737ng/assets/images/marquee.jpg>

[9] AUTOR NEUVEDEN. *aeroweb.cz* [online]. [cit. 28.11.2016]. Dostupné z: <http://www.aeroweb.cz/Obrazky/Image/Tatek-ATR1/obr6.jpg>

[10] STAMM, Erick Stamm. *eurocontrol.int* [online]. [cit. 28.11.2016]. Dostupné z: https://contentzone.eurocontrol.int/aircraftperformance/images/acft_images_large/0959487-A.jpg

[11] *Kurzy devizového trhu - Česká národní banka* [online]. [cit. 2016-07-30]. Dostupné z: https://www.cnb.cz/cs/financni_trhy/devizovy_trh/kurzy_devizoveho_trhu/denni_kurz.jsp

[12] *Mrexcel.com* [online]. [cit. 2016-04-06]. Dostupné z: <http://www.mrexcel.com/forum/excel-questions/157520-randbetween-excluding-values.html>

8. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Letoun Boeing 737-800, vybaven winglety. [8].....	17
Obrázek 2: Letoun ATR72. [9]	18
Obrázek 3: Letoun Hawker / Beechjet 400. [10].....	18
Obrázek 4: Znárodnění způsobu využití paliva během letu. [6]	24
Obrázek 5: Ukázka části volby listů v programu, celkový počet listů je 10. Zdroj: autor.....	27
Obrázek 6: Možnosti nastavení parametrů letů. Zdroj: autor.	74
Obrázek 7: Ukázka tabulky <u>Databáze informací – [typ letounu]</u> , obsahující vlastnosti jednotlivých letišť. Zdroj: autor.	75
Obrázek 8: Ukázka tabulek z listu Volba letů. Zdroj: autor.	76
Obrázek 9: Ukázka dvou pomocníků a nevyhovujících letišť pro danou volbu. Zdroj: autor.	77
Obrázek 10: Tabulka údajů letišť potřebných pro funkci pomocníků. Zdroj: autor.	78
Obrázek 11: Ukázka sady tabulek <u>Nastavení</u> . Zdroj: autor.....	79
Obrázek 12: Tabulka <u>Převod letišť</u> . Zdroj: autor.....	80
Obrázek 13: Tabulka <u>Vyhodnocení</u> . Zdroj: autor.	81
Obrázek 14: Ukázka tabulky <u>Let č. 1</u> , zde probíhá vyhodnocení jednotlivých letů. Každý let má svou vlastní identickou část. Celkové vyhodnocení probíhá v tabulce <u>Celkem</u> . Zdroj: autor.	82
Obrázek 15: Úvodní zobrazení software URANOS, včetně seznamu nastavených letů po levé straně s vyznačenými tratěmi na mapě. Zdroj: autor / URANOS.	83
Obrázek 16: Ukázka uživatelem definované databáze fiktivních letišť, včetně jejich vlastností. Zdroj: autor / URANOS.	84
Obrázek 17: Ukázka vytvoření nového letu, včetně potřebných informací. Zdroj: autor / URANOS.	84
Obrázek 18: Ukázka nastavení vlastností konkrétního letu. Zdroj: autor / URANOS.	85
Obrázek 19: Ukázka vypočtených hodnot veličin podstatných pro analýzu daného letu. Zdroj: autor / URANOS.	85
Obrázek 20: Vygenerované vlastnosti řady letů pro druh provozu řetězec typu B738. Zdroj: autor.	86
Obrázek 21: Tabulka zvýšeného rozmezí cen druhu provozu řetězec typu B738. Zdroj: autor.	88
Obrázek 22: Vygenerované vlastnosti řady letů pro druh provozu hub typu B738. Zdroj: autor.	90
Obrázek 23: Tabulka zvýšeného rozmezí cen druhu provozu hub typu B738. Zdroj: autor.	92
Obrázek 24: Vygenerované vlastnosti řady letů pro druh provozu řetězec typu ATR72. Zdroj: autor.	94

Obrázek 25: Tabulka zvýšeného rozmezí cen druhu provozu řetězec typu ATR72. Zdroj: autor.	96
Obrázek 26: Vygenerované vlastnosti řady letů pro druh provozu hub typu ATR72. Zdroj: autor.	98
Obrázek 27: Tabulka zvýšeného rozmezí cen druhu provozu hub typu ATR72. Zdroj: autor.	100
Obrázek 28: Vygenerované vlastnosti řady letů pro druh provozu řetězec typu BE40. Zdroj: autor.	102
Obrázek 29: Tabulka zvýšeného rozmezí cen druhu provozu řetězec typu BE40. Zdroj: autor.	104
Obrázek 30: Vygenerované vlastnosti řady letů pro druh provozu hub typu BE40. Zdroj: autor.	106
Obrázek 31: Tabulka zvýšeného rozmezí cen druhu provozu hub typu BE40. Zdroj: autor.	108

9. SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Maticový model letišť 10x10. Zdroj: autor.	15
Tabulka 2: Základní hmotnostní údaje použitých letounů. Zdroj: autor.	18
Tabulka 3: Přehlednější zobrazení jednotlivých dílčích hmotností paliva. [6].....	22
Tabulka 4: ukázka seřazení sad tabulek v listu Volba letů. Zdroj: autor.	29
Tabulka 5: Schéma uspořádání pomocníků řetězce. Zdroj: autor.....	31
Tabulka 6: Schéma uspořádání pomocníků pro lety hub, zde jsou vidět vynechaná pole pro volby letů, které nevyžadují pomocníky. Zdroj: autor.....	31

10. SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Vyhodnocení druhu provozu řetězec, typ B738, základní rozmezí cen. Zdroj: autor.	87
Graf 2: Vyhodnocení druhu provozu řetězec, typ B738, zvýšené rozmezí cen. Zdroj: autor.	89
Graf 3: Vyhodnocení druhu provozu hub, typ B738, základní rozmezí cen. Zdroj: autor.	91
Graf 4: Vyhodnocení druhu provozu hub, typ B738, zvýšené rozmezí cen. Zdroj: autor.....	93
Graf 5: Vyhodnocení druhu provozu řetězec, typ ATR72, základní rozmezí cen. Zdroj: autor.	95
Graf 6: Vyhodnocení druhu provozu řetězec, typ ATR72, zvýšené rozmezí cen. Zdroj: autor.	97
Graf 7: Vyhodnocení druhu provozu hub, typ ATR72, základní rozmezí cen. Zdroj: autor....	99
Graf 8: Vyhodnocení druhu provozu hub, typ ATR72, zvýšené rozmezí cen. Zdroj: autor. .	101
Graf 9: Vyhodnocení druhu provozu řetězec, typ BE40, základní rozmezí cen. Zdroj: autor.	103
Graf 10: Vyhodnocení druhu provozu řetězec, typ BE40, zvýšené rozmezí cen. Zdroj: autor.	105
Graf 11: Vyhodnocení druhu provozu hub, typ BE40, základní rozmezí cen. Zdroj: autor. .	107
Graf 12: Vyhodnocení druhu provozu hub, typ BE40, zvýšené rozmezí cen. Zdroj: autor. .	109

10. SEZNAM PŘÍLOH

A. PŘÍLOHY MS EXCEL.....	74
B. PŘÍLOHY URANOS.....	83
C. PŘÍLOHY VYHODNOCENÍ.....	86
D. Program – MS EXCEL.....	CD

A. PŘÍLOHY MS EXCEL

Nastavení parametrů letu - ATR72			
Kategorie	Parametr	Hodnota	Jednotka
Vlastnosti letu			
	Konstanta vzdálenosti	100	NM
	Rychlost letu TAS	272	KTS
Hmotnosti - letoun			
	DOW	13535	KG
	MPLW	6165	KG
	MSZFW	19700	KG
	MFC	5000	KG
	MSTOW	22000	KG
	MSLW	21350	KG
	LMC	500	KG
Hmotnosti - letiště			
	PLTOW - rozmezí	15	%
	PLIW - množství případů	15	%
	PLTOW - rozmezí	15	%
	PLIW - množství případů	15	%
Palivo			
	Cena - základní	0,879	EUR / KG
	Cena - rozmezí	10	%
	Násobek rozdílu cen	6	1
	Minimální cena	0,100	EUR / KG
	Penalizace malé plnění - základní	0	EUR
	Penalizace malé plnění - rozmezí	0	%
	Penalizace malé plnění - množství případů	0	%
	Omezená dostupnost	10	%
Technické opotřebení			
	Cena - letová hodina	4500	EUR / hodinu
	Cena - pneumatika	2	‰ / 1000 KG
	Cena - brzda	2	‰ / 1000 KG

Obrázek 6: Možnosti nastavení parametrů letů. Zdroj: autor.

Databáze informací - 8738							
Poloha letiště			Hmotnostní omezení		Vlastnosti paliva		
Letiště [1]	Souřadnice X [1]	Souřadnice Y [1]	T/O [KG]	LDG [KG]	Cena [EUR*KG ⁻¹]	Penalizace - malé plnění [EUR]	Dostupnost
1	1	1	74841	MSLW	0,835	0,0	NE
2	2	1	MSTOW	56824	0,835	0,0	ANO
3	3	1	MSTOW	MSLW	0,857	0,0	ANO
4	4	1	MSTOW	MSLW	0,936	0,0	ANO
5	5	1	MSTOW	MSLW	0,795	0,0	ANO
6	6	1	MSTOW	MSLW	0,825	0,0	ANO
7	7	1	MSTOW	MSLW	0,849	0,0	ANO
8	8	1	MSTOW	62550	0,882	0,0	ANO
9	9	1	MSTOW	MSLW	0,907	0,0	ANO
10	10	1	MSTOW	MSLW	0,940	0,0	ANO
11	1	2	MSTOW	MSLW	0,793	0,0	ANO
12	2	2	MSTOW	MSLW	0,881	0,0	ANO
13	3	2	MSTOW	MSLW	0,940	0,0	ANO
14	4	2	MSTOW	MSLW	0,871	0,0	ANO
15	5	2	MSTOW	MSLW	0,839	0,0	ANO
16	6	2	MSTOW	MSLW	0,925	0,0	ANO
17	7	2	MSTOW	MSLW	0,948	0,0	ANO
18	8	2	74584	61964	0,898	0,0	ANO
19	9	2	MSTOW	MSLW	0,807	0,0	ANO
20	10	2	MSTOW	MSLW	0,959	0,0	ANO
21	1	3	MSTOW	MSLW	0,816	0,0	ANO
22	2	3	73291	63366	0,800	0,0	ANO
23	3	3	MSTOW	MSLW	0,798	0,0	ANO
24	4	3	MSTOW	MSLW	0,948	0,0	ANO
25	5	3	77433	MSLW	0,912	0,0	NE
26	6	3	MSTOW	MSLW	0,841	0,0	ANO
27	7	3	MSTOW	MSLW	0,924	0,0	ANO
28	8	3	MSTOW	MSLW	0,849	0,0	ANO
29	9	3	78567	MSLW	0,851	0,0	ANO
30	10	3	MSTOW	MSLW	0,946	0,0	ANO
31	1	4	78930	MSLW	0,934	0,0	NE
32	2	4	MSTOW	MSLW	0,907	0,0	ANO
33	3	4	MSTOW	MSLW	0,961	0,0	ANO
34	4	4	78948	MSLW	0,911	0,0	ANO
35	5	4	MSTOW	MSLW	0,828	0,0	ANO
36	6	4	MSTOW	MSLW	0,856	0,0	NE
37	7	4	MSTOW	MSLW	0,920	0,0	ANO
38	8	4	MSTOW	MSLW	0,795	0,0	ANO
39	9	4	MSTOW	MSLW	0,931	0,0	ANO
40	10	4	MSTOW	MSLW	0,862	0,0	ANO

Obrázek 7: Ukázka tabulky Databáze informací – [typ letounu], obsahující vlastnosti jednotlivých letišť. Zdroj: autor.

Typ: Druh letu:	BE40 Fetřez	Informace o letu												Vzálenosti		Naložení letounu - potřebné					
		Číslo letu:			Pořadí letiště			Hmotnostní omezení			Vlastnosti paliva			Úsek	Vzdálenost [NM]	Doba letu [h]	Typ	Hmotnost [KG]			
		Posoupnost letů	Letiště	Souřadnice X	Souřadnice Y	T/O [KG]	L/DG [KG]	Cena [EUR*KG*-1]	Penalizace - malé přetížení [EUR]	Dostupnost	Penalizace - malé přetížení [EUR]	Dostupnost	DEP - DEST	640,31	1,53	Partiční náklad	44				
		Č. letu	Letiště	Souřadnice X	Souřadnice Y	MSTOW	MSLW	0,838	0,0	ANO	0,0	ANO	DEP - ALTN	223,61	0,53						
		1	-	4	3	MSTOW	MSLW	0,917	0,0	NE	0,0	ANO	Celkem	863,92	2,07						
		2	-	91																	
		3	-	28																	
		4	-	48																	
		5	-	32																	
		6	-	36																	

						Informace o letu						Vzálenosti		Naložení letounu - potřebné							
						Číslo letu:			Pořadí letiště			Hmotnostní omezení			Vlastnosti paliva						
						1	Letiště	Souřadnice X	Souřadnice Y	T/O [KG]	L/DG [KG]	Cena [EUR*KG*-1]	Penalizace - malé přetížení [EUR]	Dostupnost	Penalizace - malé přetížení [EUR]	Dostupnost	Úsek	Vzdálenost [NM]	Doba letu [h]	Typ	Hmotnost [KG]
						DEP	36	6	4	MSTOW	MSLW	0,917	0,0	NE	0,0	ANO	DEP - DEST	781,02	1,87		159
						DEST	91	1	10	MSTOW	MSLW	0,895	0,0	ANO	0,0	ANO	DEST - ALTN	282,84	0,68		
						ALTN	73	3	8	MSTOW	MSLW	0,806	0,0	ANO	0,0	ANO	Celkem	1063,87	2,55		

										Informace o letu			Vzálenosti		Naložení letounu - potřebné						
						Číslo letu:			Pořadí letiště			Hmotnostní omezení			Vlastnosti paliva						
						2	Letiště	Souřadnice X	Souřadnice Y	T/O [KG]	L/DG [KG]	Cena [EUR*KG*-1]	Penalizace - malé přetížení [EUR]	Dostupnost	Penalizace - malé přetížení [EUR]	Dostupnost	Úsek	Vzdálenost [NM]	Doba letu [h]	Typ	Hmotnost [KG]
						DEP	91	1	10	MSTOW	MSLW	0,895	0,0	ANO	0,0	ANO	DEP - DEST	869,95	2,37		600
						DEST	28	8	3	MSTOW	MSLW	0,925	0,0	ANO	0,0	ANO	DEST - ALTN	223,61	0,53		
						ALTN	40	10	4	MSTOW	MSLW	0,851	0,0	ANO	0,0	ANO	Celkem	1213,56	2,90		

										Informace o letu			Vzálenosti		Naložení letounu - potřebné						
						Číslo letu:			Pořadí letiště			Hmotnostní omezení			Vlastnosti paliva						
						3	Letiště	Souřadnice X	Souřadnice Y	T/O [KG]	L/DG [KG]	Cena [EUR*KG*-1]	Penalizace - malé přetížení [EUR]	Dostupnost	Penalizace - malé přetížení [EUR]	Dostupnost	Úsek	Vzdálenost [NM]	Doba letu [h]	Typ	Hmotnost [KG]
						DEP	28	8	3	MSTOW	MSLW	0,925	0,0	ANO	0,0	ANO	DIST DEP - DEST	728,01	1,74		888
						DEST	100	10	10	MSTOW	MSLW	0,942	0,0	ANO	0,0	ANO	DIST DEST - ALTN	200,00	0,48		
						ALTN	98	8	10	MSTOW	MSLW	0,812	0,0	ANO	0,0	ANO	TOTAL DIST	928,01	2,22		

Obrázek 8: Ukázka tabulek z listu *Volba letů*. Zdroj: autor.

Tabulka letišť										
AD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Y	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
AD	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Y	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
AD	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Y	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
AD	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Y	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
AD	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Y	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
AD	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Y	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
AD	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Y	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
AD	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Y	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
AD	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Y	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
AD	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Y	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Obrázek 10: Tabulka údajů letišť potřebných pro funkci pomocníků. Zdroj: autor.

Vlastnosti letiště										
Polohové a plánovací/vlastnosti										
Č. letu [1]	DEP [1]	DEST [1]	TRIP DIST [1]	TRIP WPT	ALTN [1]	ALTN DIST [1]	ALTN WPT	ALTN DIST [1]	ALTN WPT	ALTN WPT
1	34	100	849	LOTSU	79	224	WPT51AL	224	WPT51AL	WPT51AL
2	100	60	400	LOTSU	79	224	WPT52AL	224	WPT52AL	WPT52AL
3	60	36	447	LOTSU	27	141	WPT53AL	141	WPT53AL	WPT53AL
4	36	24	224	LOTSU	4	200	WPT54AL	200	WPT54AL	WPT54AL
5	24	42	283	LOTSU	43	100	WPT55AL	100	WPT55AL	WPT55AL
6	42	34	224	LOTSU	13	224	WPT56AL	224	WPT56AL	WPT56AL

Vlastnosti letiště										
Polohové a plánovací/vlastnosti										
Č. letu [1]	DEP URANOS [1]	DEST URANOS [1]	ALTN URANOS [1]	ALTN zeměpisná délka [°]	ALTN zeměpisná šířka [°]	ALTN zeměpisné stupně [°]	ALTN zeměpisné minuty [°]	ALTN zeměpisné minuty [°]	ALTN zeměpisné minuty [°]	ALTN zeměpisné minuty [°]
1	1	67	51AL	17,87	10,39	17	53	53	53	53
2	1	52AL	3,73	10,39	10,39	10	24	24	24	24
3	1	25	53AL	9,81	9,81	9	48	48	48	48
4	1	13	54AL	7,06	7,06	7	4	4	4	4
5	1	23	55AL	6,38	6,38	6	23	23	23	23
6	1	13	56AL	7,45	7,45	7	28	28	28	28

Vlastnosti letiště										
Vlastnosti paliva - DEP										
Č. letu [1]	Cena [EUR*(KG+1)]	Penal. inace - malé příněti [EUR]	Dostupnost	Penal. inace - malé příněti [EUR]	Penal. inace - malé příněti [EUR]	Dostupnost	Penal. inace - malé příněti [EUR]	Dostupnost	Penal. inace - malé příněti [EUR]	Penal. inace - malé příněti [EUR]
1	0,885	0,0	ANO	0,880	0,0	ANO	0,0	ANO	0,006	0,006
2	0,860	0,0	ANO	0,833	0,0	ANO	0,0	ANO	-0,019	-0,019
3	0,933	0,0	ANO	0,859	0,0	ANO	0,0	ANO	0,054	0,054
4	0,859	0,0	ANO	0,872	0,0	NE	0,0	NE	-0,020	-0,020
5	0,872	0,0	NE	0,795	0,0	ANO	0,0	ANO	-0,007	-0,007
6	0,795	0,0	ANO	0,885	0,0	ANO	0,0	ANO	-0,084	-0,084

Vlastnosti letu										
Hmotnostní omezení										
Č. letu [1]	Patř. náklad [KG]	T/O - DEP [KG]	LDG - DEST [KG]	Doba letu - TRIP [°]	Patř. náklad [KG]	T/O - DEP [KG]	LDG - DEST [KG]	Doba letu - TRIP [°]	Patř. náklad [KG]	T/O - DEP [KG]
1	327	6782	MELW	130	327	6782	MELW	130	327	6782
2	216	MSTOW	MELW	64	216	MSTOW	MELW	64	216	MSTOW
3	715	6844	MELW	71	715	6844	MELW	71	715	6844
4	784	MSTOW	MELW	38	784	MSTOW	MELW	38	784	MSTOW
5	601	MSTOW	6424	47	601	MSTOW	6424	47	601	MSTOW
6	717	MSTOW	6999	38	717	MSTOW	6999	38	717	MSTOW

Vlastnosti letu										
Palivo										
Č. letu [1]	Zbýv. palivo - předchozí let [KG]	ADDITIONAL fuel [KG]	Předýtek paliva [KG]	Palivo k doplnění [KG]	F08 [KG]	Vyčt. palivo [KG]	MAX. FUELTANKING [KG]			
1	500	0	-919	919	1419	905	0			
2	514	0	-487	487	1011	516	815			
3	495	0	-520	520	1015	583	0			
4	432	-382	-774	774	1206	398	0			
5	808	0	0	0	808	450	0			
6	378	0	-528	528	906	389	475			

Obrázek 11: Ukázka sady tabulek Nastavení. Zdroj: autor.

Převod letišť				
Vzdálenost [NM]	Trasy [1]	Počet stupňů [°]	Počet úhlových minut [']	
200	1 > 2	3	20	
283	1 > 12	4	43	
400	1 > 3	6	40	
447	1 > 13	7	27	
566	1 > 23	9	26	
600	1 > 4	10	0	
632	1 > 14	10	32	
721	1 > 24	12	1	
800	1 > 5	13	20	
825	1 > 15	13	45	
849	1 > 34	14	9	
894	1 > 25	14	54	
1000	1 > 6	16	40	
1020	1 > 16	17	0	
1077	1 > 26	17	57	
1131	1 > 45	18	51	
1166	1 > 36	19	26	
1200	1 > 7	20	0	
1217	1 > 17	20	17	
1265	1 > 27	21	5	
1281	1 > 46	21	21	
1342	1 > 37	22	22	
1400	1 > 8	23	20	
1414	1 > 18	23	34	
1442	1 > 47	24	2	
1456	1 > 28	24	16	
1523	1 > 38	25	23	
1562	1 > 57	26	2	
1600	1 > 9	26	40	
1612	1 > 19	26	52	
1649	1 > 29	27	29	
1697	1 > 67	28	17	
1709	1 > 39	28	29	
1720	1 > 58	28	40	
1789	1 > 49	29	49	
1800	1 > 10	30	0	
1811	1 > 20	30	11	
1844	1 > 30	30	44	
1887	1 > 59	31	27	
1897	1 > 40	31	37	
1970	1 > 50	32	50	
1980	1 > 78	33	0	
2000	1 > 69	33	20	
2059	1 > 60	34	19	
2126	1 > 79	35	26	
2163	1 > 70	36	3	
2280	1 > 80	38	0	
2408	1 > 90	40	8	
2546	1 > 100	42	26	

Obrázek 12: Tabulka Převod letišť. Zdroj: autor.

Označení výhodnosti [1]	Palivová strategie						Vyhodnocení							
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	Skutečný FUELTANKERING [KG]	Palivo k doplnění [KG]	Využitá palivo [KG]	Δ TRIP fuel [KG]	Doba letu - TRIP [°]	Δ doby letu - TRIP [°]	Mákrady [EUR]	Vyhovující FUELTANKERING ANO
1	0	0	0	0	0	0	0	9767	9657	0	949	0	8685	NE
2	0	0	0	0,5	0	0	500	9793	9683	26	950	1	8741	NE
3	0,5	0	0	0	0	0	500	9776	9666	9	950	1	8742	NE
4	0	0	0	1	0	0	1000	9798	9688	31	950	1	8780	NE
5	0,5	0	0	0,5	0	0	1000	9802	9692	35	951	2	8799	NE
6	1	0	0	0	0	0	1000	9784	9674	17	951	2	8799	NE
7	M	0	0	0	0	0	1020	9785	9675	18	951	2	8802	NE
8	0	0	0	1,5	0	0	1500	9798	9688	31	950	1	8813	NE
9	0,5	0	0	1	0	0	1500	9807	9697	40	951	2	8837	NE
10	1	0	0	0,5	0	0	1500	9810	9700	43	952	3	8855	NE
11	M	0	0	0,5	0	0	1520	9811	9701	44	952	3	8858	NE
12	0,5	0	0	1,5	0	0	2000	9807	9697	40	951	2	8871	NE
13	0	0	0	2	0	0	2000	9846	9736	79	950	1	8891	NE
14	1	0	0	1	0	0	2000	9815	9705	48	952	3	8893	NE
15	M	0	0	1	0	0	2020	9816	9706	49	952	3	8896	NE
16	1	0	0	1,5	0	0	2500	9815	9705	48	952	3	8927	NE
17	0	0	0	M	0	0	2458	9852	9742	85	951	2	8927	NE
18	M	0	0	1,5	0	0	2500	9816	9706	49	952	3	8930	NE
19	0,5	0	0	2	0	0	2500	9855	9745	88	951	2	8948	NE
20	0,5	0	0	M	0	0	2958	9861	9751	94	952	3	8984	NE
21	1	0	0	2	0	0	3000	9863	9753	96	952	3	9004	NE
22	M	0	0	2	0	0	3020	9864	9754	97	952	3	9007	NE
23	1	0	0	M	0	0	3458	9869	9759	102	953	4	9041	NE
24	M	0	0	M	0	0	3478	9870	9760	103	953	4	9043	NE

Obrázek 13: Tabulka Vyhodnocení. Zdroj: autor.

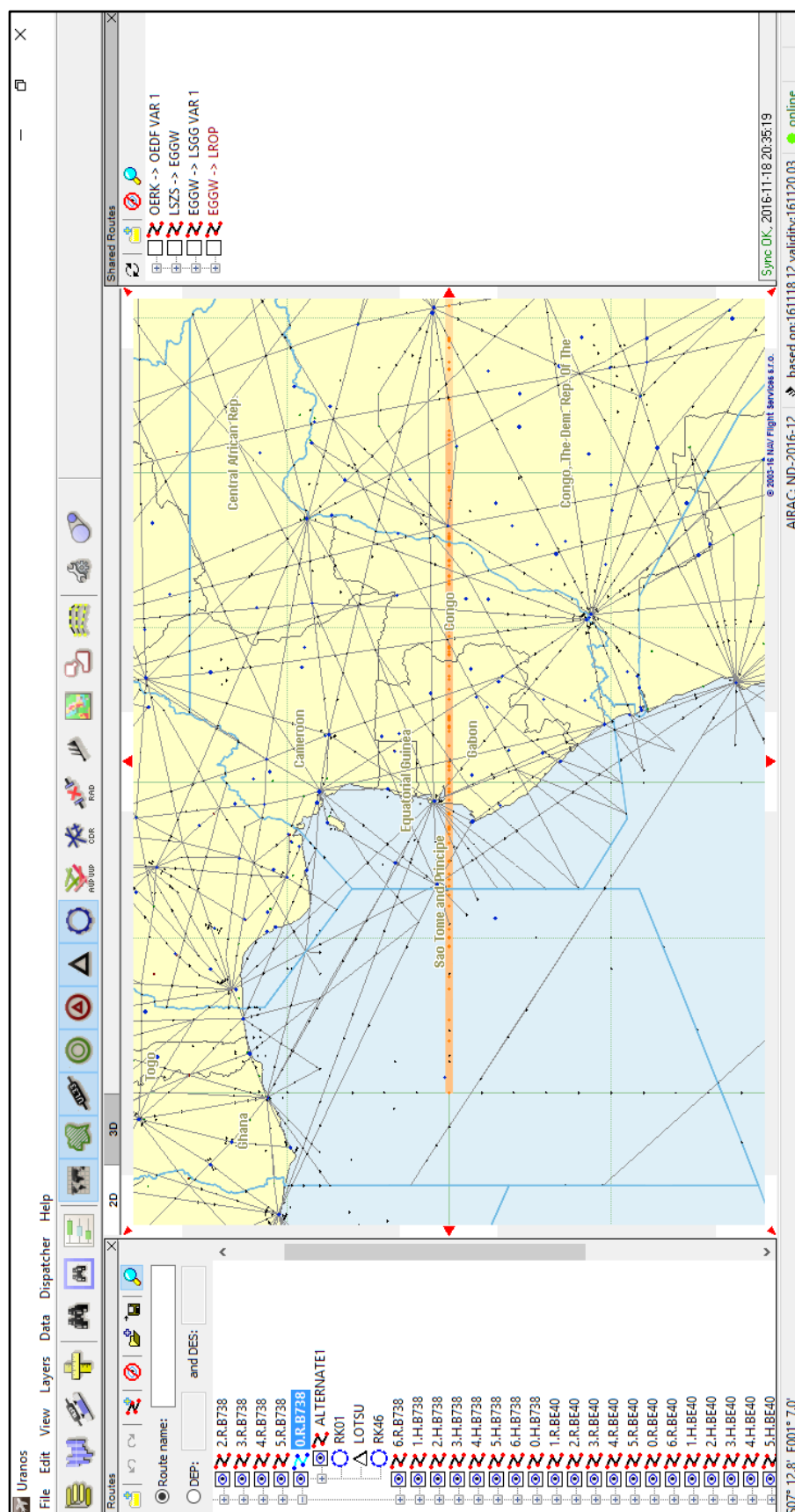
Let č. 1

Maximální FUEL TANKERING [KG]	Skutečný FUEL TANKERING [KG]	Zbývající palivo - předchozí let [KG]	FOB - celkové [KG]	Přibytí paliva [KG]	Palivo k doplnění [KG]	Využitá palivo [KG]	Δ TRIP fuel [KG]	Kontrola omezení	Doba letu - TRIP [']	Δ doby letu - TRIP [']	Náklady [EUR]
1020	0	813	3212	-2399	2399	2476	0	OK	244	0	2202
1020	0	813	3212	-2399	2399	2476	0	OK	244	0	2202
1020	0	813	3212	-2399	2399	2476	0	OK	244	0	2202
1020	0	813	3212	-2399	2399	2476	0	OK	244	0	2202
1020	0	813	3212	-2399	2399	2476	0	OK	244	0	2202
1020	500	813	3726	-2913	2913	2485	9	OK	245	1	2683
1020	500	813	3726	-2913	2913	2485	9	OK	245	1	2683
1020	500	813	3726	-2913	2913	2485	9	OK	245	1	2683
1020	500	813	3726	-2913	2913	2485	9	OK	245	1	2683
1020	500	813	3726	-2913	2913	2485	9	OK	245	1	2683
1020	1000	813	4241	-3428	3428	2493	17	OK	246	2	3165
1020	1000	813	4241	-3428	3428	2493	17	OK	246	2	3165
1020	1000	813	4241	-3428	3428	2493	17	OK	246	2	3165
1020	1000	813	4241	-3428	3428	2493	17	OK	246	2	3165
1020	1000	813	4241	-3428	3428	2493	17	OK	246	2	3165
1020	M	813	4261	-3448	3448	2494	18	OK	246	2	3184
1020	M	813	4261	-3448	3448	2494	18	OK	246	2	3184
1020	M	813	4261	-3448	3448	2494	18	OK	246	2	3184
1020	M	813	4261	-3448	3448	2494	18	OK	246	2	3184
1020	M	813	4261	-3448	3448	2494	18	OK	246	2	3184

Obrázek 14: Ukázka tabulky Let č. 1, zde probíhá vyhodnocení jednotlivých letů. Každý let má svou vlastní identickou část. Celkové vyhodnocení probíhá v tabulce Celkem.

Zdroj: autor.

B. PŘÍLOHY URANOS



Obrázek 15: Úvodní zobrazení software URANOS, včetně seznamu nastavených letů po levé straně s vyznačenými tratěmi na mapě. Zdroj: autor / URANOS.

Custom Navigation Data Editor

Points Airways Airports

ICAO	IATA	Latitude	Longitude	Airport Name	City	FIR	Magnetic Decl...	Elevation (ft)	Longest Runway(ft)
RK06		N0000.0	E01640.0	RK06	RK06	FCCC	W00148.0	0	15000
RK16		N0000.0	E01700.0	RK16	RK16	FCCC	W00200.0	0	15000
RK26		N0000.0	E01757.0	RK26	RK26	FZZA	W00336.0	0	15000
RK45		N0000.0	E01851.0	RK45	RK45	FZZA	W00112.0	0	15000
RK36		N0000.0	E01926.0	RK36	RK36	FZZA	W00112.0	0	15000
RK07		N0000.0	E02000.0	RK07	RK07	FZZA	E00000.0	0	15000
RK17		N0000.0	E02017.0	RK17	RK17	FZZA	E00000.0	0	15000
RK27		N0000.0	E02105.0	RK27	RK27	FZZA	W00048.0	0	15000
RK46		N0000.0	E02121.0	RK46	RK46	FZZA	W00048.0	0	15000
RK37		N0000.0	E02222.0	RK37	RK37	FZZA	W00024.0	0	15000
RK08		N0000.0	E02320.0	RK08	RK08	FZZA	E00000.0	0	15000
RK18		N0000.0	E02334.0	RK18	RK18	FZZA	W00142.0	0	15000
RK47		N0000.0	E02402.0	RK47	RK47	FZZA	W00148.0	0	15000
RK28		N0000.0	E02416.0	RK28	RK28	FZZA	E00000.0	0	15000
RK38		N0000.0	E02523.0	RK38	RK38	FZZA	E00000.0	0	15000
RK57		N0000.0	E02602.0	RK57	RK57	FZZA	E00012.0	0	15000
RK09		N0000.0	E02640.0	RK09	RK09	FZZA	W00106.0	0	15000
RK19		N0000.0	E02652.0	RK19	RK19	FZZA	W00106.0	0	15000

1 Add New Rows Delete Selected Rows

Obrázek 16: Ukázka uživatelem definované databáze fiktivních letišť, včetně jejich vlastností.
Zdroj: autor / URANOS.

New Route

Name: 3.H.B738 FL: 410

Date: 2016/11/18 21:22

Aircraft: B738W Boeing 737 [B737-8Q8]

Departure Airport: RK01 Destination Airport: RK03

Create route:

Manually (by mouse)

From Field 15:

LOTSU

Create Cancel

Obrázek 17: Ukázka vytvoření nového letu, včetně potřebných informací.
Zdroj: autor / URANOS.

Computation Parameters

Computation config: - default - Properties...

Flight data

Route name: RK01-RK03

Flight identification: TEST

Captain: TEST

Date of departure: 2016/08/18

Time of departure: 21:16

Time of arrival: 22:16

ROUTE: 3.H.B738 (400 NM)

Alternates

PRIM.: RK03-23AL (447 NM) (ALTERNATE1)

SEC.:

other:

T.O.: -

3% Enroute alternate (EU-OPS)

ERA: -

Contingency: 3 % Select ERA Airport...

Isolated destination airport

ERA: -

Automatic PNR Select ERA Airport...

Plane

Plane: B738W Boeing 737 [B737-8Q8] Properties...

Cruise mode: LRC

Max FL limit: 410

Flight type: S Crew: 2/4/F

Male: 0 (97 kg) DOW: 42915 (kg)

Female: 0 (97 kg) MZFW: 61688 (kg)

Children: 0 (48 kg) MLW: 65317 (kg)

Infant: 0 (0 kg) MTOW: 79015 (kg)

Cargo: 16261 (kg) ZFW: 59176 (kg)

Taxi fuel: 200 kg, A/C default: 200 kg

FUEL: 5691 (kg) RAMP EXTRA AT DESTINATION

Ballast FUEL: 0 (kg)

Dispatcher: XX MAXPAYLOAD FUEL TANKERING

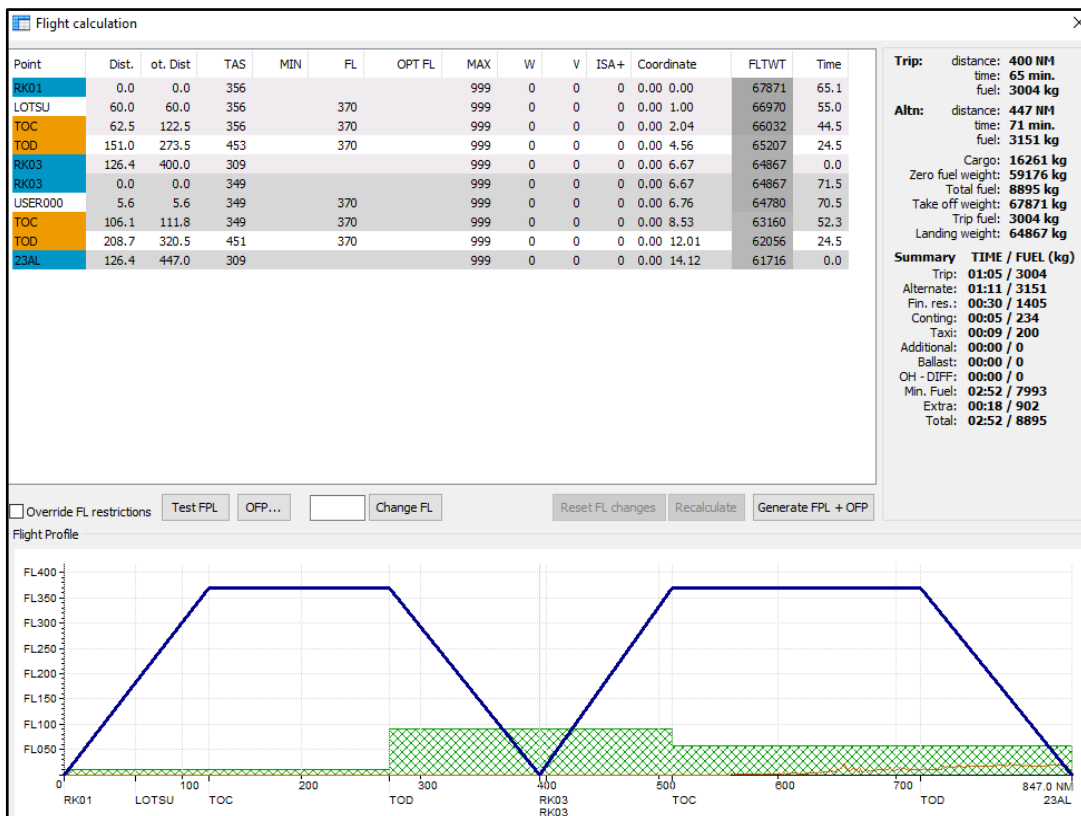
RIF Route ETOPS/ADEQUATE

Weather

Wind comp: 0 ISA: 0

OK Cancel

Obrázek 18: Ukázka nastavení vlastností konkrétního letu. Zdroj: autor / URANOS.



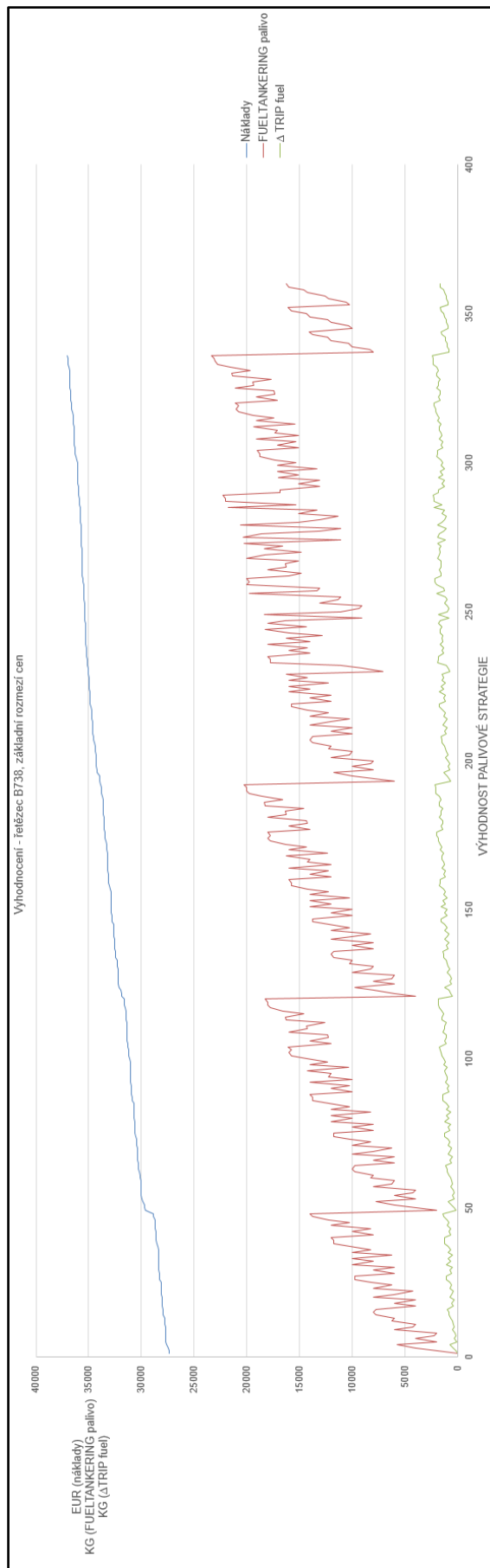
Obrázek 19: Ukázka vypočtených hodnot veličin podstatných pro analýzu daného letu. Zdroj: autor / URANOS.

C. PŘÍLOHY VYHODNOCENÍ

Vlastnosti letiště												
Pobohové a plánovací vlastnosti:												
Č. letu [1]	DEP [1]	DEST [1]	TRIP WPT [1]	TRIP DIST [1]	ALTN [1]	ALTN DIST [1]	ALTN WPT	ALTN URANOS [1]	ALTN URANOS [1]	ALTN URANOS [1]	ALTN URANOS [1]	
1	64	47	721	721	48	200	WPT1AL	11AL	3,33	15,35	15	21
2	47	28	600	600	28	283	WPT12AL	12AL	4,71	14,71	14	43
3	17	8	283	283	18	200	WPT13AL	13AL	3,33	8,05	8	3
4	8	21	1456	1456	12	283	WPT14AL	14AL	4,71	28,98	28	59
5	21	6	1077	1077	14	447	WPT15AL	15AL	7,45	25,40	25	24
6	6	64	1265	1265	43	447	WPT16AL	16AL	7,45	28,54	28	32
Vlastnosti letiště												
Pobohové a plánovací vlastnosti:												
Č. letu [1]	DEP URANOS [1]	DEST URANOS [1]	ALTN URANOS [1]	ALTN URANOS [1]	ALTN URANOS [1]	ALTN URANOS [1]	ALTN URANOS [1]	ALTN URANOS [1]	ALTN URANOS [1]	ALTN URANOS [1]	ALTN URANOS [1]	
1	1	24	11AL	3,33	15,35	15	21	11AL	3,33	15,35	15	21
2	1	4	12AL	4,71	14,71	14	43	12AL	4,71	14,71	14	43
3	1	12	13AL	3,33	8,05	8	3	13AL	3,33	8,05	8	3
4	1	28	14AL	4,71	28,98	28	59	14AL	4,71	28,98	28	59
5	1	26	15AL	7,45	25,40	25	24	15AL	7,45	25,40	25	24
6	1	27	16AL	7,45	28,54	28	32	16AL	7,45	28,54	28	32
Vlastnosti letiště												
Vlastnosti paliva - DEP												
Č. letu [1]	Cena [EUR*KG-1]	Penalizace - malé přetížení [EUR]	Dostupnost	Cena [EUR*KG-1]	Penalizace - malé přetížení [EUR]	Dostupnost	Rozdíl cen DEP - základní cena [EUR]					
1	0,916	0,0	ANO	0,834	0,0	ANO	0,037					
2	0,834	0,0	ANO	0,936	0,0	NE	-0,045					
3	0,936	0,0	NE	0,836	0,0	ANO	0,057					
4	0,836	0,0	ANO	0,933	0,0	ANO	-0,043					
5	0,923	0,0	ANO	0,879	0,0	ANO	0,044					
6	0,879	0,0	ANO	0,916	0,0	ANO	0,000					
Vlastnosti letiště												
Vlastnosti paliva - DEST												
Č. letu [1]	Cena [EUR*KG-1]	Penalizace - malé přetížení [EUR]	Dostupnost	Cena [EUR*KG-1]	Penalizace - malé přetížení [EUR]	Dostupnost	Rozdíl cen DEP - základní cena [EUR]					
1	0,916	0,0	ANO	0,834	0,0	ANO	0,037					
2	0,834	0,0	ANO	0,936	0,0	NE	-0,045					
3	0,936	0,0	NE	0,836	0,0	ANO	0,057					
4	0,836	0,0	ANO	0,933	0,0	ANO	-0,043					
5	0,923	0,0	ANO	0,879	0,0	ANO	0,044					
6	0,879	0,0	ANO	0,916	0,0	ANO	0,000					
Vlastnosti letu												
Hmotnostní omezení												
Č. letu [1]	Přátčí náklad [KG]	T/O - DEP [KG]	LOG - DEST [KG]	Doba letu - TRIP [1]								
1	7010	MSTOW	86748	107								
2	6570	MSTOW	82776	91								
3	18747	MSTOW	MELW	49								
4	8240	MSTOW	MELW	204								
5	2133	MSTOW	MELW	154								
6	4721	MSTOW	MELW	179								
Vlastnosti letu												
Palivo												
Č. letu [1]	Zbývá palivo - předchozí let [KG]	ADDITIONAL FUE [KG]	Přibytí paliva [KG]	Palivo k doplnění [KG]	POB [KG]	Využití paliva [KG]	MAX. FUEL TANKERING [KG]					
1	4880	0	-2519	2519	7399	4396	2247					
2	3003	2554	-6951	6951	9954	3897	0					
3	6057	0	1	6056	6056	2556	0					
4	3600	0	-8770	8770	12270	8587	5728					
5	3683	0	-6172	6172	9855	5858	8520					
6	3987	0	-7329	7329	11326	7131	7070					

Obrázek 20: Vygenerované vlastnosti řady letů pro druh provozu řetězec typu B738.

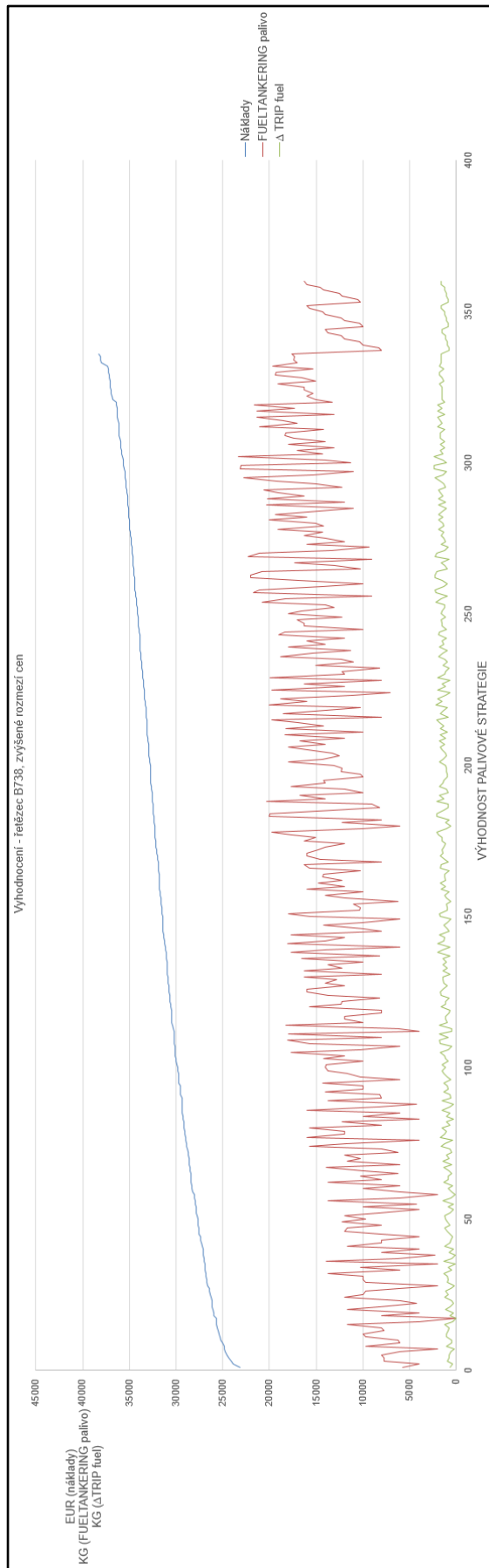
Zdroj: autor.



Graf 1: Vyhodnocení druhu provozu řetězec, typ B738, základní rozmezí cen. Zdroj: autor.

Č. letu [1]	Vlastnosti leštění			Vlastnosti pářiva - DEP			Vlastnosti pářiva - DEST			Rozdíl cen DEP - základní cena [EUR]
	Cena [EUR*KG ⁻¹]	Penalizace - malé plnění [EUR]	Dostupnost	Cena [EUR*KG ⁻¹]	Penalizace - malé plnění [EUR]	Dostupnost	Cena [EUR*KG ⁻¹]	Penalizace - malé plnění [EUR]	Dostupnost	
1	1,101	0,0	ANO	0,609	0,0	ANO	0,609	0,0	ANO	0,222
2	0,609	0,0	ANO	1,221	0,0	NE	1,221	0,0	NE	-0,270
3	1,221	0,0	NE	0,621	0,0	ANO	0,621	0,0	ANO	0,342
4	0,621	0,0	ANO	1,143	0,0	ANO	1,143	0,0	ANO	-0,258
5	1,143	0,0	ANO	0,879	0,0	ANO	0,879	0,0	ANO	0,264
6	0,879	0,0	ANO	1,101	0,0	ANO	1,101	0,0	ANO	0,000

Obrázek 21: Tabulka zvýšeného rozmezí cen druhu provozu řetězec typu B738. Zdroj: autor.

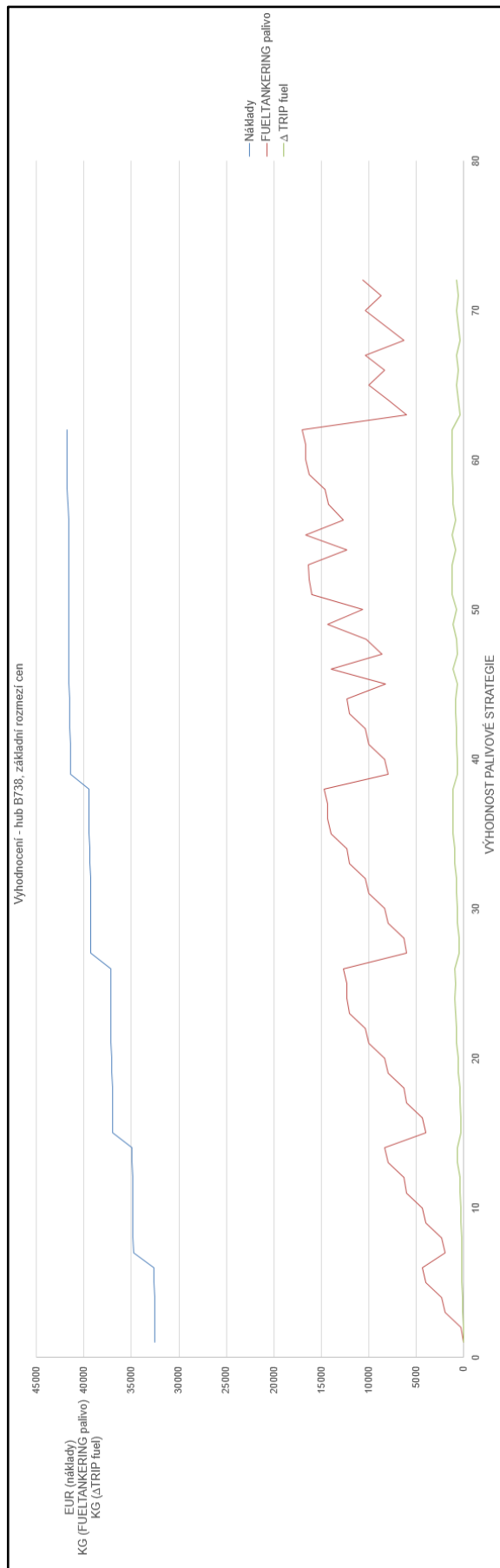


Graf 2: Vyhodnocení druhu provozu řetězec, typ B738, zvýšené rozmezí cen. Zdroj: autor.

Vlastnosti letiště										
Polohové a plánovací vlastnosti										
Č. letu [1]	DEP [1]	DEST [1]	TRIP DIST [1]	TRIP WPT	ALTN [1]	ALTN DIST [1]	ALTN WPT			
1	52	80	1649	LOTSU	88	447	WPT21AL			
2	80	52	1649	LOTSU	32	400	WPT22AL			
3	52	54	400	LOTSU	33	447	WPT23AL			
4	54	52	400	LOTSU	51	200	WPT24AL			
5	52	76	884	LOTSU	98	566	WPT25AL			
6	76	52	884	LOTSU	64	447	WPT26AL			
Vlastnosti letiště										
Polohové a plánovací vlastnosti										
Č. letu [1]	DEP URANOS [1]	DEST URANOS [1]	ALTN URANOS [1]	Δ zeměpisné délky [°]	ALTN zeměpisná délka [°]	ALTN zeměpisné stupně [°]	ALTN zeměpisné minuty [°]			
1	1	29	21AL	7,45	34,84	34	56			
2	1	29	22AL	6,67	34,15	34	9			
3	1	23AL	23AL	7,45	14,12	14	7			
4	1	24AL	24AL	3,33	10,00	10	0			
5	1	25AL	25AL	9,43	24,34	24	20			
6	1	26AL	26AL	7,45	22,36	22	21			
Vlastnosti letiště										
Vlastnosti paliva - DEP										
Č. letu [1]	Cena [EUR*KG-1]	Penalizace - malé přetížení [EUR]	Dostupnost	Cena [EUR*KG-1]	Penalizace - malé přetížení [EUR]	Dostupnost	Rozdílná cen DEP - zálohovací cena [EUR]			
1	0,876	0,0	ANO	0,868	0,0	ANO	-0,003			
2	0,868	0,0	ANO	0,876	0,0	ANO	-0,011			
3	0,876	0,0	ANO	0,864	0,0	NE	-0,003			
4	0,854	0,0	NE	0,876	0,0	ANO	0,075			
5	0,879	0,0	ANO	0,845	0,0	ANO	0,000			
6	0,845	0,0	ANO	0,876	0,0	ANO	0,066			
Vlastnosti letu										
Hmotnostní omezení										
Č. letu [1]	Přetížení náklad [KG]	T/O - DEP [KG]	LOG - DEST [KG]	Doba letu - TRIP [°]						
1	15996	MSTOW	MSTOW	229						
2	13264	71614	61808	229						
3	16261	MSTOW	MSTOW	65						
4	5779	MSTOW	61808	64						
5	4596	MSTOW	MSTOW	190						
6	3813	MSTOW	61808	190						
Vlastnosti letu										
Palivo										
Č. letu [1]	Zbývající palivo - předchozí let [KG]	ADDITIONAL fue [KG]	Přibývek paliva [KG]	Palivo k doplnění [KG]	FOB [KG]	Využití paliva [KG]	MAX. FUELTANKING [KG]			
1	4510	0	-11274	11274	15784	10571	354			
2	5215	0	-9907	9907	15120	10503	0			
3	4617	903	-4278	4278	8895	3203	0			
4	5692	0	1	0	5691	2745	0			
5	2946	0	-6892	6892	9838	5221	8335			
6	4617	0	-4500	4500	9117	5077	8299			

Obrázek 22: Vygenerované vlastnosti řady letů pro druh provozu hub typu B738.

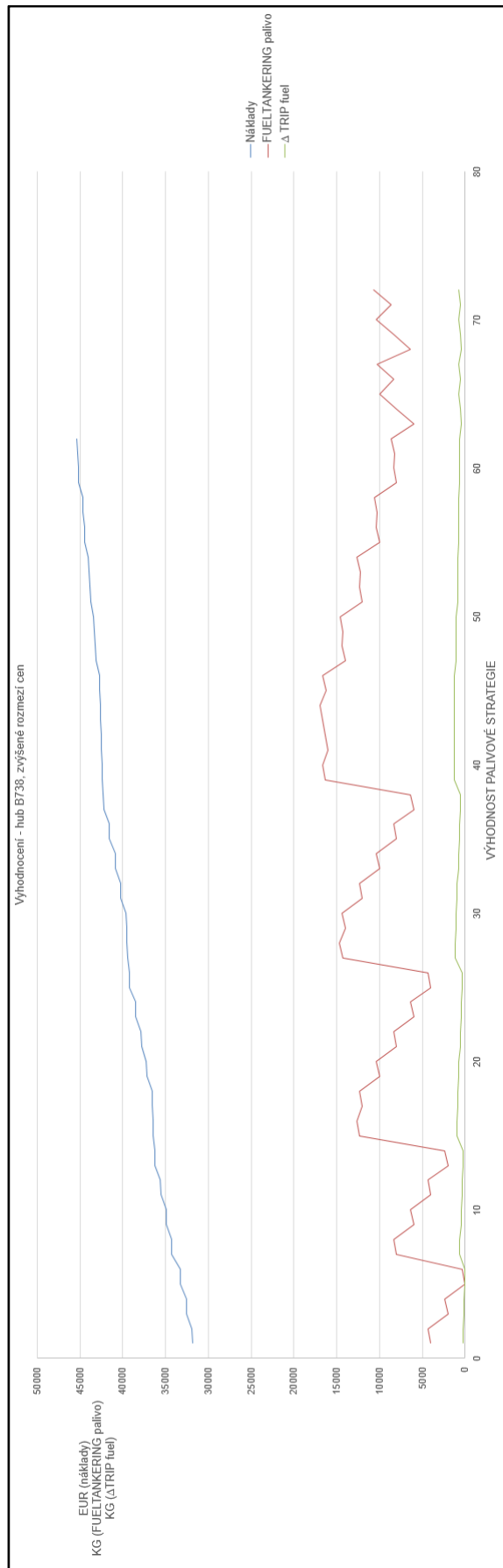
Zdroj: autor.



Graf 3: Vyhodnocení druhu provozu hub, typ B738, základní rozmezí cen. Zdroj: autor.

Č. letu [1]	Vlastnosti letiště			Vlastnosti paliva - DEP			Vlastnosti paliva - DEST			Rozdíl cen DEP - základní cena [EUR]
	Cena [EUR*KG ⁻¹]	Penalizace - malé příněti [EUR]	Dostupnost	Cena [EUR*KG ⁻¹]	Penalizace - malé příněti [EUR]	Dostupnost	Cena [EUR*KG ⁻¹]	Penalizace - malé příněti [EUR]	Dostupnost	
1	0,861	0,0	ANO	0,813	0	ANO	0,861	0	ANO	-0,018
2	0,813	0,0	ANO	0,861	0	ANO	0,861	0	ANO	-0,066
3	0,861	0,0	ANO	1,329	0	ANO	1,229	0	NE	-0,018
4	1,329	0,0	NE	0,879	0	ANO	0,879	0	ANO	0,450
5	0,879	0,0	ANO	1,275	0	ANO	1,275	0	ANO	0,000
6	1,275	0,0	ANO	0,861	0	ANO	0,861	0	ANO	0,396

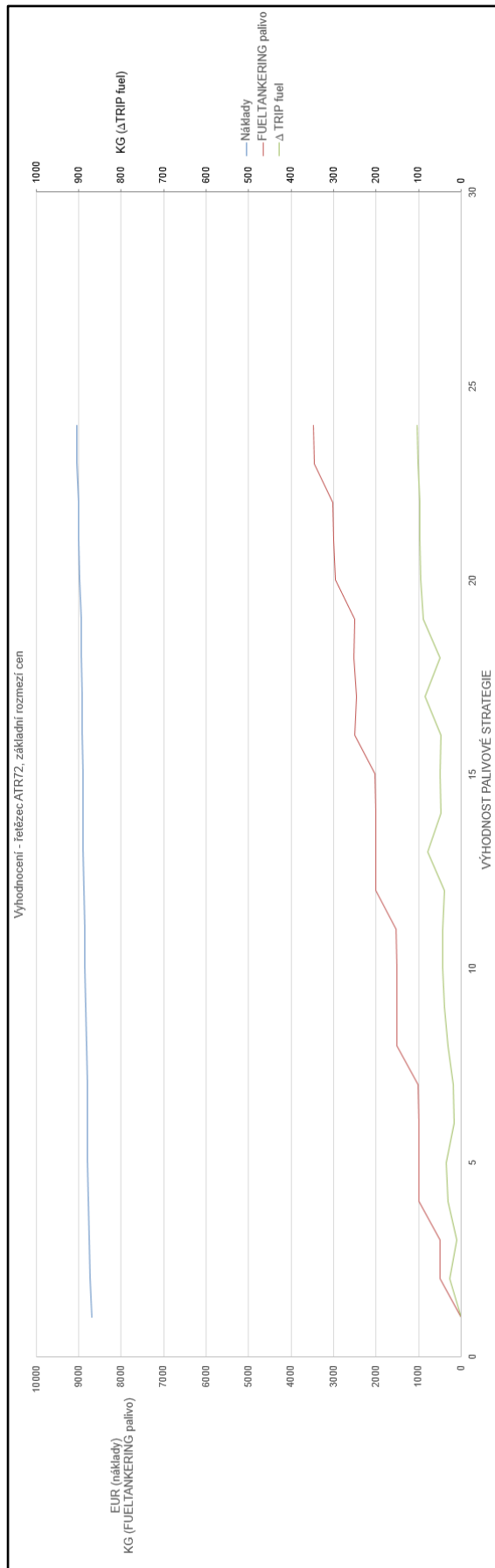
Obrázek 23: Tabulka zvýšeného rozmezí cen druhu provozu hub typu B738. Zdroj: autor.



Graf 4: Vyhodnocení druhu provozu hub, typ B738, zvýšené rozmezí cen. Zdroj: autor.

Vlastnosti letiště											
Pobohové a plánovací vlastnosti:											
ATR72 řetězec	DEP [s]	DEST [s]	TRIP DIST [s]	TRIP WPT	ALTN [s]	ALTN DIST [s]	ALTN WPT				
1	8	81	1083	LOTSU	92	141	ALTN WPT				
2	81	60	949	LOTSU	68	224	WPT32AL				
3	60	63	707	LOTSU	85	283	WPT32AL				
4	63	77	412	LOTSU	87	100	WPT34AL				
5	77	55	283	LOTSU	53	200	WPT35AL				
6	55	8	583	LOTSU	20	224	WPT36BL				
Vlastnosti letiště											
Pobohové a plánovací vlastnosti:											
Č. letu [s]	DEP URANOS [s]	DEST URANOS [s]	ALTN URANOS [s]	Δ zeměpisné délky [°]	ALTN zeměpisná délka [°]	ALTN zeměpisné stupně [°]	ALTN zeměpisné minuty [']				
1	1	79	314L	2,36	20,07	20	4				
2	1	40	324L	3,73	19,54	19	33				
3	1	18	334L	4,71	16,50	16	30				
4	1	15	344L	1,67	8,54	8	33				
5	1	23	354L	3,33	8,05	8	3				
6	1	36	368L	3,73	13,45	13	27				
Vlastnosti letiště											
Vlastnosti paliva - DEP											
Č. letu [s]	Cena [EUR*KG-1]	Penalizace - malé přetížení [EUR]	Dostupnost	Cena [EUR*KG-1]	Penalizace - malé přetížení [EUR]	Dostupnost	Rozdílní cen DEP - aktivní cena [EUR]				
1	0,918	0,0	ANO	0,899	0,0	ANO	0,039				
2	0,839	0,0	ANO	0,966	0,0	ANO	-0,040				
3	0,965	0,0	ANO	0,901	0,0	ANO	0,087				
4	0,901	0,0	ANO	0,852	0,0	ANO	0,022				
5	0,852	0,0	ANO	0,831	0,0	NE	-0,027				
6	0,831	0,0	NE	0,918	0,0	ANO	-0,048				
Vlastnosti letu											
Hmotnosti omezení:											
Č. letu [s]	Partiční náklad [KG]	T/O - DEP [KG]	LDG - DEST [KG]	Doba letu - TRIP [']							
1	1489	MSTOW	MSLW	244							
2	4072	MSTOW	18578	225							
3	5379	MSTOW	MSLW	171							
4	489	20885	MSLW	97							
5	585	MSTOW	MSLW	70							
6	5686	MSTOW	MSLW	142							
Vlastnosti letu											
Palivo											
Č. letu [s]	Zbýv. palivo - předchozí let [KG]	ADDITIONAL fuel [KG]	Předvýřek paliva [KG]	Palivo k doplnění [KG]	FOB [KG]	Využitý palivo [KG]	MAX. FUELTANKERNG [KG]				
1	813	0	-2399,00	2399	3212	2476	1020				
2	736	0	-2483	2483	3219	2280	0				
3	929	0	-1890	1890	2819	1754	0				
4	1065	0	-455	455	1520	939	2458				
5	581	-1618	-2540	2540	3121	731	0				
6	2390	0	0	0	2390	1467	0				

Obrázek 24: Vygenerované vlastnosti řady letů pro druh provozu řetězec typu ATR72.
Zdroj: autor.

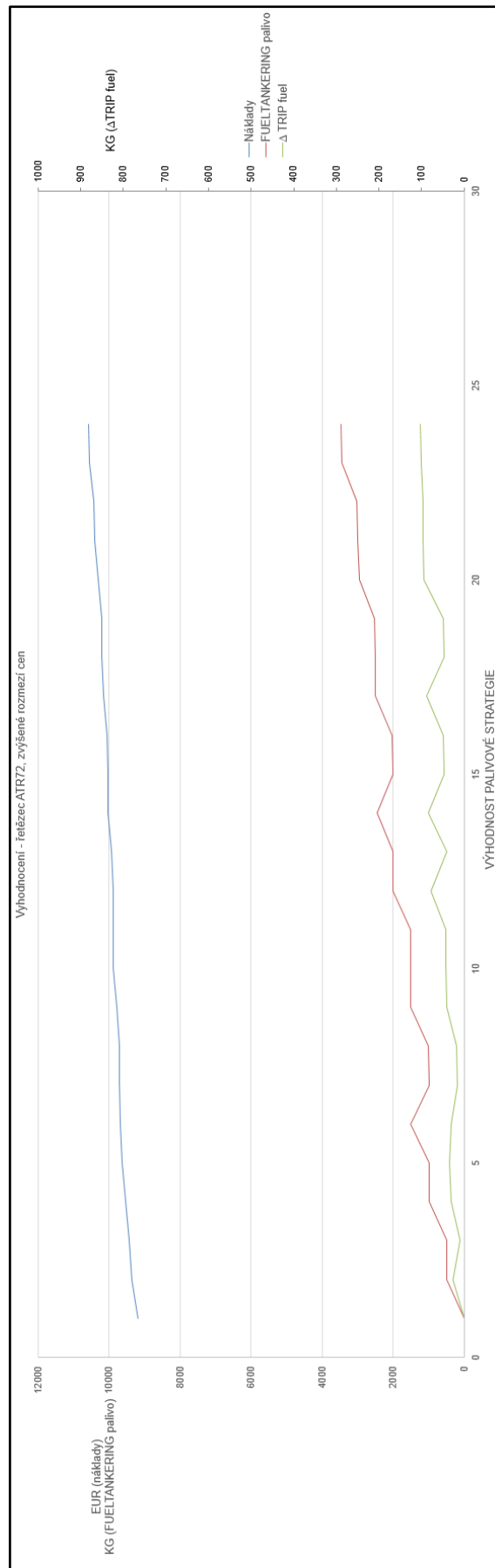


Graf 5: Vyhodnocení druhu provozu řetězec, typ ATR72, základní rozmezí cen. Zdroj: autor.

Č. letu [1]	Vlastnosti letiště			Vlastnosti letiště			Vlastnosti letiště			
	Cena [EUR*KG ⁻¹]	Vlastnosti paliva - DEP Penalizace - májé plnění [EUR]	Dostupnost	Cena [EUR*KG ⁻¹]	Vlastnosti paliva - DEST Penalizace - májé plnění [EUR]	Dostupnost	Cena [EUR*KG ⁻¹]	Vlastnosti paliva - DEP Penalizace - májé plnění [EUR]	Dostupnost	Rozdíl cen DEP - základní cena [EUR]
1	1,113	0	ANO	0,639	0	ANO	0,639	0	ANO	0,234
2	0,639	0	ANO	1,401	0	ANO	1,401	0	ANO	-0,240
3	1,401	0	ANO	1,011	0	ANO	1,011	0	ANO	0,522
4	1,011	0	ANO	0,717	0	ANO	0,717	0	ANO	0,132
5	0,717	0	ANO	0,591	0	ANO	0,591	0	NE	-0,162
6	0,591	0	NE	1,113	0	ANO	1,113	0	ANO	-0,288

Obrázek 25: Tabulka zvýšeného rozmezí cen druhu provozu řetězec typu ATR72.

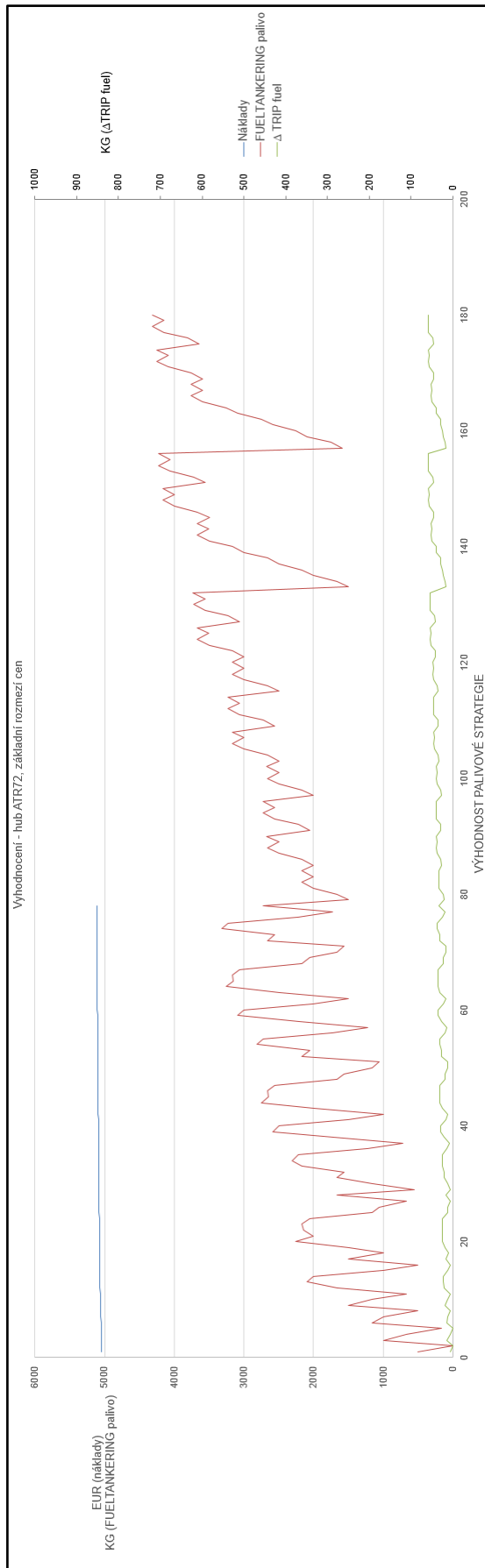
Zdroj: autor.



Graf 6: Vyhodnocení druhu provozu řetězec, typ ATR72, zvýšené rozmezí cen. Zdroj: autor.

Vlastnosti letiště											
Pohybové a páhňovací vlastnosti											
ATR72 Hub	DEP [1]	DEST [1]	TRIP DIST [1]	TRIP WPT	ALTN [1]	ALTN DIST [1]	ALTN WPT				
1	63	45	283	LOTSU	35	100	WPT41AL				
2	45	63	283	LOTSU	85	283	WPT42AL				
3	63	13	500	LOTSU	32	224	WPT43AL				
4	13	63	500	LOTSU	73	100	WPT44AL				
5	63	34	316	LOTSU	54	200	WPT45AL				
6	34	63	316	LOTSU	75	224	WPT46AL				
Vlastnosti letiště											
Pohybové a páhňovací vlastnosti											
Č. letu [1]	DEP URANOS [1]	DEST URANOS [1]	ALTN URANOS [1]	ALTN zeměpisná délka [°]	ALTN zeměpisná šířka [°]	ALTN zeměpisné stupně [°]	ALTN zeměpisné minuty [']				
1	1	23	41AL	1,67	6,38	6	23				
2	1	23	42AL	4,71	9,43	9	26				
3	1	43AL	43AL	3,73	12,06	12	4				
4	1	44AL	44AL	1,67	10,00	10	0				
5	1	45AL	45AL	3,33	8,60	8	36				
6	1	46AL	46AL	3,73	9,00	9	0				
Vlastnosti letiště											
Vlastnosti paliva - DEP											
Č. letu [1]	Cena [EUR*KG-1]	Penalizace - malé přetížení [EUR]	Dostupnost	Cena [EUR*KG-1]	Penalizace - malé přetížení [EUR]	Dostupnost	rotiči cen DEP - základní cena [EUR]				
1	0,895	0,0	ANO	0,924	0,0	ANO	0,016				
2	0,924	0,0	ANO	0,895	0,0	ANO	0,045				
3	0,895	0,0	ANO	0,895	0,0	ANO	0,016				
4	0,895	0,0	ANO	0,895	0,0	ANO	0,016				
5	0,895	0,0	ANO	0,861	0,0	NE	0,016				
6	0,861	0,0	NE	0,895	0,0	ANO	-0,018				
Vlastnosti letu											
Hmotnostní omezení											
Č. letu [1]	Prátč nábřad [KG]	T/O - DEP [KG]	LDG - DEST [KG]	Doba letu - TRIP [']							
1	459	21904	MSLW	71							
2	5431	MSTOW	MSLW	72							
3	2610	21904	MSLW	118							
4	5768	MSTOW	MSLW	122							
5	2331	21904	19060	78							
6	2807	MSTOW	MSLW	77							
Vlastnosti letu											
Palivo											
Č. letu [1]	Zbylé palivo - předchozí let [KG]	ADDITIONAL fuel [KG]	Přebytek paliva [KG]	Palivo k doopnění [KG]	FOB [KG]	Využitě palivo [KG]	MAX. FUELTANKING [KG]				
1	854	0	-499	499	1355	790	1588				
2	603	0	-1184	1184	1787	765	960				
3	1022	0	-1034	1034	2056	1221	2002				
4	835	0	-1079	1079	1914	1268	1466				
5	646	853	-1804	1804	2450	812	0				
6	1638	0	0	0	1638	807	0				

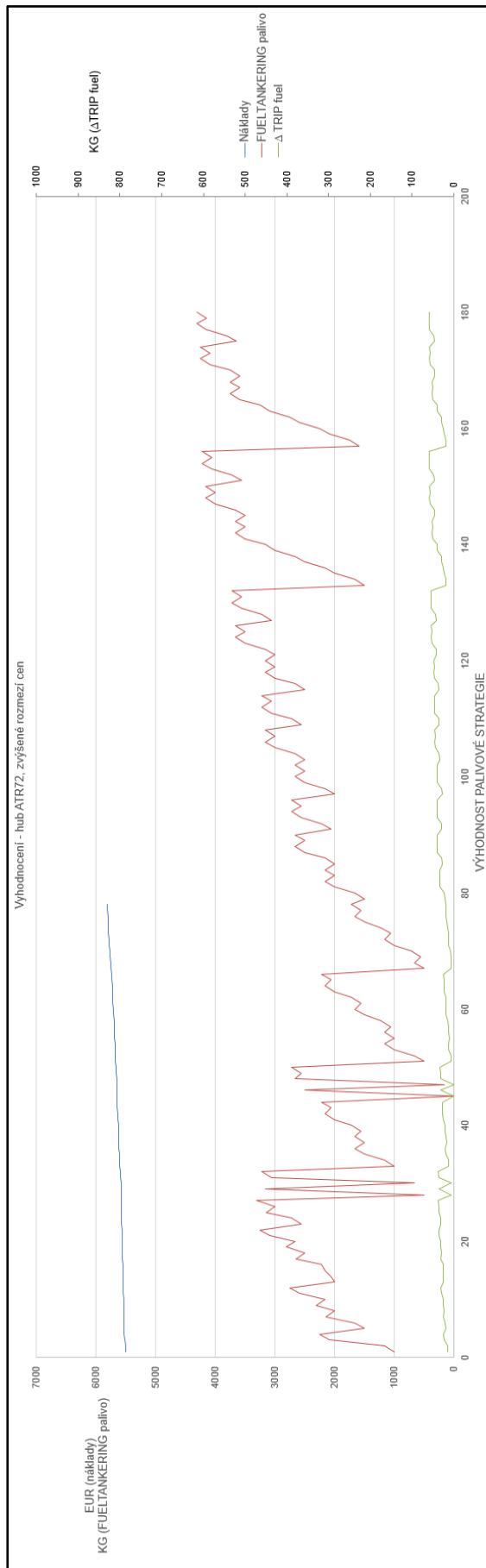
Obrázek 26: Vygenerované vlastnosti řady letů pro druh provozu hub typu ATR72.
Zdroj: autor.



Graf 7: Vyhodnocení druhu provozu hub, typ ATR72, základní rozmezí cen. Zdroj: autor.

Č. letu [3]	Vlastnosti paliva - DEP			Vlastnosti paliva - DEST			Rozdíl cen DEP - základní cena [EUR]
	Cena [EUR*KG ⁻¹]	Penalizace - malé plnění [EUR]	Dostupnost	Cena [EUR*KG ⁻¹]	Penalizace - malé plnění [EUR]	Dostupnost	
1	0,975	0	ANO	1,149	0	ANO	0,096
2	1,149	0	ANO	0,975	0	ANO	0,270
3	0,975	0	ANO	0,963	0	ANO	0,095
4	0,963	0	ANO	0,975	0	ANO	0,084
5	0,975	0	ANO	0,771	0	NE	0,096
6	0,771	0	NE	0,975	0	ANO	-0,108

Obrázek 27: Tabulka zvýšeného rozmezí cen druhu provozu hub typu ATR72. Zdroj: autor.



Graf 8: Vyhodnocení druhu provozu hub, typ ATR72, zvýšené rozmezí cen. Zdroj: autor.

Vlastnosti letiště											
Pobohové a přírůvcí vlastnosti											
Č. letu [1]	DEP [1]	DEST [1]	TRIP DIST [1]	TRIP WPT	ALTN [1]	ALTN DIST [1]	ALTN WPT				
1	34	100	849	LOTSU	79	224	WFTS1AL				
2	100	60	400	LOTSU	79	224	WFTS2AL				
3	60	36	447	LOTSU	27	141	WFTS3AL				
4	224	36	224	LOTSU	4	200	WFTS4AL				
5	24	42	283	LOTSU	43	100	WFTS5AL				
6	42	34	224	LOTSU	13	224	WFTS6AL				

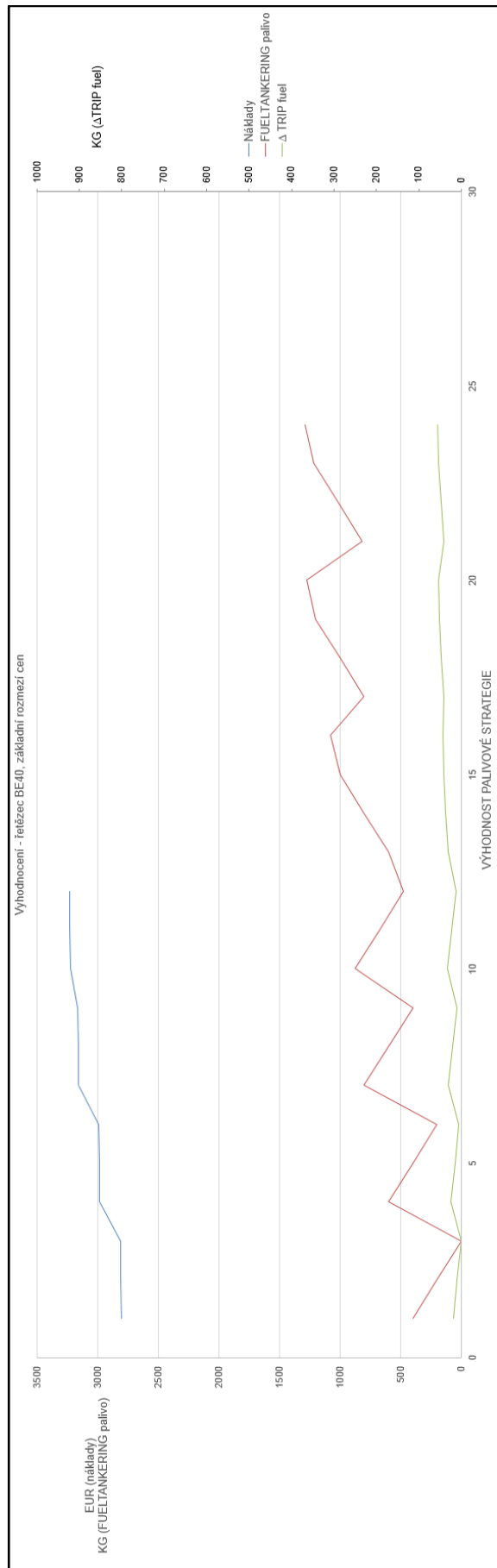
Vlastnosti letiště											
Pobohové a přírůvcí vlastnosti											
Č. letu [1]	DEP URANOS [1]	DEST URANOS [1]	ALTN URANOS [1]	Δ zeměpisné délky [°]	ALTN zeměpisné délky [°]	ALTN zeměpisné stupně [°]	ALTN zeměpisné minuty ["]				
1	51AL	67	51AL	3,73	17,87	17	53				
2	5	5	52AL	3,73	10,39	10	24				
3	15	15	53AL	2,36	9,81	9	48				
4	13	13	54AL	3,33	7,06	7	4				
5	23	23	55AL	1,67	6,38	6	23				
6	13	13	56AL	3,73	7,45	7	28				

Vlastnosti letiště											
Vlastnosti paliva - DEP											
Č. letu [1]	Cena [EUR*KG-1]	Penalizace - malé přetížení [EUR]	Dostupnost	Cena [EUR*KG-1]	Penalizace - malé přetížení [EUR]	Vlastnosti paliva - DEST	Dostupnost	Rozdíl cen DEP - základní cena [EUR]			
1	0,885	0,0	ANO	0,860	0,0		ANO	0,006			
2	0,860	0,0	ANO	0,833	0,0		ANO	-0,019			
3	0,833	0,0	ANO	0,859	0,0		ANO	0,054			
4	0,859	0,0	ANO	0,872	0,0		NE	-0,020			
5	0,872	0,0	NE	0,795	0,0		ANO	-0,007			
6	0,795	0,0	ANO	0,885	0,0		ANO	-0,084			

Vlastnosti letu											
Hmotnosti/omezení											
Č. letu [1]	Přetížení [KG]	T/O - DEP [KG]	LOG - DEST [KG]	Doba letu - TRIP ["]							
1	327	6782	MSLW	130							
2	216	MSTOW	MSLW	64							
3	715	6844	MSLW	71							
4	784	MSTOW	MSLW	38							
5	601	MSTOW	6424	47							
6	717	MSTOW	6999	38							

Vlastnosti letu											
Palivo											
Č. letu [1]	Zbývá palivo - předchozí let [KG]	ADDITIONAL fuel [KG]	Přibyté palivo [KG]	Palivo k doplnění [KG]	FOS [KG]	využití palivo [KG]	MAX. FUELTANKING [KG]				
1	500	0	-919	919	1419	905	0				
2	514	0	-497	497	1011	516	815				
3	495	0	-520	520	1015	583	0				
4	432	282	-774	774	1206	388	0				
5	808	0	0	0	808	430	0				
6	378	0	-528	528	905	389	475				

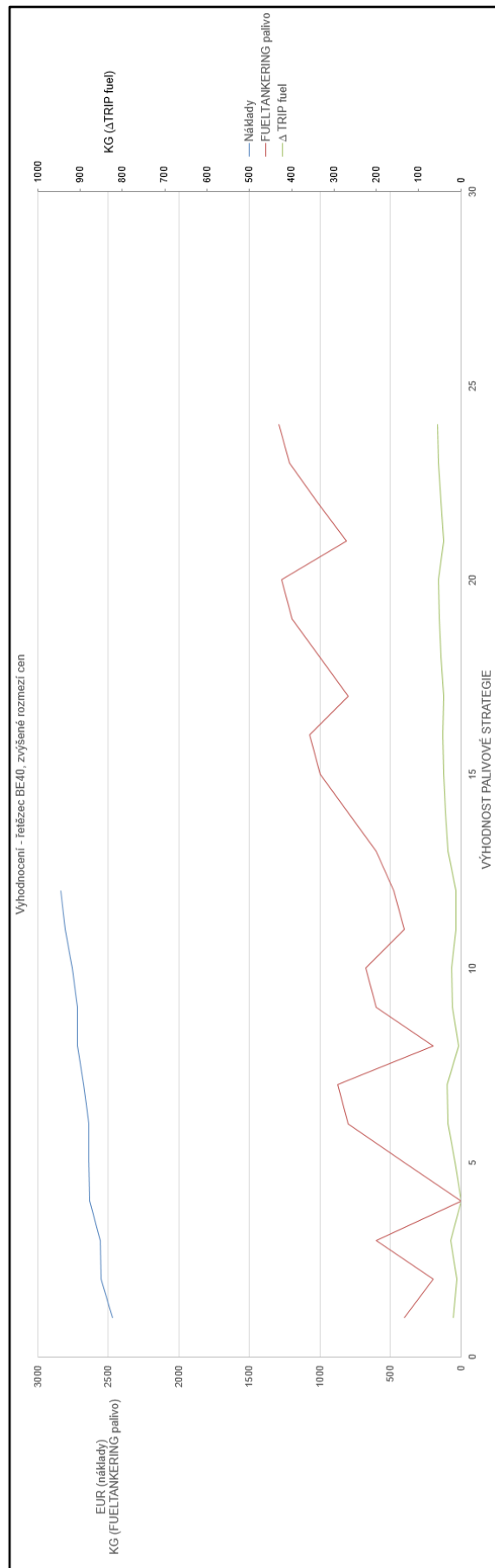
Obrázek 28: Vygenerované vlastnosti řady letů pro druh provozu řetězec typu BE40.
Zdroj: autor.



Graf 9: Vyhodnocení druhu provozu řetězec, typ BE40, základní rozmezí cen. Zdroj: autor.

Č. letu [1]	Vlastnosti letiště			Vlastnosti paliva - DEP			Vlastnosti paliva - DEST			Rozdílná cena DEP - zřídání/cena [EUR]
	Cena [EUR*KG ⁻¹]	Penalizace - malé plnění [EUR]	Dostupnost	Cena [EUR*KG ⁻¹]	Penalizace - malé plnění [EUR]	Dostupnost	Cena [EUR*KG ⁻¹]	Penalizace - malé plnění [EUR]	Dostupnost	
1	0,915	0	ANO	0,765	0	ANO	0,765	0	ANO	0,036
2	0,765	0	ANO	1,203	0	ANO	1,203	0	ANO	-0,114
3	1,203	0	ANO	0,759	0	ANO	0,759	0	ANO	0,324
4	0,759	0	ANO	0,837	0	ANO	0,837	0	NE	-0,120
5	0,837	0	NE	0,375	0	NE	0,375	0	ANO	-0,042
6	0,375	0	ANO	0,915	0	ANO	0,915	0	ANO	-0,504

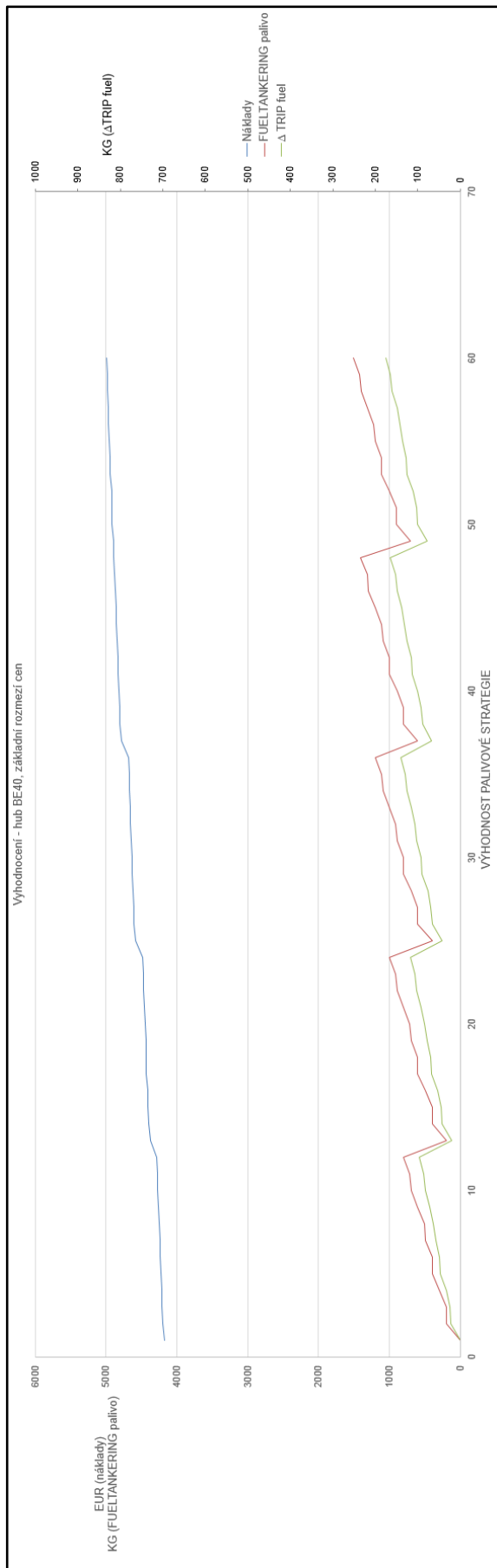
Obrázek 29: Tabulka zvýšeného rozmezí cen druhu provozu řetězec typu BE40. Zdroj: autor.



Graf 10: Vyhodnocení druhu provozu řetězec, typ BE40, zvýšené rozmezí cen. Zdroj: autor.

BE40		Vlastnosti letiště									
Hub		Pohybové a plánovací vlastnosti									
Č. letu [i]	DEP [i]	DEST [i]	TRIP DIST [i]	TRIP WPT	ALTN [i]	ALTN DIST [i]	ALTN WPT	ALTN WPT			
1	13	67	640	LOTSU	59	224	WPT61AL	WPT61AL			
2	67	141	640	LOTSU	24	141	WPT62BL	WPT62BL			
3	13	70	860	LOTSU	60	100	WPT63AL	WPT63AL			
4	70	13	860	LOTSU	11	200	WPT64AL	WPT64AL			
5	13	50	762	LOTSU	69	224	WPT65AL	WPT65AL			
6	50	13	762	LOTSU	14	100	WPT66AL	WPT66AL			
Č. letu [i]		DEP URANOS [i]	DEST URANOS [i]	ALTN URANOS [i]	ALTN zeměpisná délka [°]	ALTN zeměpisná šířka [°]	ALTN zeměpisné stupně [°]	ALTN zeměpisné minuty [°]			
1	1	46	61AL	3,73	14,40	14	24				
2	1	46	62BL	2,36	13,03	13	1				
3	1	58	63AL	1,67	16,00	16	0				
4	1	58	64AL	3,33	17,67	17	40				
5	1	38	65AL	3,73	16,42	16	26				
6	1	38	66AL	1,67	14,36	14	22				
Č. letu [i]		Cena [EUR*KG-1]	Penalizace - malé přímění [EUR]	Dotupnost	Cena [EUR*KG-1]	Penalizace - malé přímění [EUR]	Dotupnost	Rozdílná DEP - základní cena [EUR]			
1	1	0,857	0,0	ANO	0,857	0,0	NE	-0,022			
2	2	0,869	0,0	NE	0,857	0,0	ANO	-0,010			
3	3	0,857	0,0	ANO	0,870	0,0	ANO	-0,022			
4	4	0,870	0,0	ANO	0,857	0,0	ANO	-0,009			
5	5	0,857	0,0	ANO	0,856	0,0	ANO	-0,022			
6	6	0,856	0,0	ANO	0,857	0,0	ANO	-0,023			
Č. letu [i]		Patčí náklad [KG]	T/O - DEP [KG]	LOG - DEST [KG]	Doba letu - TRIP [i]						
1	1	241	7118	MSLW	100						
2	2	9	6779	MSLW	99						
3	3	595	7118	MSLW	132						
4	4	175	7365	MSLW	131						
5	5	242	7118	MSLW	117						
6	6	133	MSTOW	MSLW	116						
Č. letu [i]		Zbýv. palivo - předčoč [KG]	ADDITIONAL FUEL [KG]	Přebýv. palivo [KG]	Palivo k doplnění [KG]	FOB [KG]	Vyčít. palivo [KG]	MAX. FUEL/TANKING [KG]			
1	1	432	586	-1468	1468	1900	785	0			
2	2	1115	0	-1	1	1116	708	0			
3	3	408	0	-916	916	1324	932	0			
4	4	392	0	-990	990	1382	894	511			
5	5	488	0	-835	835	1323	817	295			
6	6	506	0	-653	653	1159	791	708			

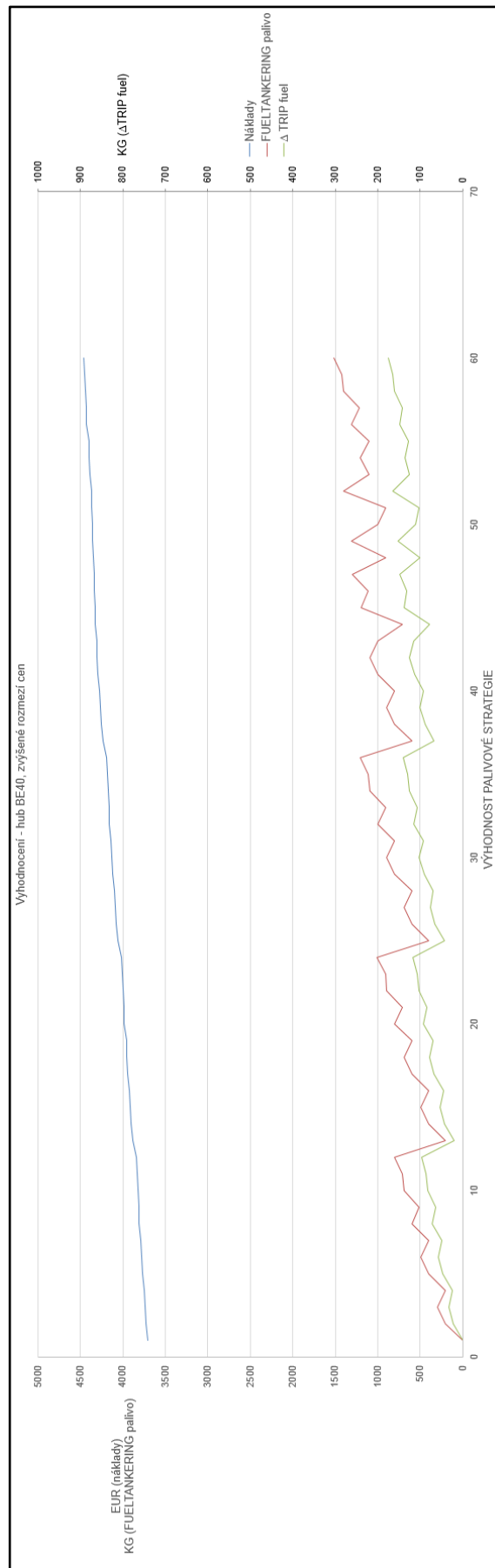
Obrázek 30: Vygenerované vlastnosti řady letů pro druh provozu hub typu BE40.
Zdroj: autor.



Graf 11: Vyhodnocení druhu provozu hub, typ BE40, základní rozmezí cen. Zdroj: autor.

Č. letu [1]	Vlastnosti letiště				Vlastnosti paliva - DEP				Vlastnosti paliva - DEST			
	Cena [EUR*kgA-1]	Penalizace - malé množství [EUR]	Dostupnost	Cena [EUR*kgA-1]	Penalizace - malé množství [EUR]	Dostupnost	Cena [EUR*kgA-1]	Penalizace - malé množství [EUR]	Dostupnost	Rozdíl cen DEP - základní cena [EUR]		
1	0,747	0	ANO	0,819	0	NE	0,747	0	ANO	-0,132		
2	0,819	0	NE	0,747	0	ANO	0,825	0	ANO	-0,060		
3	0,747	0	ANO	0,825	0	ANO	0,747	0	ANO	-0,132		
4	0,825	0	ANO	0,747	0	ANO	0,741	0	ANO	-0,054		
5	0,747	0	ANO	0,741	0	ANO	0,747	0	ANO	-0,132		
6	0,741	0	ANO	0,747	0	ANO	0,747	0	ANO	-0,138		

Obrázek 31: Tabulka zvýšeného rozmezí cen druhu provozu hub typu BE40. Zdroj: autor.



Graf 12: Vyhodnocení druhu provozu hub, typ BE40, zvýšené rozmezí cen. Zdroj: autor.