



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Bc. Markéta Kafková
**HYDRANTOVÝ ROZVODNÝ SYSTÉM
PRO PLNĚNÍ LETOUNU**

Diplomová práce

2017



K621..... Ústav letecké dopravy

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Markéta Kafková

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

N 3710 – PL – Provoz a řízení letecké dopravy

Název tématu (česky): **Hydrantový rozvodný systém pro plnění letounu**

Název tématu (anglicky): Hydrant Distribution System of Aircraft Fuelling

Zásady pro vypracování

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

- Analýza právních předpisů týkajících se plnění paliva do letadel
- Způsoby plnění LPH dle typu A/C, bezpečnostní zásady manipulace s LP
- Analýza současného stavu na LKPR - manipulace s LPH, doprava, skladování, distribuce
- Hydrantový rozvodný systém - popis systému, porovnání plnění pomocí cisternových vozů a hydrantového systému, výhody a nevýhody
- Náměty plynoucí z výsledků práce - návrh řešení plnění paliva do letadel na LKPR

- Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího diplomové práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Ministerstvo dopravy ČR, Úřad pro civilní letectví:
Letecký předpis L14 Letiště.
The Joint Inspection Group: Aviation Fuel Quality Control and Operating Standards.
European Aviation Safety Agency: Certification Specifications and Guidance Material for Aerodromes Design.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Radomír Havíř, Ph.D.**
doc. Ing. Stanislav Szabo, PhD. MBA

Datum zadání diplomové práce: **30. června 2016**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce: **30. května 2017**
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 diplomové práce.



Bc. Markéta Kafková
jméno a podpis studenta

V Praze dne 30. června 2016

Poděkování

Ráda bych poděkovala všem, kteří mi poskytli informace a podklady k vypracování diplomové práce. Zvláště děkuji panu Ing. Radomíru Havířovi, Ph.D. za odborný, precizní a vstřícný přístup a cenné připomínky. Poděkování patří také supervizorovi panu doc. Ing. Stanislavu Szabovi, Ph.D., MBA, dr. h. c., který se ochotně ujal vedení mé práce. V neposlední řadě chci poděkovat své rodině za poskytnuté zázemí a veškerou podporu, které se mi dostávalo po celou dobu studia.

Prohlášení

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

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

Nemám závažný důvod proti užívání tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 30. května 2017



Markéta Kafková

HYDRANTOVÝ ROZVODNÝ SYSTÉM PRO PLNĚNÍ LETOUNU

diplomová práce

květen 2017

Bc. Markéta Kafková

ANOTACE

Diplomová práce „Hydrantový rozvodný systém pro plnění letounu“ mapuje způsoby plnění leteckých pohonných hmot do letadel a hodnotí výhody či nevýhody plnění hydrantovým rozvodným systémem oproti plnění autocisternami. V teoretické části se zabývá transportem, skladováním a distribucí leteckých pohonných hmot a souvisejícími předpisy. V praktické části analyzuje současný stav procesu plnění na letišti Praha/Ruzyně. Dále se zabývá vhodností implementace hydrantového rozvodného systému z hlediska ročního průtoku leteckého petroleje, provozní bezpečnosti a doby průletu letadla.

Klíčová slova: hydrantový rozvodný systém, plnění letadel, autocisterna, letecké pohonné hmoty, roční průtok leteckého petroleje, provozní bezpečnost, doba průletu

ANNOTATION

The master thesis "Hydrant Distribution System of Aircraft Fuelling" maps methods of aircraft refuelling and evaluates advantages and disadvantages of hydrant refuelling compared to refuelling by fuel trucks. The theoretical part of the work deals with a transport, storage and distribution of aviation fuel and related regulations. The practical part analyses the actual state of refuelling at Prague airport. It also deals with the suitability of implementing a fuel hydrant system in terms of annual fuel flow, level of safety and turnaround time.

Key words: hydrant distribution system, aircraft refuelling, fuel truck, aviation fuel, annual fuel uplift, safety, turnaround time

Obsah

Obsah.....	4
Seznam použitých zkratek	7
1 Úvod	8
2 Analýza souvisejících předpisů	10
2.1 Předpisy JIG	10
2.1.1 JIG 1.....	11
2.1.2 JIG 2.....	13
2.1.3 JIG 4.....	15
2.1.4 EI/JIG 1530	15
2.2 Předpisy Mezinárodní organizace pro civilní letectví.....	16
2.3 Technické specifikace.....	17
2.3.1 ASTM International	17
2.3.2 DS 91-91	17
3 Letecké pohonné hmoty.....	18
3.1 Požadavky na zabezpečení paliva	18
3.1.1 Kvalita paliva	18
3.1.2 Způsoby zajištění kvality paliva.....	20
3.1.3 Testování paliva	23
3.1.4 Dodávka paliva	25
3.1.5 Příjem paliva.....	28
3.1.6 Skladování paliva	28
3.2 Bezpečnost při manipulaci s pohonnými hmotami.....	28
3.2.1 Ekologická bezpečnost	28
3.2.2 Detekce úniku.....	30
3.2.3 Požární bezpečnost.....	32
4 Plnění letadel jako součást technického odbavení	33
4.1 Způsoby plnění LPH dle typu A/C	33

4.2	Způsoby plnění letadel dle typu distribuce	35
4.3	Pohyb mobilních plnicích prostředků a jejich rozvržení na stání.....	36
4.3.1	Pohyb mobilních plnicích prostředků po odbavovací ploše	36
4.3.2	Vjezd a výjezd mobilních plnicích prostředků do a z prostoru stání.....	36
4.3.3	Rozmístění mobilních plnicích prostředků na stání	37
4.3.4	Operace plnění	37
4.4	Plnění letadel s cestujícími na palubě	39
5	Hydrantový rozvodný systém	41
5.1.1	Údržba hydrantových systémů.....	44
5.1.2	Bezpečnostní opatření.....	45
5.2	Výhody a nevýhody hydrantového rozvodného systému	45
6	Analýza současného stavu na letišti Praha/Ruzyně	48
6.1	Předpisová základna	48
6.2	Systém pro zásobování leteckým palivem	48
6.2.1	Stáčiště se železniční vlečkou v Kněževsi	48
6.2.2	Centrální sklad LPH.....	49
6.2.3	Depo autocisteren	51
7	Posouzení vhodnosti zavedení hydrantového rozvodného systému na letišti Praha/Ruzyně.....	55
7.1	Velikost letiště.....	55
7.1.1	Sběr dat.....	56
7.1.2	Analýza výsledků výzkumu	59
7.1.3	Závěr výzkumu	61
7.2	Rozvoj letiště Praha/Ruzyně.....	61
7.2.1	Sběr dat.....	62
7.2.2	Vyhodnocení výzkumu.....	68
7.2.3	Závěr výzkumu	72
7.3	Úroveň bezpečnosti	72
7.3.1	Sběr dat.....	73

7.3.2	Analýza událostí autocisteren v prostoru stání.....	73
7.3.3	Analýza událostí autocisteren při pohybu po infrastruktuře	80
7.3.4	Vyhodnocení výsledků výzkumu	81
7.3.5	Bezpečnostní posouzení realizace doporučení.....	85
7.3.6	Závěr výzkumu	86
7.4	Doba průletu letadla.....	86
7.4.1	Sběr dat.....	87
7.4.2	Vyhodnocení výsledků výzkumu	89
7.4.3	Závěr výzkumu	91
7.5	Náměty plynoucí z výsledků diplomové práce.....	91
7.5.1	SWOT analýza hydrantového rozvodného systému na letišti Praha/Ruzyně ..	92
7.5.2	Omezení zbytečných zásahů do infrastruktury a snížení investičních nákladů	93
7.5.3	Snížení rizika nutnosti oprav a likvidace ropné havárie.....	98
8	Závěr	100
9	Bibliografie.....	103
10	Seznam obrázků	108
11	Seznam grafů.....	110
12	Seznam tabulek	112
13	Seznam rovnic	113
14	Seznam příloh	114

Seznam použitých zkratk

A/C	Aircraft	Letadlo
ACI	Airports Council International	Mezinárodní rada letišť
ACLPH		Autocisterna leteckých pohonných hmot
AFQRJOS	Aviation Fuel Quality Requirements for Jointly Operated Systems	
API	American Petroleum Institute	Americký ropný institut
APU	Auxiliary Power Unit	Pomocná energetická jednotka
ATIS	Automatic Terminal Information Service	Automatická informační služba v koncové řízené oblasti
CAGR	Compound Annual Growth Rate	Složená roční míra růstu
cbm	Cubic Metre	Metr krychlový
ČNB		Česká národní banka
ESB	Emergency Stop Button	Nouzové tlačítko pro zastavení
FMS	Fuel Management System	
FpRf	Fuel per Refuelling	Průměrný objem paliva jednoho plnění
FUI	Fuel Uplift	Průtok paliva
GPU	Ground Power Unit	Pozemní náhradní zdroj elektrické energie
HSE	Healthy Safety Environmental	Zdraví, bezpečnost a prostředí
HSSE	Health, Safety, Security and Environmental	Zdraví, bezpečnost a prostředí
IATA	International Air Transport Association	Mezinárodní asociace leteckých dopravců
ICAO	International Civil Aviation Organisation	Mezinárodní organizace pro civilní letectví
JIG	Joint Inspection Group	Společná inspekční skupina
KSP		Řízení kvality, safety a procesů
L	Left	Levý
LP		Letiště Praha, a.s.
LPH		Letecké pohonné hmoty
MaR		Měření a regulace
MMP		Mobilní manipulační prostředek
MTOW	Maximum Take-Off Weight	Maximální vzletová hmotnost
Mvmt	Movements	Pohyby
OJ		Organizační jednotka
PAX	Passenger	Cestující
R	Right	Pravý
Rf	Refuelling	Plnění
SIR	Statistical Inventory Reconciliation	Statistické srovnání zásob

1 Úvod

Letecká doprava je nejmladším druhem přepravy osob i nákladu. Jedná se o rychle a moderně se rozvíjející obor. Podle dlouhodobých odhadů mezinárodních leteckých organizací by se měl objem letecké dopravy v následujících dvaceti letech oproti současnému stavu až zdvojnásobit. S touto narůstající poptávkou po letecké přepravě se rovněž zvyšují i nároky na kapacitu letišť. Letištní inženýři se musí při zvyšování kapacity infrastruktury zabývat mnoha aspekty. Jedním z nich je také proces plnění letadel leteckými pohonnými hmotami.

Zatímco v počátcích letecké dopravy bylo skladování paliva a plnění letadlových nádrží poměrně jednoduchou činností, dnes se jedná o jeden z nejsložitějších procesů obchodně technického odbavení letadla. Požadavky na množství a kvalitu paliva stále stoupají. Úkolem letiště je zabezpečit dostatečný objem zásoby paliva ve vysoké kvalitě a zajistit levnou a rychlou dodávku leteckých pohonných hmot do letadel při vysoké úrovni bezpečnosti. Vzhledem k charakteru činnosti a především z důvodu manipulace s ropným produktem je důležité zajistit dostatečnou ochranu životního prostředí.

Distribuci leteckých pohonných hmot z letištních skladů lze realizovat rozvozem pomocí autocisteren nebo dodávkou pomocí hydrantového rozvodného systému. Oba způsoby mají své výhody a nevýhody. Cílem mé diplomové práce je analyzovat rozdíly a posoudit, zda je vhodné realizovat hydrantový rozvodný systém na letišti Praha/Ruzyně.

Diplomovou práci jsem rozdělila na teoretickou a praktickou část. V teoretické části analyzuji předpisy a požadavky, které jsou základním stavebním kamenem celé problematiky. Mým cílem je zmapovat proces manipulace s leteckými pohonnými hmotami od jejich příjmu do letištních skladů až po samotný proces plnění. V praktické části diplomové práce analyzuji současný stav na letišti Praha/Ruzyně. Na základě tohoto rozboru identifikuji slabiny stávajícího systému a posoudím, zda by mělo zavedení hydrantového rozvodného systému pozitivní dopad na provoz letiště.

Téma „Hydrantový rozvodný systém pro plnění letounu“ jsem si vybrala z toho důvodu, že se zajímám o rozvoj největšího mezinárodního civilního letiště v České republice. Letiště Václava Havla Praha překonalo v roce 2016 hranici třinácti milionů odbavených cestujících za rok a očekává další nárůst přepravních výkonů. Současný stav umožňuje odbavení asi patnácti milionů cestujících ročně. Letiště zveřejnilo různé rozvojové projekty pro zvýšení své kapacity, dle mého názoru však není věnován dostatečný prostor problematice plnění letadel leteckými pohonnými hmotami. Jsem přesvědčená nejen o tom, že hydrantový rozvodný systém bude mít pozitivní vliv na úroveň provozní bezpečnosti a pomůže zkrátit dobu průletu

letadel, ale zároveň, že období realizace plánovaného stavebného rozvoje je vhodnou dobou pro jeho zavedení. Na základě tohoto předpokladu jsem stanovila následující hypotézy a způsoby jejich ověřování.

Hypotéza 1: Na letišťe s ročním průtokem leteckého petroleje vyšším než 500 milionů litrů je vhodné implementovat hydrantový rozvodný systém.

K potvrzení, nebo vyvrácení první hypotézy bude použito elektronické dotazování mezinárodních civilních letišť.

Hypotéza 2: Letiště Praha/Ruzyně dosáhne hraniční počet litrů průtoku leteckého petroleje za rok do roku 2030.

K ověření dané hypotézy bude realizována analýza historického vývoje přepravních ukazatelů a prognóza budoucího vývoje.

Hypotéza 3: Zavedení hydrantového rozvodného systému zvýší úroveň provozní bezpečnosti letišťe.

K potvrzení, nebo vyvrácení hypotézy bude analyzován vzorek událostí autocisteren na letišti Praha/Ruzyně.

Hypotéza 4: Zavedení hydrantového rozvodného systému zkrátí dobu průletu letadla.

K ověření hypotézy bude realizována analýza časů technického odbavení vybraného vzorku letadel.

2 Analýza souvisejících předpisů

Plnění letadel palivem můžeme definovat jako přesun leteckých pohonných hmot z velkoobjemových skladovacích systémů do palivových nádrží letadel pomocí cisterny, hydrantového vozidla, tažného servisního vozíku nebo palivového stojanu. Během tohoto procesu je manipulováno s velkým množstvím hořlavé látky a plnění letadel je proto činností s vysokým provozním a požárně bezpečnostním rizikem. Pro snížení nebezpečí ohrožení osob, majetku a životního prostředí podléhá průběh plnění i pohyb plnicích prostředků po odbavovací ploše a v samotném prostoru stání obecně závazným právním předpisům a dále vnitřním řídicím dokumentům jednotlivých provozovatelů. Rovněž existují předpisy zabezpečující kvalitu paliva a stanovující požadavky na palivovou infrastrukturu. Činností souvisejícím s manipulací s leteckými pohonnými hmotami je třeba věnovat zvýšenou pozornost a kontrolu, udržovat prostředky v odpovídajícím technickém stavu a zajistit dostatečnou kvalifikaci obsluhujícího personálu.

Předpisy obsahující standardy a doporučení související s daným tématem jsou vydávány mezinárodními i národními organizacemi civilního letectví. Nejvýznamnějším vládním vydavatelem je Mezinárodní organizace pro civilní letectví ICAO, mezi nevládní organizace patří například Mezinárodní sdružení leteckých dopravců IATA a Mezinárodní sdružení letišť ACI. Podrobněji danou problematiku zpracovávají organizace působící v oblasti energetiky a chemického průmyslu, které se věnují úpravě pravidel pro odvětví letecké dopravy jakožto významného odběratele ropných produktů. Manipulace s leteckými pohonnými hmotami se nejčastěji řídí podle předpisů vydávaných společnou inspekční skupinou JIG, ve Spojených státech potom americkým ropným institutem API.

2.1 Předpisy JIG

Vizí společné inspekční skupiny JIG je být vedoucím mezinárodně uznávaným fórem sdružujícím odborníky z celého odvětví s cílem vytvořit a posilovat normy pro bezpečnou manipulaci s leteckými pohonnými hmotami a jejich kontrolu. Ambicí skupiny JIG je, aby byly vydávané normy celosvětově uplatňovány a schváleny i uznávány všemi stranami se zájmem v odvětví. Standardy společné inspekční skupiny JIG jsou považovány za globální měřítko pro kontrolu kvality paliva a bezpečné plnění letadel. V současné době jsou aplikovány na asi sto osmdesát významných světových letišťích se sdílenými sklady a vybavením. Normy JIG se uplatňují rovněž na vlastní činnost členských společností na menších letišťích, kde nejsou zařízení sdílena, a jsou používány jako doporučení mnoha jinými provozovateli letišť. Na celém světě pracuje s JIG standardy na dva a půl tisíce pracovišť, tedy přibližně čtyřicet procent světového leteckého paliva je dodáváno prostřednictvím zařízení provozovaných podle JIG. [1]

Hlavním cílem společnosti JIG je zajistit vydáváním norem bezpečný a spolehlivý provoz a tyto normy průběžně aktualizovat s přihlédnutím k technologickému vývoji a vzhledem k nabytým zkušenostem.

Společná inspekční skupina vydala¹ následující standardy:

- ✘ JIG 1 - *Aviation Fuel Quality Control and Operating Standards for Into-Plane Fuelling Services*
- ✘ JIG 2 - *Aviation Fuel Quality Control and Operating Standards for Airport Depots and Hydrants*
- ✘ JIG 4 – *Aviation Fuel Quality Control and Operating Standards for Smaller Airports.*

Skupina JIG rovněž vyvinula systém každoroční revize všech zařízení kvalifikovanými inspektory. Tyto kontroly poskytují jistotu, že jsou veškerá zařízení provozována v souladu s normami JIG, a že kontroly jakosti leteckých pohonných hmot, revize zařízení a jejich údržba probíhají podle požadavků. [1]

Dokumenty JIG jsou určeny pro vedení členských společností skupiny JIG a společností přidružených ke členům skupiny JIG a Mezinárodního sdružení leteckých dopravců IATA. Přijetí standardů JIG nevylučuje použití jiných provozních standardů a postupů, či pravidel pro údržbu a kontrolu zařízení. Kterákoliv strana řídící se standardy JIG tak činí na vlastní odpovědnost. Společnosti, které provozují standardy JIG, musí přijmout celou normu. Podrobné postupy vycházející z daného standardu jsou zapracovány do provozní smlouvy systému, aby se staly formálně závazné. Ve všech příslušných provozních službách musí být také zahrnuta specifikace kvality paliva s odkazem na aktuální vydání požadavků AFQRJOS, nebo jiná schválená specifikace. [2] [3]

2.1.1 JIG 1

Primárním účelem dokumentu JIG 1 [2] je poskytnout soubor dohodnutých standardů, které společnost použije při přípravě podrobných interních postupů kontroly jakosti leteckých pohonných hmot a postupů manipulace s leteckým palivem během poskytování plnicích služeb na konkrétním místě. V textu jsou rozlišovány povinné požadavky, doporučení a osvědčené postupy a volitelné položky. Kapitoly dokumentu definují standardy pro navrhování a údržbu zásobovacích zařízení a pro přípravu provozních postupů a postupů kontroly kvality, které mají být aplikovány během poskytování plnicích služeb.

Požadavky na kontrolu kvality paliva popsané v kapitole 2 dokumentu stanovují, že v příslušných etapách během manipulace a skladování leteckých paliv mají být odebírány vzorky pro laboratorní a vizuální kontrolu. Palivo musí splnit požadavky příslušných

¹ Nejnovější vydání JIG 1 a JIG 2 je číslo 12, které bylo publikováno v lednu roku 2016. Nejnovější vydání JIG 4 je číslo 3, které bylo publikováno v únoru roku 2016.

specifikací a sleduje se, zda nedošlo ke kontaminaci nebo zhoršení kvality výrobku. Aby bylo možné kvalitu produktů zachovat, je nezbytné při navrhování letištních skladů a hydrantových zařízení dodržet určité základní postupy. Daná pravidla specifikuje kapitola 3 spolu s opatřeními pro splnění požadavků na bezpečnost a ochranu životního prostředí.

Plnicí zařízení musí být stále udržováno v dobrém stavu, aby byla zajištěna spolehlivá a bezpečná dodávka paliva. Údržba všech zařízení musí být plánována tak, aby práce na nich byla vykonána důsledně v souladu s pokyny výrobce. Postupy pro údržbu a zkoušky plnicích zařízení uvádí kapitola 4.

Kapitola 5 stanovuje konkrétní požadavky na kontrolu kvality paliva během procesů manipulace s leteckými pohonnými hmotami a plnění letadel. Do palivových systémů mohou být doručeny pouze třídy leteckého paliva (JET a Avgas). Dodávka motorového benzínu nebo motorové nafty do letadel je přísně zakázána. Všechna plnicí vozidla musí být určena pro jediný produkt, pro trvalou změnu třídy musí být dodrženy uvedené postupy. V závěru kapitoly jsou uvedeny postupy pro čerpání leteckých pohonných hmot do plnicích vozidel.

Činnosti plnění a odčerpávání leteckých pohonných hmot při technickém odbavení letadel jsou standardizovány podle obsáhlé kapitoly 6. Jsou uvedeny požadavky na obsluhující personál, pohyb plnicích vozidel, jejich parkování na stáních a označení hydrantových vývodů. Kapitola se podrobně věnuje procesu plnění, odčerpávání paliva z letadlových nádrží a stanovuje speciální požadavky, pokud tyto činnosti probíhají během nástupu či výstupu cestujících nebo jsou-li cestující na palubě. Další zvláštní postupy jsou stanoveny pro čerpání paliva, pokud je v provozu pomocná napájecí jednotka APU, pozemní jednotka GPU, jeden motor letadla je v chodu nebo je spuštěna klimatizace. Speciálním požadavkům podléhá také plnění letadel v hangáru nebo obdobné uzavřené budově. Během údržby podvozku je plnění letadel zakázáno. V případě, že je nouzové vypnutí hydrantového systému nefunkční, musí být stanoven alternativní postup pro jeho odstavení. Jakékoli poškození letadla způsobené během plnění letadla musí být neprodleně oznámeno zástupci letecké společnosti. Kapitola rovněž uvádí poznámky k plnění unesených letadel.

Výsledky všech kontrol a zkoušek se zaznamenají do dokumentace. Požadavky jsou uvedeny v kapitole 7. Doklady musí být snadno dostupné, aktuální a jsou uchovávány nejméně po dobu jednoho roku. Záznamy lze uchovávat v elektronické podobě, pokud je k dispozici bezpečné záložní úložiště.

Kapitola 8 se týká zdraví, provozní bezpečnosti, bezpečnosti proti protiprávním činům, životního prostředí, výcviku a nouzových postupů. Všechny provozní jednotky zabývající se leteckými pohonnými hmotami by měly zavést a udržovat systém řízení HSSE a aktivně

předcházet zranění, zdravotním poškozením personálu, negativním dopadům na životní prostředí a ohrožení bezpečnosti.

Konkrétní dokumentem stanovené požadavky jsou uvedeny v příslušných kapitolách této diplomové práce.

2.1.2 JIG 2

Hlavním účelem dokumentu JIG 2 [3] je poskytnout soubor dohodnutých norem, které společnost použije při přípravě podrobných interních postupů kontroly jakosti leteckých pohonných hmot a postupů manipulace s leteckým palivem pro společné letištní sklady a hydrantové systémy na konkrétním místě. V textu jsou rozlišovány povinné požadavky, doporučení a osvědčené postupy a volitelné položky. Kapitoly dokumentu definují standardy pro navrhování letištních depozitních a manipulačních systémů a pro přípravu provozních postupů a postupů kontroly kvality na těchto systémech.

Ve vhodných etapách během manipulace a skladování leteckých pohonných hmot musí být produkt kontrolován vizuálně a v laboratoři pro prokázání, že jsou splněny požadavky příslušné specifikace a nedošlo k jeho znečištění. Požadavky na kontrolu kvality paliva jsou uvedeny v kapitole 2.

Dodržování určitých základních postupů při navrhování skladovacích a hydrantových zařízení je nezbytné pro zajištění zachování kvality produktů a splnění požadavků na bezpečnost a ochranu životního prostředí. Kapitola 3 řeší z pohledu této problematiky designování zásobníků, potrubí, filtračních zařízení, hydrantových systémů a čerpadel. V závěru kapitoly jsou stanoveny požadavky na testovací zařízení pro plnicí vozy a pokyny pro minimalizaci rizika vznícení skladovacích nádrží nebo dávkovacích a manipulačních prostředků v důsledku emisí z elektromagnetických zařízení.

Kapitola 4 uvádí postupy pro příjem leteckých pohonných hmot do skladovacích nádrží. Palivo je na letišti přijímáno spolu s normovanou dokumentací a potřebnými certifikáty. Během převzetí produktu jsou vzorky paliva testovány. Standard uvádí postupy pro příjem paliva z potrubí vyhrazeného pro jeden produkt, multiproduktového potrubí, pro příjem z lodí a silničních nebo železničních cisteren.

Kapitola 5 specifikuje postupy kontroly kvality leteckých pohonných hmot konané po přijetí produktu do skladovacích nádrží, včetně určení doby usazování produktu a rozsahu testování vzorků.

Aby byla zajištěna uspokojivá kvalita leteckých pohonných hmot také během skladování, stanovuje kapitola 6 povinné pravidelné kontroly. Denně je letecké palivo testováno

na přítomnost vody a sedimentů. Správné fungování plovoucích sacích ramen v nádržích je třeba kontrolovat jednou měsíčně. Pravidelným kontrolám podléhají také odzdušňovací ventily, tlakové a podtlakové ventily nebo poplašné systémy. Jednou ročně jsou palivové nádrže kontrolovány vizuálně zvnějšku a je posuzována jejich čistota. Vnitřní kontrola nádrží a případné čištění se provádí dvanáct měsíců po uvedení do provozu a dále v normou stanovených intervalech.

Produkt musí být uvolňován ze skladovacích nádrží do plnicích vozidel nebo hydrantového systému podle požadavků uvedených v kapitole 7. Musí být zajištěna přiměřená ochranná opatření proti úniku paliva. Obsluha musí zůstat přítomna po celou dobu operace a mít okamžitý přístup k prostředku pro rychlé zastavení toku paliva. Mělo by být instalováno bezpečnostní zařízení typu *dead man*. Plnicí prostředky musí být vybaveny zařízením proti přeplnění. Před odběrem vzorků pro vizuální kontrolu je třeba nechat produkt po dokončení nakládky usadit nejméně deset minut.

Kapitola 8 uvádí požadavky na kontroly stavu a údržbu hydrantového systému. Provádí se rutinní proplach těch částí potrubního systému, kde se může kumulovat voda a další kontaminanty. Nejméně jednou týdně se kontroluje povrch hydrantových šachet a vnitřních komponentů a pravidelně probíhá přiměřené čištění. V předepsaných intervalech se testuje funkčnost klíčových prvků systému. Rovněž jsou specifikovány požadavky na zařízení používaná pro údržbu. Kapitola 8 se dále věnuje bezpečnostním opatřením, tedy stanovuje požadavky na tlačítka nouzového odstavení a tlakové testování těsnosti systému.

Výsledky všech kontrol a zkoušek se zaznamenávají do dokumentace podle požadavků kapitoly 9. Doklady musí být snadno dostupné, aktuální a jsou uchovávány nejméně po dobu jednoho roku. Záznamy lze uchovávat v elektronické podobě za podmínky zavedení bezpečného záložního úložiště.

Všeobecné provozní požadavky a pravidla údržby jsou shrnuty v kapitole 10. V podkapitolách jsou řešena následující témata: zásady spojení a uzemnění; uzavírání nepoužívaných hadic a potrubních spojů; testování a kalibrace objemových měřidel a tlakoměrů; požadavky na používané hadice, hydrometry a termometry; kontroly a servisování hasicích přístrojů a elektrických zařízení; používání jiskrově bezpečných mobilních telefonů v letištních skladech; požadavky na úklid a údržbu; principy kontroly zásob; použití dalších měřicích zařízení, kalibrace zařízení kritických pro bezpečnost a testování *dead man* kontroly.

Poslední kapitola se zabývá oblastmi zdraví, provozní bezpečnosti, bezpečnosti proti protiprávním činům, životního prostředí, výcviku a nouzových postupů. Systém řízení HSSE

by měl být zaveden a udržován napříč všemi jednotkami zabývajícími se leteckými pohonnými hmotami. Mělo by se aktivně předcházet zranění, zdravotním poškozením personálu, negativním dopadům na životní prostředí a ohrožení bezpečnosti.

Dokumentem stanovené požadavky jsou uvedeny v příslušných kapitolách této diplomové práce.

2.1.3 JIG 4

Dokument JIG 4 popisuje standardy, které mohou být použity pro navrhování letištních skladovacích a manipulačních systémů a navrhování a údržbu zásobovacích zařízení. Dále uvádí pravidla pro přípravu provozních postupů a postupů kontroly kvality. JIG 4 je relevantní pro menší letiště. Pro účely dokumentu je pojem „menší letiště“ definován pomocí následujících ukazatelů, platí-li současně:

- ✗ letecké pohonné hmoty jsou na letiště dodávány po železniční nebo silniční cestě;
- ✗ zařízení na plnění paliva má maximální průtok tisíc litrů za minutu na jednu plnicí hadici;
- ✗ celkový počet čerpacích operací je nižší než deset tisíc úkonů za rok a celkový průtokový objem je nižší než deset milionů litrů za rok²;
- ✗ pokud je používán hydrantový systém, potrubí má průměr nejvýše sto padesát milimetrů. [4]

Vzhledem k zaměření diplomové práce tato dále s dokumentem JIG 4 nepracuje.

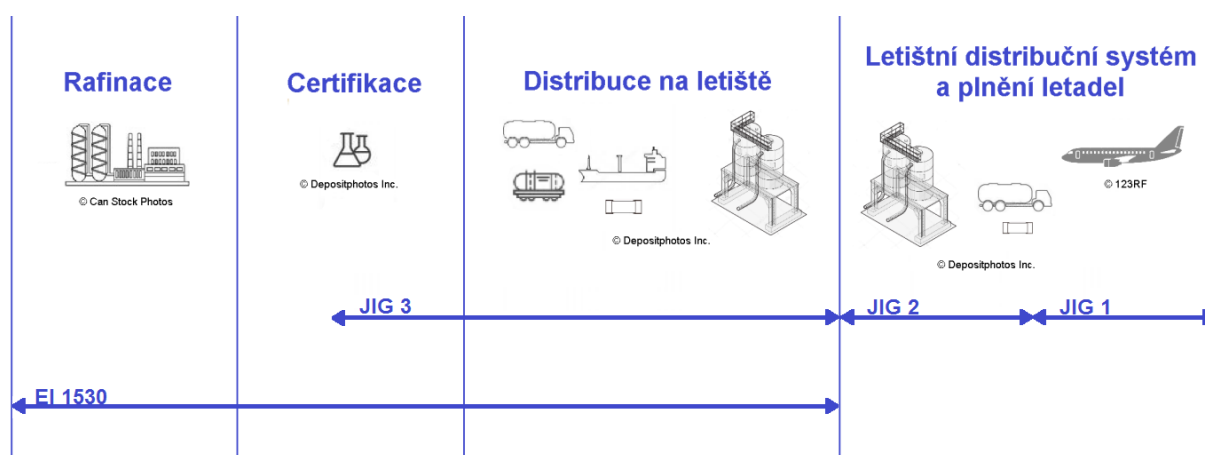
2.1.4 EI/JIG 1530

Dokument EI/JIG 1530 je společná publikace skupiny JIG a Energetického institutu EI. Energetický institut je odborný členský orgán se sídlem ve Spojeném království, který poskytuje znalosti a informace z energetického odvětví prostřednictvím konferencí a technických publikací. [5] Standardy uvedené v dokumentu EI/JIG 1530 slouží k udržení kvality leteckých pohonných hmot během dodavatelského řetězce z výrobního místa na letiště. Norma poskytuje povinná ustanovení a doporučení ohledně konstrukčních i funkčních požadavků na zařízení a správných provozních postupů. Potřeba řízení kvality leteckých pohonných hmot v celém dodavatelském řetězci byla uznána Mezinárodní organizací pro civilní letectví ICAO a je popsána v příručce Doc 9977 *Manual on Civil Aviation Jet Fuel Supply*. EI/JIG 1530 je součástí této příručky jako klíčový odkaz. Požadavky a doporučení podrobně popsané v dokumentu EI/JIG 1530 zahrnují ty dříve publikované jako norma JIG 3 *Aviation Fuel Quality Control and Operating Standards for Supply and Distribution Facilities*. [6]

² Tyto limity se nevztahují na letiště, kde jsou letadla plněna z pevných palivových skříní. [4]

EI/JIG 1530 je určen pro společnosti a organizace po celém světě zabývající se rafinací, skladováním nebo manipulací s leteckými pohonnými hmotami do okamžiku příjmu paliva na letišti. Týká se všech subjektů odpovědných za navrhování, stavbu, provoz a kontrolu nebo údržbu rafinérií, potrubních palivových systémů, námořních plavidel, pobřežních i vnitrozemských člunů, silničních tankerů, železničních cisteren nebo skladovacích zařízení a zkušebních laboratoří. [6]

Zaměření norem JIG na jednotlivé části distribučního řetězce uvádí Obrázek 1.



Obrázek 1 - Schéma užití dokumentů JIG v distribučním řetězci zdroj: vlastní³

2.2 Předpisy Mezinárodní organizace pro civilní letectví

V roce 2012 vydala Mezinárodní organizace pro civilní letectví Doc 9977 *Manual on Civil Aviation Jet Fuel Supply*, který shrnuje hlavní doporučené postupy pro bezpečnou manipulaci s leteckými pohonnými hmotami v celém dodavatelském řetězci. Účelem této příručky je upozornit subjekty leteckého a ropného průmyslu v celosvětovém měřítku na existenci mezinárodně uznávaných postupů a posílit soulad mezi požadovanými a stávajícími provozními postupy. Manuál odkazuje na specifické pokyny publikované jinými subjekty, jako jsou Energetický institut EI a společná skupina JIG. [7]

Doc 9137 *ICAO Airport Services Manual* obsahuje materiál týkající se úrovně záchranné služby a protipožární ochrany na letišti. Příručka mimo jiné uvádí preventivní opatření, která mají být přijata během plnění letadel. Stanovené požadavky jsou uvedeny v příslušných kapitolách této diplomové práce.

³ Za použití ikon z webových stránek <https://cz.depositphotos.com/> a <http://www.canstockphoto.cz/> .

2.3 Technické specifikace

2.3.1 ASTM International

Společnost ASTM International, dříve známá jako *American Society for Testing and Materials*, využívá odborných znalostí více než třiceti tisíc členů, pro vytvoření konsensu a zlepšení výkonů ve výrobě, procesech, systémech a službách. Společnost vypracovává a publikuje specifikace pro nejrůznější produkty, včetně leteckého petroleje a její standardy jsou uznávány na celém světě. V roce 1959 vydala společnost ASTM International první standard pro konvenční proudové palivo D1655 *Standard Specification for Aviation Turbine Fuels*. Od té doby byl mnohokrát změněn, aby odrazil změny v požadavcích na kvalitu paliva spojené s vývojem motorů a letadel a novými materiály. [5]

2.3.2 DS 91-91

Britské ministerstvo obrany zveřejňuje *Defident Standard 91-91*, který se vyvinul v obchodní specifikaci s celosvětovým uznáním, zejména mimo Spojené státy. Mezi britským ministerstvem obrany a společností ASTM International funguje v tomto směru dlouhodobá spolupráce. Vzájemně přebírají testovací metody s cílem vytvořit jednotný globální soubor specifikací. [5]

3 Letecké pohonné hmoty

Nejrozšířenějšími druhy pohonných hmot pro leteckou dopravu jsou letecký petrolej a letecký benzín. Letecký petrolej neboli kerosin je určen pro proudové motory turbinového typu. Vyrábí se frakční destilací ropy. Existuje řada různých druhů, které se liší především podle obsažených přísad. Pro provoz civilních proudových letadel se používají dva typy leteckého petroleje: JET A a JET A-1. JET A-1 má nižší bod krystalizace než JET A a je tedy vhodnější pro dlouhé lety. Nižší bod krystalizace je vykoupěn vyšší cenou paliva. JET A je preferován ve Spojených státech jako levnější a dostupnější druh leteckého petroleje. Další vlastnosti jsou totožné. [8] [9]

Letecký benzín AVGAS je určen pro zážehové pístové motory. Jeho distribuce probíhá nejčastěji pomocí cisternových vozidel, a proto se jím tato diplomová práce dále nezabývá.

3.1 Požadavky na zabezpečení paliva

Základními požadavky na zabezpečení leteckých pohonných hmot je zajištění jejich dostatečné zásoby ve vysoké kvalitě a zajištění ekonomické a rychlé dodávky paliva do letadel při dodržení požadované úrovně bezpečnosti. V neposlední řadě je potřeba zabezpečit ochranu životního prostředí během všech procesů skladování, manipulace a distribuce.

3.1.1 Kvalita paliva

Motto pana profesora Antonína Kazdy z Katedry letecké dopravy na Žilinské univerzitě zní: „*Palivo je krvou letectva.*“ ([10], str. 145) Parametry leteckých pohonných hmot musí odpovídat specifickým provozním podmínkám a z důvodu bezpečnosti podléhá letecké palivo přísným kontrolám kvality. Kromě čistoty paliva a kontaminace nežádoucími příměsami se posuzují rovněž jeho vlastnosti při nízkých teplotách, těkavost a stabilita. Do leteckého petroleje jsou pro zlepšení požadovaných vlastností často přidávány antioxidanty a antistatické příměsi. Další přísady mohou být antikoroziční látky a maziva. [11]

Je zřejmé, že letecké pohonné hmoty musí mít možnost volně proudit z palivových nádrží v křídlech prostřednictvím palivového systému letadla do motoru. Schopnost látky téct označujeme obecným pojmem *tekutost*⁴. Pro kvantitativní charakterizaci pojmu tekutost leteckého paliva používáme fyzikální vlastnosti *teplota tuhnutí*⁵ a *viskozita*⁶. Letecké pohonné hmoty jsou vystaveny extrémním teplotním podmínkám. Teplota vzduchu klesá s rostoucí

⁴ Tekutost je schopnost látky téct, neboli částice tekutých látek nejsou vázány v pevných polohách. [80]

⁵ Teplota tuhnutí je teplota, při níž se kapalina mění na pevnou látku. [80]

⁶ Viskozita (také vazkost) je fyzikální veličina, udávající poměr mezi tečným napětím a změnou rychlosti v závislosti na vzdálenosti mezi sousedními vrstvami při proudění skutečné kapaliny. [80]

nadmořskou výškou - podle dohodnutého modelu Mezinárodní standardní atmosféry - od referenční hodnoty 1°C na úrovni ideální hladiny moře, o 6,5°C na 1000 metrů, a to až do výšky 11 kilometrů. V průběhu letu může tak dosáhnout teplota paliva v nádržích ve vysokých letových hladinách hodnot nižších než -40°C. Z toho důvodu nesmí palivo mrznout ani při dlouhodobém vystavení velmi nízkým teplotám a musí mít požadovanou viskozitu. Odolnost vůči mrznutí závisí zejména na obsahu parafinů, které při nízkých teplotách krystalizují. Přítomnost stopových kovových prvků zase způsobuje teplotní nestabilitu při vysokých teplotách. Těm je palivo také vystaveno, protože se používá k chlazení zařízení. V případě leteckého petroleje JET A-1 musí být palivo podle specifikace AFQRJOS stabilní a homogenní v celém rozsahu teplot -47°C až +260°C. [10] [12] [13]

— Další podstatným atributem leteckých pohonných hmot je *těkavost*⁷. Palivo s vyšší těkavostí se odpařuje rychle, má vyšší tlak páry a nižší počáteční teplotu destilace. Těkavost je důležitá vlastnost, protože palivo se musí před samotným vzplanutím odpařit. Na druhou stranu příliš vysoká těkavost způsobuje ztráty paliva z odpařování. [12]

— Letecké pohonné hmoty přicházejí během distribuce i užití do styku s mnoha různými materiály. Z důvodu ochrany zařízení, především palivových systémů a samotných motorů letadel, nesmí být letecké pohonné hmoty korozivní. Někdy jsou během výroby do leteckého petroleje přidávány antikoroziční přísady. Korozí způsobuje zejména obsah síry a jejích sloučenin, které jsou z paliva odstraňovány už v rafinériích. Některé sloučeniny síry však mohou vznikat působením mikroorganismů. Maximální povolený obsah síry je 0,030% hmotnosti. [10] [13] [11]

— Letecké pohonné hmoty nesmí obsahovat tenzidy. Tyto povrchově aktivní látky zabraňují shlukování kapek vody v dané emulzi⁸, čímž brání odstranění vody z paliva. Tenzidy se přirozeně vyskytují v surové ropě nebo mohou být do leteckého petroleje rozptýleny v průběhu rafinace. Dále se mohou do paliva dostat kontaminací v systému distribuce leteckých pohonných hmot. [10]

Některé jakostní ukazatele podle specifikace *Aviation Fuel Quality Requirements for Jointly Operated Systems* uvádí Tabulka 1.

⁷ Schopnost látky, obvykle v kapalném skupenství, vypařovat se.

⁸ Emulze je směs dvou kapalin (v tomto případě paliva a vody), které se vzájemně samovolně nesměšují. Velmi malé množství jedné látky je rozptýleno v látce druhé, obvykle ve formě malých kapiček. [12]

Tabulka 1 - Jakostní ukazatele JET A-1
zdroj: JIG - Aviation Fuel Quality Requirements [13]

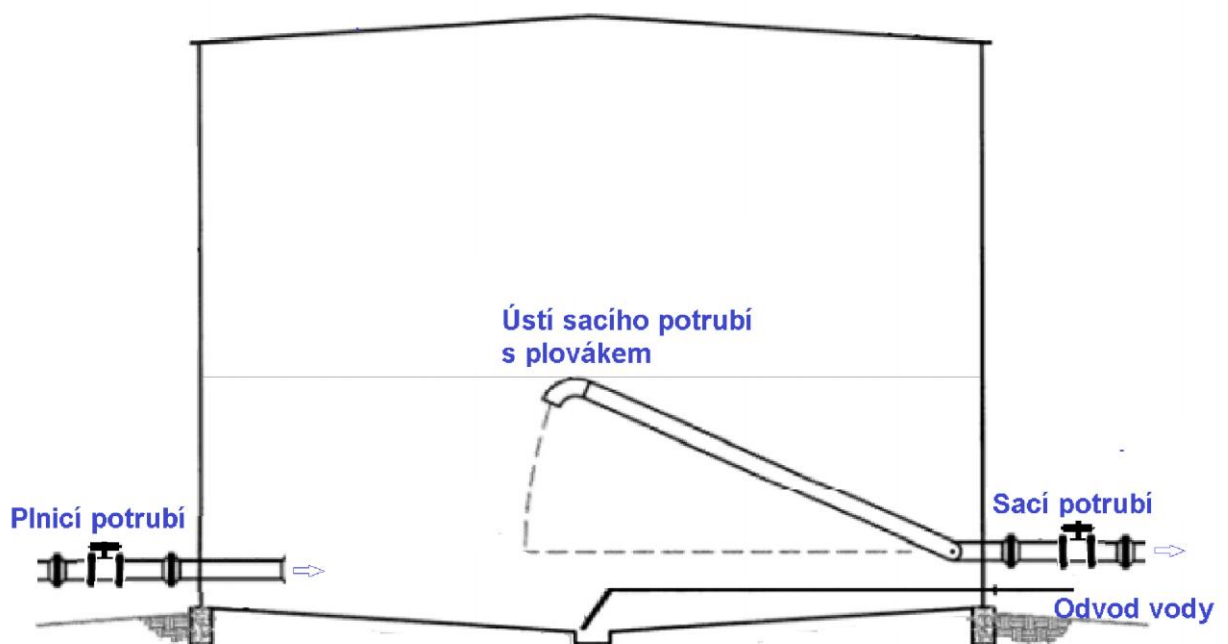
Parametr	Hodnota pro JET A-1
Bod vzplanutí, minimální hodnota	38°C
Bod krystalizace, maximální hodnota	- 47°C
Hustota při teplotě 15°C	775,0 – 840,0 kg/m ³
Výhřevnost	42,8 MJ/kg
Mechanické nečistoty, maximální hodnota	1,0 mg/l
Obsah antioxidantů	17,0 – 24,0 mg/l
Obsah antistatické přísady, maximální hodnota	3,0 mg/l

3.1.2 Způsoby zajištění kvality paliva

Při styku paliva s vodou dochází k saturaci a na petrolej se naváže všechna voda, kterou může palivo pojmout. Se zvyšující se teplotou na sebe může palivo navázat větší množství vody. Naopak, při poklesu teploty se část vody z nasyceného paliva uvolní jako volná voda. Volná voda může být potenciálně nebezpečná. Při nízkých teplotách dochází k její krystalizaci, kdy led může ucpat filtry či jinak narušit správný tok paliva. Navíc podporuje růst mikroorganismů v palivu. Z toho důvodu je třeba se přítomnosti vody vyvarovat. Při plnění do letadla nesmí palivo obsahovat více než 0,003% volné vody. Voda obsažená v leteckých pohonných hmotách může pocházet z mnoha různých zdrojů. Všechna volná voda nabytá během různých procesů rafinace je z paliva odstraněna v konečné fázi výroby. V průběhu transportu a skladování se však voda znovu dostává do paliva, zejména takzvaným „dýcháním“. Vniknutí čerstvého vzduchu do nádrže při jejím vyprazdňování je označováno jako „velké dýchání“. Dochází ke kondenzaci atmosférické vlhkosti na stěnách nádrže při změně teploty. K „malému dýchání“ dochází nejčastěji v železničních cisternách v důsledku velkého rozdílu mezi denní a noční teplotou. Letecký petrolej je hydrokopický a snadno na sebe váže vodu. Z toho důvodu musí být voda z paliva odstraňována při každé manipulaci. [10] [12] [13]

Během transportu, skladování a distribuce se do leteckých pohonných hmot dostávají také mechanické nečistoty. Nejčastěji se jedná o části koroze, které se do paliva uvolňují ze stěn potrubí a nádrží. Míra kontaminace korozí se omezuje používáním ochranných nátěrů. Dále se v palivu mohou vyskytovat pryžové částice z poškozených hadic a filtrů, prach a pyl. Při plnění do letadla nesmí letecké pohonné hmoty obsahovat více než 3 gramy mechanických nečistot v 1000 kilogramech paliva o rozměrech nečistot menších než 5 mikrometrů. [10] [12]

Nádrže pro skladování leteckých pohonných hmot musí být navrženy tak, aby minimalizovaly možnost kontaminace paliva vodou nebo mechanickými nečistotami. Dno nádrže je vyspádované a v nejnižším místě je umístěna jímka pro odkalování. Po naplnění do skladovacích nádrží musí palivo předepsanou dobu stát, aby mechanické nečistoty a volná voda sedimentovaly. Doba pro usazení nečistot je závislá na výšce sloupce paliva v nádrži (průměrně 3 hodiny na 1 metr výšky paliva). Z toho důvodu je vhodné, aby byly na letišti minimálně tři nádrže, případně skupiny nádrží, z nichž jedna nádrž se plní, druhá je ponechána v klidu a ze třetí je konán odběr. Voda a mechanické nečistoty, soustředěné na dně nádrže v kalníku, se odkalují. Aby se volná voda a nečistoty nepřenášely dále do distribučního systému, je ústí sacího potrubí opatřeno plovákem a palivo se odčerpává od hladiny. Nádrž pro skladování leteckého petroleje vyobrazuje Obrázek 2. Palivo je třeba odkalovat nejen ve skladech, ale před každou manipulací. Stejně jako dno nádrže je vyspádované také potrubí, které je v nejnižších bodech opatřeno odkalovacími ventily. [10] [12]



Obrázek 2 - Typická skladovací nádrž pro letecký petrolej
zdroj: vlastní; podle Aircraft Fuel Hydrant System Design Issues [9]

V průběhu distribuce dochází nevyhnutelně k další kontaminaci leteckých pohonných hmot mechanickými nečistotami a v menší míře také vodou. Z toho důvodu zahrnuje distribuční systém leteckých paliv v každém stádiu řetězce prostředky k odstraňování kontaminantů. Ve většině systémů pro čištění paliv jsou z ekonomických důvodů umístěny nejprve filtry pro odstranění mechanických nečistot, protože pevné částice snižují životnost zařízení

a prostředky používané k odstraňování volné vody jsou dražší. Filtrační prvky jsou duté válce umístěné v základní desce filtrační nádoby. Palivo protéká filtračními prvky shora na dno nádoby. Při filtraci se z paliva odstraní asi polovina množství mechanických nečistot s velikostí částic větší, než je jmenovitá velikost pórů filtru⁹. Používají se papírové filtry nebo syntetické látky, typicky o jmenovité velikosti pórů 5 mikrometrů pro letecký benzín a o jmenovité velikosti pórů 1 až 2 mikrometry pro letecký petrolej. [10] [12]

K odstraňování volné vody se v průběhu distribuce používají vysušovače, látky absorbující vodu a především separátory. Ve vysušovači proudí palivo zesponu nahoru skrz vrstvu částic soli (obvykle chloridu sodného, případně chloridu vápenatého). Reakcí volné vody se solí vzniká koncentrovaný solný roztok, který má větší hustotu než palivo a klesá do jímky na dně nádoby. Toto zařízení pro odstraňování volné vody je vhodné zejména pro ošetření velkého množství leteckých pohonných hmot a používá se zejména v rafinériích či ve velkoobjemových skladovacích zařízeních letišť. [10] [12]

Hlavním zařízením pro odlučování volné vody z leteckých pohonných hmot je dvoustupňový separátor. Palivo nejprve protéká přes materiál z vláken s hydrofilním povrchem. Látka zachycuje vodu a dochází ke slučování drobných kapek vody do větších. Následně palivo proudí přes prostředek pro separaci vody, kde díky hydrofobnímu povrchu dochází k odloučení větších kapek vody a volná voda se shromažďuje v jímce. Z popsaného principu je zřejmé, že separátor odstraňuje pouze volnou vodu. Jako filtrační kontrola nebo pojistka se používají absorpční prostředky, které pohlcují volnou vodu. Absorpční látka v průběhu procesu zvětšuje svůj objem, čímž dochází k omezení, nebo dokonce úplnému zastavení průtoku paliva. Na rozdíl od separátorů, v případě absorpčních zařízení nebrání povrchově aktivní látky odlučování vody z paliva. Filtrové pojistky jsou nejčastěji umístěny na vstupu do palivové soustavy letadla. [12]

Letecký petrolej je díky vysokým teplotám působícím v procesu zpracování po výrobě sterilní. Rychle je však kontaminován mikroorganismy přítomnými ve vzduchu a vodě. V leteckých pohonných hmotách se potom mohou vyskytovat především bakterie a houby (nejčastěji plísně a kvasinky). Většina mikroorganismů potřebuje k růstu vodu, mikrobiální růst je proto nejčastěji koncentrován na rozhraní paliva a vody nebo ve vodné vrstvě. V požadavcích na koncentraci molekulárního kyslíku se mikroorganismy liší. Kromě paliva a vody vyžadují určité elementární živiny, které jsou většinou v leteckém petroleji obsaženy. Fosfor je jediný prvek, jehož koncentrace může být udržena na dostatečně nízké úrovni pro

⁹ Filtrem mohou projít mechanické částice větší, než jaká je jeho filtrační účinnost (např. podlouhlé částice). Filtry částic jsou označovány jmenovitou velikostí pórů nebo absolutní velikostí pórů, podle toho, která hodnota je menší. Typický filtr zachycuje 50% (počtu) částic o velikosti jmenovitého hodnocení, ale 99% částic má velikost absolutního hodnocení. [12]

omezení růstu mikrobiálních buněk. Dalším faktorem, který zvyšuje mikrobiální růst, je vyšší teplota okolí. Pevné látky vytvořené mikrobiálním růstem ucpávají filtry a průtokoměry. Některé mikroorganismy také vytvářejí kyselé vedlejší produkty, které mohou urychlit korozi kovových částí zařízení. Nejlepší ochrana proti mikrobiální kontaminaci je prevence. Především je potřeba udržovat co nejmenší množství volné vody ve skladovacích zařízeních a palivových nádržích letadel. Pokud množství mikroorganismů v palivu dosáhne hraniční hodnoty, mohou se k jejich odstranění za určitých podmínek použít schválené pesticidy. V případě, že na povrchu nádrží nebo jiného zařízení vznikne mikrobiální povlak, pesticidy nedokážou zahubit organismy žijící hluboko uvnitř biofilmu. Nádrž je nezbytné vypustit a mechanicky vyčistit. I když pesticidy účinně zastaví růst mikroorganismů včas, může být nutné odstranit nahromaděnou biomasu, aby nedošlo k ucpání filtrů. Pesticidy jsou toxické a z toho důvodu musí být veškerá voda, která je obsahuje, vhodně likvidována. [12]

3.1.3 Testování paliva

Jak uvádí předchozí kapitola, během transportu, skladování a distribuce leteckého petroleje může dojít k jeho kontaminaci. Ve vhodných etapách distribučního řetězce se proto ověřuje pomocí laboratorního nebo vizuálního šetření vzorků produktu, zda splňuje požadavky příslušné specifikace a není znehodnocen.

Odběr vzorků provádí způsobilý a vyškolený personál¹⁰. Dodržení předepsaných postupů a zařízení je důležité pro zajištění, že získaný vzorek skutečně reprezentuje produkt, ze kterého byl odebrán. Odběr vzorků musí být v souladu s požadavky JIG, případně jinými schválenými standardy (konkrétně ISO 3170¹¹ a Mezinárodní norma ASTM D4057¹². Dokument JIG 1 specifikuje následující základní požadavky na odběr vzorků:

- ✗ Vzorky se odebírají z vhodného odtokového místa.
- ✗ Nádoby pro laboratorní vzorky musí odpovídat standardům. Jedná se o skleněné nebo kovové nádržky, případně speciálně schválené plastové nádoby testované na kompatibilitu s určeným produktem.
- ✗ Pro odběr vzorků leteckého petroleje se nesmí používat zařízení vyrobené z mědi nebo jeho slitin.
- ✗ Nádoby musí být naprosto čisté. Přístroj a nádobu je nutné důkladně umýt a alespoň třikrát propláchnout vzorkovaným produktem.
- ✗ Nádržky na vzorky nesmí být plněny do maximálního objemu. Pro případ zvětšení objemu se plní nejvýše na 95%.

¹⁰ Není-li zaměstnanec schopen správně identifikovat barvu leteckého paliva a tedy určit příslušný identifikační kód barvy z důvodu barvosleposti, nesmí být zapojen do procesů práce s leteckým palivem. [2]

¹¹ ISO 3170 - IP Petroleum Measurement Manual, Part VI, Sampling Section 1, Manual Methods.

¹² ASTM International Standard Practice for Manual Sampling of Petroleum and Petroleum Products.

✘ Je nezbytné nádoby uzavřít a označit ihned po jejich naplnění. [2]

Osvědčení o zkoušce je vydáváno nezávislymi inspektory nebo laboratořemi a obsahuje výsledky měření všech vlastností uvedených v příslušné specifikaci paliva a pro Jet A-1 požadavky nejnovějšího vydání AFQRJOS. Pro ověření, že se kvalita daného leteckého paliva nezměnila a zůstala v mezích příslušných specifikací, se provádí recertifikační test. V případě leteckého petroleje se odebírá dvoulitrový vzorek. Výsledky zkoušky je třeba porovnat s výsledky předchozí analýzy a ověřit tak, že se vlastnosti produktu nezměnily a zůstaly uspokojivé. [2]

Při kontrole vzhledu se odebírá jeden litr daného produktu. Kontroluje se, zda letecké pohonné hmoty odpovídají požadavkům příslušné specifikace na vzhled. Letecké palivo musí mít při normální teplotě okolí správnou barvu a musí být na pohled čisté, jasné a bez mechanických nečistot a volné vody. Vizualní kontrola je kontrola vzhledu leteckého petroleje doplněná o chemický test na přítomnost volné vody. Kontrola vzhledu je někdy doprovázena stanovením hustoty paliva, která se porovná s hodnotou uvedenou v dokumentaci. Pokud se údaje po úpravě dle standardních teplotních podmínek liší o více než 3 kg/m^3 , je třeba předpokládat kontaminaci produktu a před další manipulací s palivem důkladně přezkoumat jeho stav. [2]

Základní metodou pro posuzování přítomnosti mikrobiologického růstu v palivových nádržích a palivových filtrech vozidel je denní kontrola čistoty a jasů vzorku odebraného z jímky nebo z odtoku filtrační nádoby. Přítomnost dohněda nebo dočerna zbarvené vody, zřetelné rozhraní mezi vrstvou paliva a vody nebo organické nečistoty ve vzorku ukazují na přítomnost mikroorganismů vyžadující okamžité další prošetření a odborné poradenství. Šetření zahrnuje zkoušku na mikrobiologickou aktivitu prováděnou na dně jímky nebo na odtoku filtračních nádob hydrantových systémů. Pokyny týkající se vhodných vzorkovacích a monitorovacích strategií pro řízení mikrobiální kontaminace v celém dodavatelském řetězci leteckého paliva jsou k dispozici v informačním dokumentu JIG *Microbial Monitoring Strategies*. [2]

Další druhy ověřování kvality leteckých pohonných hmot upravují jiné standardy. Při kolorimetrickém a gravimetrickém testu se provádí kontrola pětilitrového vzorku průtokem přes membránu. Průběh a vyhodnocení podléhá pravidlům dle ASTM D2276 nebo IP 216. Vodivostní zkouška se provádí podle postupů ASTM D2624 nebo IP 274 s použitím schváleného měřiče vodivosti.

Tabulka 2 shrnuje minimální požadavky na kontroly kvality leteckých pohonných hmot pro všechny činnosti prováděné na letišti.

Tabulka 2 – Minimální požadavky na testování kvality při činnostech prováděných na letišti
zdroj: JIG 1 [2]

Operace	Kontrola na vzhled ¹³	Vizuální kontrola	Kontrola na vzhled a srovnání objemu ¹⁴
Příjem paliva z produktovodu, nákladního říčního člunu nebo pobřežního plavidla před a během čerpání			Provádí se
Příjem paliva ze železničního nebo silničního cisternového vozidla			Provádí se
Recertifikace paliva v přijímací nádrži	Provádí se		
Kontrola odkalovací skladovací nádrže letiště před uvolněním do provozu		Provádí se	Provádí se
Kontrola odkalovací skladovací nádrže v provozu - denně		Provádí se	
Kontrola odkalovací skladovací nádrže během usazování paliva nebo čekání na uvolnění	Provádí se		
Kontrola letištních pevných filtračních nádob nebo síťových filtrů	Provádí se		
Kontrola filtrů v letištních hydrantových systémech nebo distribučních vozidlech		Provádí se	
Kontrola výpustí plnicích zařízení		Provádí se	
Odběr vzorků během plnění a odčerpávání		Provádí se	
Proplachování nízkých bodů plnicího vozidla před a po použití - denně		Provádí se	
Proplachování nízkých bodů hydrantového systému – vzorek z každého nízkého bodu		Provádí se	

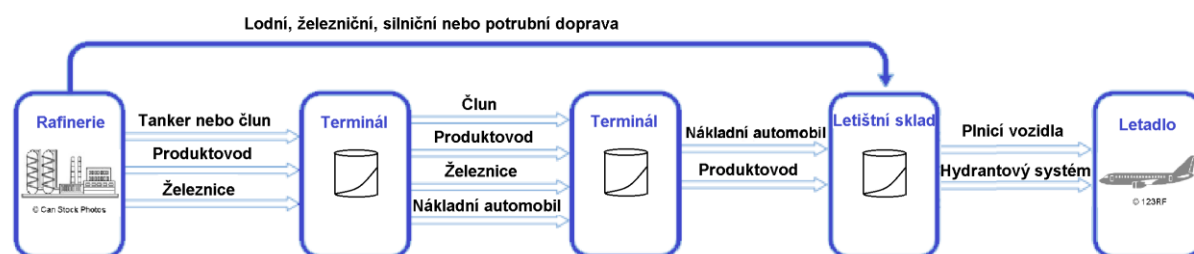
3.1.4 Dodávka paliva

Vyrobené letecké pohonné hmoty jsou v rafinérii testovány, zda splňují všechny platné požadavky na certifikaci. Z ropné rafinérie může být palivo přepravováno přímo do skladovacího zařízení daného letiště, častěji však distribuční řetězec zahrnuje mezilehlá skladovací zařízení – terminály. K transportu lze využít různé druhy dopravy, konkrétně přepravu produktovodem, vodní dopravu, železniční dopravu a nákladní dopravu.

¹³ Kontrola může být doplněna o chemickou detekci vody. [2]

¹⁴ Kontrola může být doplněna o chemickou detekci vody. [2]

Ne všechny způsoby je možné využít pro každé místo určení. Distribuční řetězec představuje Obrázek 3. V každém uzlu, kde dochází k manipulaci s leteckým palivem, se provádějí kontroly kvality. [12]



Obrázek 3 - Distribuční řetězec leteckých pohonných hmot
zdroj: vlastní; podle Aviation Fuel Technical Review [12]

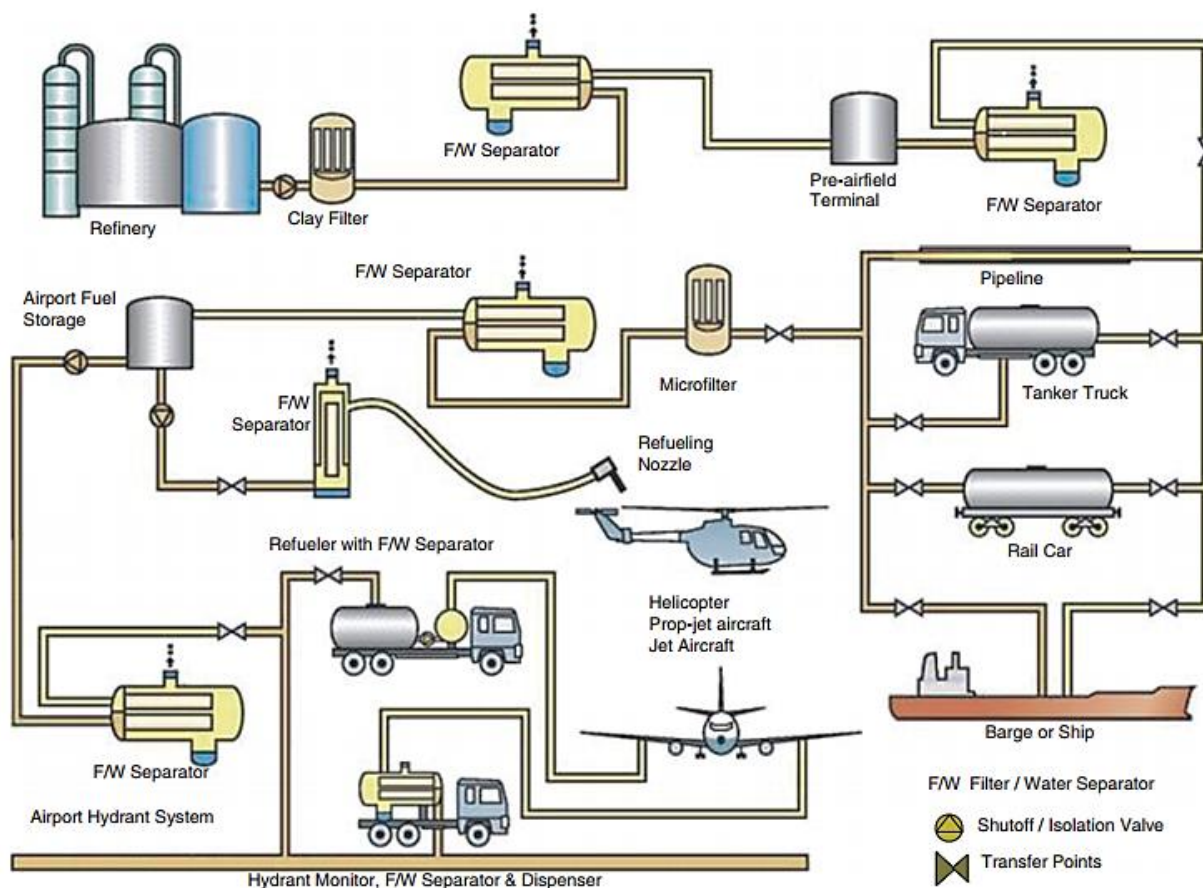
Pro přepravu velkých objemů leteckého petroleje je nejvhodnější transport potrubím. Jedna dodávka obvykle překračuje 1,5 milionů litrů leteckých pohonných hmot (10 000 barelů) a zásobuje letiště s velkým průtokem leteckých pohonných hmot. Dále je vhodné produktovodem zásobovat letiště, která jsou umístěna blízko ropných rafinérií. Pokud je navíc zajištěna spolehlivá náhradní dodávka leteckých pohonných hmot, snižuje se potřeba budovat rozsáhlé letištní sklady. Druhým vhodným řešením pro velká letiště je dodávka paliva lodmi nebo železničními cisternami. Zásobování letištních skladů leteckým petrolejem pomocí autocisteren je vhodné především pro malá letiště. Také letecký benzín se obvykle přepravuje v menším objemu nákladními automobily, železničními cisternami nebo čluny. Dalším důvodem, proč se pro transport leteckého benzínu nepoužívá potrubí, je nebezpečí kontaminace dodávek jiných produktů olovem. [10] [12]

Některé ropné rafinerie mají vyhrazeno potrubí pro vedení leteckého petroleje přímo na nedaleké letiště, běžně je však palivo dodáváno prostřednictvím víceproduktového potrubí. Produktovod je tak k dispozici odesílatelům různých ropných produktů za podmínky splnění stanovených požadavků na jakost výrobku, obvykle v předem stanovené periodě. Dodávka ropných produktů může pocházet z jedné rafinérie nebo být zajištěna produkty z různých rafinérií. Ve druhém případě od sebe nejsou produkty sousedních transportů fyzicky odděleny a vzniká mezi nimi rozhraní. Při průchodu leteckých pohonných hmot potrubím dochází na rozhraní k vzájemnému mísení produktů. Vzniklou směs lze od dodávky paliva oddělit na konci produktovodu a vrátit ji do rafinérie k opětovnému zpracování. Častěji je směs přimíchávána do produktu, který není určen pro leteckou dopravu. Rozdělená směs tvoří pouze nevýznamnou část celkového objemu paliva a nemá vliv na kvalitu. Během přepravy pomocí lodí, člunů, železničních cisteren a autocisteren jsou v případě přepravy

více produktů tyto od sebe fyzicky odděleny, aby se zabránilo jejich vzájemnému smíchání. V některých případech jsou konkrétní oddíly vyhrazeny pro jediný produkt. V ostatních případech je třeba dbát na to, aby byl zbytek produktu z předchozí přepravy před nakládkou leteckého paliva dostatečně odčerpán. [12]

Důležitým krokem v procesu dodávky leteckých pohonných hmot je přijetí paliva do letištních skladů. Ověřuje se totožnost paliva a testuje se kvalita. Na velkých letištích se letecké pohonné hmoty filtrují při stáčení do skladovacích nádrží i při odběru z těchto nádrží za účelem plnění letadla. Inspekční skupina mezinárodních dodavatelů leteckých pohonných hmot JIG vypracovala společné pokyny pro příjem paliva do skladů a pro provozování letištních skladišť. [12]

Prostředky filtrace zařazené v distribučním řetězci uvádí Obrázek 4.



Obrázek 4 – Filtrovací zařízení v distribučním řetězci
zdroj: www.faudi-aviation.com [14]

3.1.5 Příjem paliva

Letecké pohonné hmoty jsou do letištních skladů přijímány na základě příslušných certifikátů a dokumentace. Při příjmu paliva se provádějí zkoušky, které mají prokázat, že splňuje požadavky příslušné certifikace, a že nedošlo k jeho znečištění vodou či částicemi. Na velkých letištích je palivo obvykle filtrováno.

3.1.6 Skladování paliva

Velkoobjemová skladovací zařízení mohou být realizována jako nadzemní skladovací nádrže nebo podzemní skladovací nádrže. Výběr konstrukčního materiálu zařízení je ovlivněn řadou faktorů. Primárními faktory jsou místní stavební předpisy, pořizovací náklady a náklady na provoz a údržbu, požadavky na ochranu životního prostředí, dispozice dostupného pozemku, očekávaná životnost a bezpečnostní požadavky. Konstrukční materiál závisí také na produktu, pro který je nádrž určena. Nádrže jsou lakovány nebo jinak chráněny před vlivy životního prostředí, před požárem a výbuchem. Pro uložení leteckého petroleje se standardně užívá epoxidovaná ocel. Nádrže jsou konstruovány, jak je uvedeno v kapitole 3.1.2, aby byla zajištěna kvalita skladovaných leteckých pohonných hmot. [8]

Pod úroveň terénu je možné umístit nádrže do objemu 300 m³. Podzemní skladovací nádrže musí být pro zamezení prosakování případných úniků usazeny v nepropustné betonové vaně nebo mít dvojitý plášť. Výhodou podzemních nádrží je menší riziko vnějšího poškození a stabilnější teplotní podmínky v zařízení, navíc se jedná o estetičtější způsob řešení skladovacích zařízení. Mezi nevýhody patří obtížnější detekce úniku paliva, nutnost zavedení monitorovacích šachet a vyšší požadavky na ochranu proti korozi. Náklady na konstrukci dvojitého nebo trojitého pláště nádrže jsou vyšší. [8] [15]

Pro zachycení případného úniku se pod nadzemními skladovacími nádržemi budují nepropustné jímky. Tento typ zařízení umožňuje snadnou kontrolu a detekci úniku. Nevýhodou nadzemních nádrží je vystavení přímému působení vlivů počasí a větší výkyvy teploty v nádrži. Z důvodu požární bezpečnosti je třeba nadzemní nádrže budovat v předpisové vzdálenosti od dalších objektů. [8] [15]

3.2 Bezpečnost při manipulaci s pohonnými hmotami

3.2.1 Ekologická bezpečnost

Únik leteckých pohonných hmot, případně leteckých olejů¹⁵, do povrchové nebo spodní vody je nejzávažnějším problémem v oblasti znečišťování těchto vod. Vážné důsledky mohou mít i malé úniky, ke kterým dochází častěji a snáze mohou uniknout pozornosti obsluhy. Přitom

¹⁵ Letecký olej je další ropný produkt používaný v letectví. „Slouží ke snížení tření pohybujících se částí motoru, k mazání ložisek a odvodu tepla.“ [15]

je třeba si uvědomit, že působení úniků paliva má kumulativní charakter. Voda byť s malým obsahem paliva je významně znečištěna a v důsledku snížené kvality klesá její využití. Takto mohou být malým únikem znehodnocena rozsáhlá povodí podzemních vod, jejichž úprava je velmi nákladná a v některých případech těžko realizovatelná. Úniky velkého objemového množství leteckých pohonných hmot mohou být příčinou ekologické katastrofy znečištění vody za současné kontaminace půdy. Z toho důvodu je nezbytné systematicky monitorovat palivová zařízení, především podzemní nádrže a potrubí. [10] [15]

K únikům leteckých pohonných hmot může dojít při stáčení paliva a v průběhu jeho skladování, z rozvodných potrubí nebo při plnění paliva do letadel. Navzdory přísným předpisům není technicky možné úniky zcela vyloučit. Potom se může palivo dostat do vody jednou ze tří následujících cest - dešťovou kanalizací kontaminovat povrchové vody, průsakem kontaminovat podzemní vody nebo se splaškovou kanalizací dostat do čističky odpadních vod. Podle nebezpečí vniknutí ropných látek do povrchových nebo spodních vod definujeme pojmy ropný únik a ropná havárie. *„Ropný únik je každá událost, při které dojde k úniku ropných látek, ale v takovém místě a rozsahu, kdy je vyloučeno nebezpečí vniknutí ropných látek do povrchových nebo podzemních vod nebo k jejich ohrožení.“* [15] Jako ropný únik lze obvykle označit úniky paliva během čerpání v distribučním řetězci. Činností stáčení dodávky do skladovacích nádrží letiště, při přečerpávání paliva ze skladovacích nádrží do cisteren a při plnění letadla z cisteren je totiž přítomna obsluha vyškolená pro danou činnost a případné vzniklé úniky by měly být včas zajištěny. *„Ropná havárie je každá událost, při níž dojde k mimořádnému závažnému zhoršení nebo ohrožení jakosti povrchových a podzemních vod.“* [15] Letecký petrolej je toxická látka, která při úniku do vodních toků způsobuje úhyn ryb a dalších vodních živočichů i vodního rostlinstva. Přestože je letecký petrolej biologicky odbouratelný, mikroorganismy spotřebovávají při jeho rozkladu velké množství kyslíku. Fauna a flora oslabená přímými účinky jedovaté látky tak hyne z důvodu nízkého obsahu kyslíku ve vodě. [10] [15]

Letecké pohonné hmoty se do dešťové kanalizace nejčastěji dostanou při jejich stáčení na odbavovací ploše. Větev kanalizace vedená z odbavovací plochy bývá proto vybavena odlučovačem ropných prostředků. Toto konstrukční opatření pro zamezení úniku paliva dešťovou kanalizací však může být umístěno i v jiné části kanalizačního systému. V některých případech ústí kanalizace do retenční nádrže, která slouží také k zachytávání přívalových dešťů. V případě úniku může být výpusť z nádrže uzavřena, odstraní se vrstva paliva a voda se před vypuštěním do vodního koryta přečistí. Jednodušším provozním opatřením je odstraňování úkapů paliva ihned při plnění. Menší množství rozlitého paliva lze také posypat absorpční látkou, která se po nasáknutí smete a spálí. Jednodušší je sběr v případě použití absorpční textilie. [10]

Častou příčinou úniku paliva je špatný technický stav zařízení. Je nezbytné dodržovat jeho pravidelnou kontrolu a údržbu. Údržba a opravy letadel musí probíhat, kromě definovaných případů odstraňování poruch, pouze v hangárech, které jsou vybaveny účinnými odlučovači. Právě v hangárech a dílnách může dojít k úniku paliva do odpadové kanalizace. K tomu dochází v případě, pokud lapače ropných produktů nejsou včas vyčištěny a přestanou proto plnit svoji funkci. Pokud se palivo dostane do čističky odpadních vod, může narušit funkci jejího biologického stupně a vyřadit ji z provozu. K zamezení úniku paliva do čističky odpadních vod slouží opatření obdobná těm používaným pro dešťovou kanalizaci. [10]

Palivo se může do spodních vod dostat průsakem při poškození podzemních nádrží a jiných podzemních zařízení nebo při úniku paliva na nezpevněné ploše. Snahou zaváděných stavebních předpisů je této hrozbě zabránit. V případě, že k průsaku přesto dojde, jsou v zasažené oblasti zřízeny vrty. Znečištěná spodní voda je nepřetržitě odčerpávána a čištěna. Rovněž se zřizují kontrolní vrty, ze kterých se odebírají vzorky vody. Nepříznivým účinkem tohoto způsobu čištění kontaminovaných spodních vod je snížení hladiny s nepříznivým dopadem na vegetaci. Proto je vhodné oddělit zasaženou oblast přehrazením pomocí norných stěn a proces čištění realizovat pouze ve vymezené oblasti. V obou případech však dochází k narušení režimu spodních bod. [10]

3.2.2 Detekce úniku

Únik ropných produktů z podzemních palivových zařízení je problematické odhalit. Detekce úniku ropných produktů je klíčová k jeho rychlému zastavení a omezení rozsahu kontaminace. Používané způsoby zjišťování můžeme rozdělit do tří kategorií na detekce intersticiální, interní a externí. [16]

Sekundární izolace vytváří překážku mezi nádrží a okolním prostředím. U dvouvrstevných nádrží je bariérou vnější plášť, jednovrstvé nádrže musí být ohrazeny nepropustnými výkopovými vložkami. Pro zjištění netěsnosti vnitřní vrstvy slouží intersticiální měření meziprostoru. Existuje mnoho způsobů intersticiálního monitorování. Ty nejjednodušší detekují fyzickou přítomnost ropného produktu například měrkou umístěnou v nejnižším bodě vnější vrstvy. Automatizované systémy kontinuálně sledují změny stavu, například ztrátu vakua nebo změnu výšky hladiny monitorovací kapaliny. [16]

Mezi interní způsoby detekce úniku paliva patří manuální a automatické měření obsahu nádrží. Manuálně lze měřit pouze nádrže s menším objemem. Tato metoda vyžaduje, aby byla testovaná nádrž minimálně 36 hodin týdně v klidu. Na začátku a na konci tohoto testovacího období se dvakrát změří a srovná obsah nádrže. Manuální měření lze využít pro nádrže o objemu do 1000 amerických galonů (1000 amerických galonů je 3785 litrů), nádrže o objemu mezi 1000 a 2000 amerických galonů mohou tento způsob využívat pouze

v kombinaci s testováním těsnosti nádrže. Kombinovaná metoda může být používána pouze během prvních deseti let po instalaci nádrže. Automatické měřicí systémy jsou vhodnější díky možnosti měřit kontinuálně a rychleji detekovat únik. Do skladovacích nádrží mohou být trvale instalovány sondy pro měření úrovně hladiny paliva a teploty. Změny objemu srovnává systém s výkyvy teploty a sleduje tak, zda nedochází k úniku paliva. Mezi interní způsoby detekce se dále řadí metoda SIR. Vyškolený odborník používá sofistikovaný počítačový software pro provádění statistické analýzy dat o zásobách, příjmech a výdejích. [16]

Mezi externí metody detekce patří monitorování spodních vod pomocí kontrolních vrtů umístěných v okolí podzemní nádrže a rozvodného potrubí. K tomu je potřeba poměrně vysoká hladina podzemní vody. Tato metoda slouží spíše pro zjišťování následků úniku paliva. Pro nalezení místa poruchy se do paliva přidávají značkovací látky, které lze v místě úniku detekovat citlivým plynovým chromatografem. Oba způsoby monitorování vrtů lze měřit manuálně nebo pomocí instalovaného zařízení. [10] [16]

Každé potrubí pod tlakem musí být vybaveno nejméně jedním typem automatické detekce netěsnosti a jednou další metodou (viz Tabulka 3).

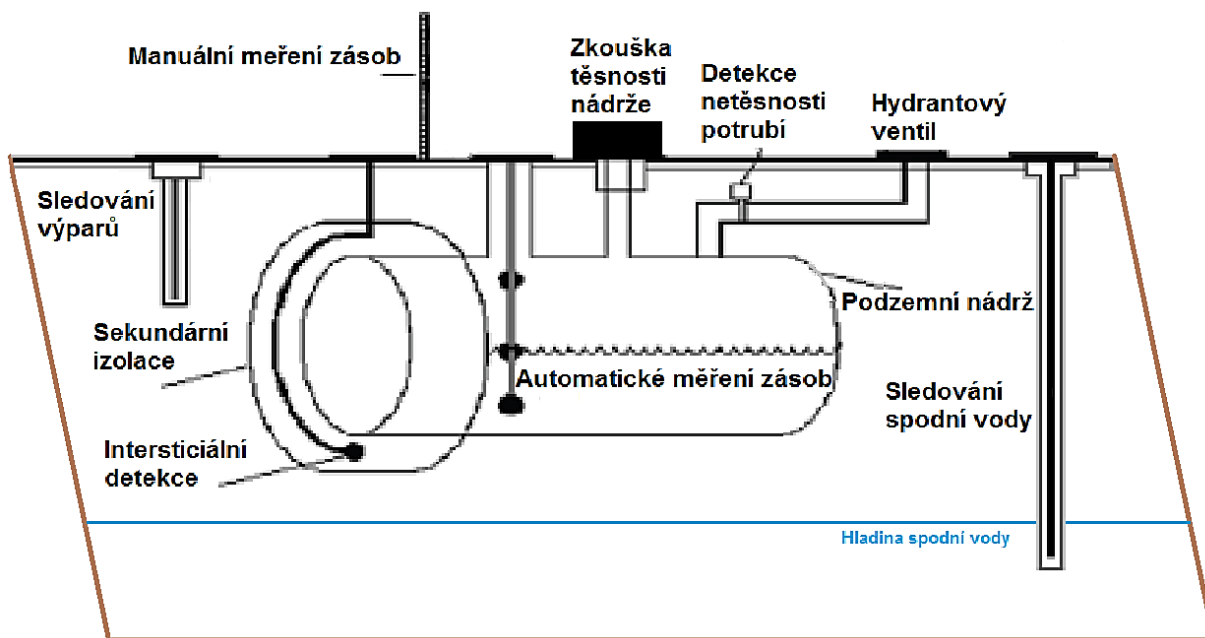
Tabulka 3 – Rozdělení detekčních metod pro potrubí
zdroj: vlastní; podle www.epa.gov [16]

Automatická detekce netěsnosti	Jedna další metoda
Automatické omezování průtoku; nebo automatické uzavírání průtoku; nebo systém nepřetržitého poplachu.	Měsíční intersticiální kontrola; nebo měsíční monitorování par; nebo měsíční monitorování podzemních vod; nebo měsíční statistické srovnání zásob; nebo roční zkouška těsnosti.

Prvky automatického omezování průtoku a automatického uzavírání průtoku jsou trvale instalovány přímo v potrubí, případně na čerpadle. Tlak uvnitř potrubí je monitorován různými způsoby. Sleduje se například, zda je tlak v průběhu času konstantní nebo jak dlouho trvá, než systém dosáhne hodnoty provozního tlaku. Pokud je zjištěno podezření na netěsnost, systém automatického uzavírání zcela zablokuje průtok potrubím nebo vypne čerpadlo. Systém nepřetržitého poplachu kontinuálně sleduje stav v potrubí například pomocí automatického systému pro interní monitorování, detekci výparů nebo intersticiální monitorování. V případě podezření na únik se okamžitě spustí zvukový nebo vizuální poplach. Intersticiální monitorování nebo detektory výparů lze kombinovat s uzavíracími prvky, kdy při detekci úniku systém automaticky přeruší tok v potrubí. Takový systém splňuje

současně požadavky na automatickou detekci netěsnosti a zároveň je zajištěno měsíční monitorování.

Jednotlivé typy detekce uvádí Obrázek 5.



Obrázek 5 - Typy detekce úniku
zdroj: vlastní; podle www.epa.gov [17]

3.2.3 Požární bezpečnost

Letecké pohonné hmoty jsou hořlavé látky a při jejich plnění do letadel existuje nebezpečí požáru. Z toho důvodu jsou stanovena příslušná protipožární opatření. Pasivním protipožárním opatřením je stanovení ochranných pásem v okolí skladů s leteckými palivy, jejichž velikost se liší v závislosti na objemu a konstrukci skladovacích nádrží a druhu skladovaného produktu. Mezi aktivní opatření se řadí stanovení požárního vybavení, druhu a množství hasicích látek, postupů při hašení a zásad pro provoz objektu. [10]

K vzplanutí leteckého paliva nemusí dojít pouze stykem s ohněm nebo hmotou o vysoké teplotě, ale také při výboji statické elektřiny. Všechny části palivového systému proto musí být vodivě připojené a uzemněné. Při plnění musí být plnicí zařízení propojeno s letadlem. [10]

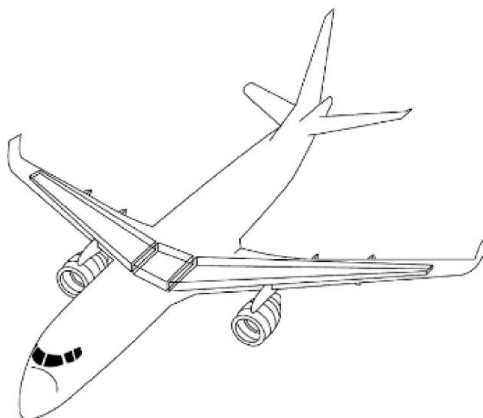
Organizace zásahu při úniku leteckých pohonných hmot je nejčastěji v kompetenci hasičského sboru, který disponuje potřebným vybavením. Je třeba odborně zhodnotit situaci z hlediska rizik možného požáru. [10]

4 Plnění letadel jako součást technického odbavení

4.1 Způsoby plnění LPH dle typu A/C

Všechna letadla s pístovými motory, některá menší letadla s turbínovými motory (například letoun L- 410) a většina helikoptér se plní samospádem z horní strany křídla. Během plnění je do nádrže přiváděn otevřený proud paliva, dochází k víření hladiny a poměrně vysoké míře vypařování. Při plnění spádovým způsobem mohou vzniknout až dvouprocentní ztráty a proto je tento postup u velkých dopravních letadel pouze záložní. U komerčních letů je významným provozním faktorem doba obrátky letadla. Tlakový způsob plnění umožňuje načerpat velké množství paliva do letadlových nádrží výrazně rychleji a stal se standardem pro tankování komerčních i vojenských letadel s velkoobjemovými nádržemi. Plnění spádovým způsobem zůstává k dispozici zejména pro účely údržby či pro případ nezbytného vypuštění paliva v případě nehody. [18] [19] [20]

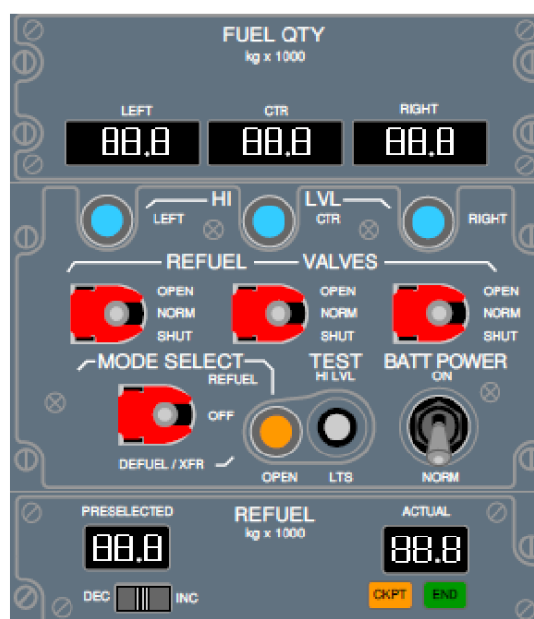
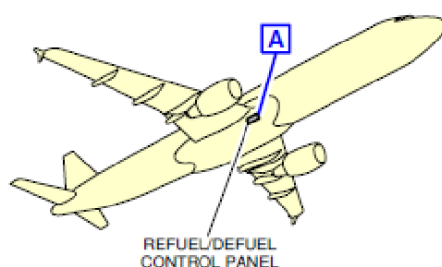
Obrázek 6 zobrazuje typické uspořádání palivových nádrží dopravního letounu. Nejběžnějším místem pro umístění nádrží je konstrukce křídel, v mnoha komerčních letadlech jsou další nádrže instalovány v prostoru mezi křídly. Letouny s dlouhým doletem a business jety mohou mít ocasní nádrže, případně další nádrže umístěné v konstrukci trupu. Trup je však primárně určen k umístění kokpitu a avionického zařízení a pro přepravu cestujících a nákladu. [18]



Obrázek 6 - typické uspořádání palivových nádrží dopravního letounu
zdroj: Aircraft Fuel Systems [18]

Standardně se dopravní letouny tankují tlakově přes plnicí panel. Ten se nachází na snadno přístupném místě na trupu či křídle letadla. Plnicí panel sestává z plnicího hrdla, plnicích ventilů jednotlivých nádrží a také ukazatelů množství paliva v jednotlivých nádržích. [19] [20]

Příklad plnicího panelu znázorňuje Obrázek 7. Jedná se o standardní konfiguraci plnicího panelu letounu Airbus A320.



A

Obrázek 7 - Plnicí panel letounu A320-200 a A320neo
 zdroj: Airbus A320 Aircraft Characteristics Airport and Maintenance Planning [21]

Vstupní otvory pro tlakové plnění do palivových nádrží proudových letadel jsou umístěny na spodní straně křídla. V případě úzkotrupých dvoumotorových letadel je otvor zpravidla umístěn na pravém¹⁶ křídle vpravo od motoru, případně osově souměrně na obou křídlech (na základě analýzy *Aircraft Characteristics Airport and Maintenance Planning* letadel Airbus A318 [22], Airbus A319 [23], Airbus A320 [21], Airbus A321 [24], Boeing 737 [25], Boeing 757-200/300 [26], Bombardier CRJ100/200/440 [27] a Embraer 190 [28]). Širokotrupá dvoumotorová letadla mají nejčastěji čtyři vstupní otvory do nádrží, všechny na jednom křídle (Airbus A330-200/800 [29]), nebo dva vstupy na pravém a dva vstupy na levém křídle (Airbus A330-200F/300/900 [29], Airbus A350 [30], Boeing 777 [31]).

¹⁶ Konečné umístění vstupního otvoru pro tlakové plnění závisí na konkrétní modifikaci letadla a odvíjí se od požadavků majitele.

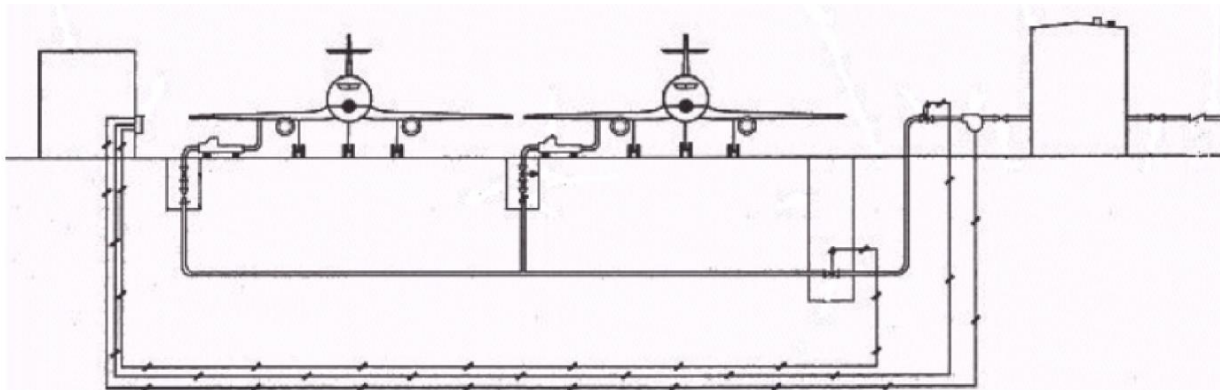
Čtyřmotorová letadla mohou mít kromě dvou tlakových vstupů na každém z křídel (Airbus A340 [32], Airbus A380 [33]) ještě vstupní otvor do palivové nádrže v ocasu (Boeing 747-8 [34]). Centrální nádrž je plněna přečerpáním paliva z křídelních rezervoárů.

Během plnění letadla tlakovým způsobem musí být zapnuta palubní elektrická síť a ukazatele množství paliva v nádržích. Některá letadla jsou vybavena elektronickým systémem pro řízení palivové soustavy FMS, který zajišťuje řízení dopravy paliva do i v rámci palivového systému, měření množství paliva v palivových nádržích, kontroly a testy palivového systému a řízení regulace teploty paliva. V případě takových letadel lze řídit postup plnění od plnicího panelu nebo z pilotní kabiny. Po načerpání předvoleného objemu, případně hmotnosti paliva, uzavře systém automaticky plnicí ventil přívodu. [19]

Proti přeplnění nádrží slouží plovákové vypínače. Při správném fungování uzavře plovákový vypínač po úplném naplnění kapacity rezervoáru plnicí ventil, v opačném případě přeteče palivo odvodušňovacím potrubím do ventilační nádrže. Ventilační (vyrovnávací) nádrže jsou pomocné rezervoáry na koncích křídel velkých dopravních letounů, které zamezují rozlití paliva během plnění nebo manévru letounu a kompenzují dopad tepelné roztažnosti paliva. Po zaplnění ventilační nádrže vytéká palivo z křídla ventilačním otvorem. [19]

4.2 Způsoby plnění letadel dle typu distribuce

Existují dva základní typy distribuce leteckých pohonných hmot z letištních skladů. První možností je použití cisternových vozidel, které plní letadlo palivem prostřednictvím hadice přímo z vlastní nádrže. Druhý způsob využívá podzemní potrubní palivový systém, který dopravuje letecké palivo ze skladovacích nádrží k hydrantovým ventilům na jednotlivých stáních. Typický hydrantový systém schematicky uvádí Obrázek 8. K samotnému plnění letadla se využívá speciální dávkovací vozík. Letecké palivo proudí jednou hadicí z hydrantového ventilu do dávkovače a druhou hadicí z dávkovače do letadla.



Obrázek 8 - Schéma hydrantového rozvodného systému
zdroj: Aircraft Fuel Hydrant System Design Issues [9]

4.3 Pohyb mobilních plnicích prostředků a jejich rozvržení na stání

Postupy plnění letadel uvádí Doc 9137 *ICAO Airport Services Manual*. Odpovědnost za přijetí potřebných bezpečnostních opatření během této rizikové činnosti ukládá orgánům letiště, provozovatelům letadel i plnicí společnosti. Plnění letadel leteckými pohonnými hmotami by mělo probíhat na volném prostranství. [35]

4.3.1 Pohyb mobilních plnicích prostředků po odbavovací ploše

Mobilní plnicí prostředky nesmí být poháněny příliš vysokou rychlostí a při pohybu musí být dodrženy rychlostní limity stanovené vnitřními předpisy letiště. Kde není rychlost stanovena předpisem, uplatní se pro pohyb na ploše limit 25 kilometrů v hodině. Co nejdříve po opuštění parkovacího stání by měla být ověřena funkčnost brzd. Používání mobilního telefonu, během řízení plnicích prostředků je přísně zakázáno. [2]

Přiblížení plnicího vozidla k letadlu by mělo probíhat takovým způsobem, aby v případě selhání brzd MMP nedošlo ke srážce. Funkčnost brzd se ověřuje asi 15 metrů od daného stání. Dokud svítí protisrážková světla letadla, nesmí se plnicí vozidla k letadlu přiblížit. [2]

4.3.2 Vjezd a výjezd mobilních plnicích prostředků do a z prostoru stání

Pro každou parkovací pozici letadel na stojánci je třeba vypracovat plán správného rozmístění plnicích vozidel a pokyny pro bezpečný vjezd a výjezd do konkrétní pozice na stání. Plány musí obsahovat minimálně následující údaje:

- ✗ číslo a umístění stojánky;
- ✗ typy všech letadel, která pravděpodobně využijí stání;
- ✗ umístění hydrantových šachet a tlačítek nouzového odstavení hydrantového systému (je-li k dispozici);
- ✗ příjezdové a odjezdové trasy plnicích vozidel (znázorněné barevnými šipkami);
- ✗ parkovací pozice prostředků během plnění;
- ✗ náhradní parkovací pozice prostředků při čekání na plnicí činnost. [2]

MMP mají být na stání umístěny tak, aby nebránily přístupu vozidel požární a záchranné služby a neblokovaly evakuaci z obsazených částí letadla. Je třeba zajistit volný výjezd plnicích vozidel po celou dobu plnění pro případ vynuceného urychleného odjezdu. [35]

Při tvorbě plánu je třeba vynaložit veškeré úsilí pro zamezení nutnosti reverzních manévru plnicích prostředků. Plnicí prostředky by se měly v souladu s platnými plány stání pohybovat dopředu do polohy pro čerpání paliva a mít připravenou dopřednou odjezdovou trasu. Pokud je nezbytné, aby prostředek v prostoru stání couval, musí při manévru asistovat vodící obsluha. Zaměstnanec musí kontrolovat prostor za vozidlem a mít vizuální kontakt s řidičem po celou dobu manévru. Jako pomocné prostředky mohou být použity například kamery

umístěné na zadní straně plnicího prostředku s obrazovkou uvnitř kabiny nebo reverzní senzory. Couvání plnicích vozidel s přívěsy je zakázáno. [2]

4.3.3 Rozmístění mobilních plnicích prostředků na stání

Prostředky určené k plnění letadel leteckými pohonnými hmotami by měly být na stání rozmístěny tak, aby nezasahovaly do bezpečnostních zón odvětrávacích ventilů letadla (o poloměru nejméně tři metry), výfukových proudů pomocné napájecí jednotky APU a dalších. Plnicí hadice by měly být umístěny tak, aby se minimalizovalo nebezpečí jejich přejetí jinými MMP. Pozice prostředků by navíc měla umožnit, aby plnicí hadice připojené k přírodním otvorům na spodní straně křidel letadla visely volně a svisle. [2]

Prostředky určené k plnění pod křídlem letadla musí mít dostatečně nízký profil. Je třeba vzít v úvahu možný pokles částí letadla při zvýšení jeho hmotnosti v důsledku plnění¹⁷ a rovněž vliv větru. Pro dodržení bezpečné vzdálenosti mezi plnicím prostředkem a křídlem letadla je vhodné, aby sloty a klapky křídla byly po celou dobu čerpání paliva zataženy. S výjimkou prostředků k tomu schválených nesmějí být pod křídlem letadla umístěny motory plnicího vozidla. [2] [35]

Řidič nesmí opustit kabinu plnicího prostředku, dokud nejsou sepnuty a zajištěny parkovací brzdy. [2]

Během čerpání leteckých pohonných hmot by žádná vozidla nesouvisející s činností tankování neměla projíždět nebo být zaparkována pod křídly plněného letadla. Tyto mobilní mechanizační prostředky musí být umístěny v požadované vzdálenosti od plnicích a odvětrávacích ventilů, plnicího prostředku a hadic. Výfukové systémy těch vozidel, které se musí pohybovat v takzvaném palivovém pásmu plněného letadla, musí být podrobeny přísné pravidelné údržbě, aby se zabránilo emisím jisker či plamenů schopných zapálit palivo nebo palivové páry. [35]

Provozní problémy mohou být způsobeny nevhodným postavením letadla na stání nebo pro daný typ letadla nevhodně umístěným hydrantovým ventilem. Motor letadla nesmí blokovat přístup do šachty hydrantu, ani nesmí být umístěn výstupní částí přímo před šachtou. V takových případech musí být před použitím šachty letadlo přemístěno do správné pozice. [2]

4.3.4 Operace plnění

Obsluhující personál musí mít jasný výhled na ovládací panely a plnicí ventily nádrží. Ke kontrole se používá instalované bezpečnostní zařízení typu *dead man*. Pokud je to

¹⁷ U některých typů letadel může křídlo klesnout o více než 1 metr během plnění palivem. [2]

možné, plnění by mělo být řízeno z úrovně země. Musí-li být pro přístup k plnicím ventilům nádrží použita plošina, nesmí s ní být během čerpání paliva manipulováno. Kontrola plnicích ventilů na druhém křídle by měla být umožněna, aniž by musel obsluhující personál opustit plnicí zónu. [2]

Běžné činnosti technického odbavení, jako například manipulace se zavazadly nebo cateringem, mohou být během plnění letadla prováděny. V případě zjevných závad na zařízeních pracujících v oblasti šesti metrů od plnicích operací musí být takové jednotky zastaveny a nesmí být znovu uváděny do provozu až do ukončení čerpání paliva. Během plnicích operací se nesmí provádět odmrazování letadel. Pokud je to možné, mělo by se odmrazovat až po plnění. Pokud je odmrazování vyžadováno v průběhu čerpání paliva do palivové nádrže, musí být plnicí operace přerušena až do jeho ukončení. Jakékoliv rozlití odmrazovací kapaliny pravděpodobně vytvoří kluzký povrch plochy. Z toho důvodu je zakázán pohyb plnicích cisteren v okolí letadla v průběhu odmrazování. [2]

Pomocná energetická jednotka APU se musí startovat před zahájením plnění letadla, respektive před otevřením uzávěrů palivových nádrží. Přestane-li během plnění z jakýchkoliv důvodů APU pracovat, neměla by být znovu spuštěna, dokud hrozí riziko vznícení palivových par. V průběhu plnění se rovněž nesmí připojovat a startovat pozemní energetické zdroje GPU. Pro snížení rizika vzniku jisker v palivovém pásmu musí být mobilní telefony, radiové přijímače a vysílače i další přenosná elektrická zařízení v bezprostřední blízkosti plnicích a odvzdušňovacích ventilů v době plnění vypnutá. Používání jakýchkoliv zařízení s otevřeným ohněm by mělo být zakázáno na odbavovací ploše a rovněž ve vzdálenosti 15 metrů od letadla, do kterého jsou plněny nebo odčerpávány letecké pohonné hmoty. Jedná se například o otopná tělesa, svářečí a řezací hořáky či světla s otevřeným plamenem. Dále je přísně zakázáno kouřit. [35]

Zvláštní pozornost by měla být věnována plnění a odčerpávání paliva v průběhu bouřky. V případě silného větru může dojít k utržení hadice od plnicího ventilu a následné rozlití paliva, při zásahu letadla bleskem k vážnému nebezpečí ohrožení pozemního personálu i majetku. Během prudkých místních bouřek je tedy plnění letadel z bezpečnostních důvodů zakázáno. [35]

Při plnění a odčerpávání letadla hrozí nebezpečí vzplanutí leteckých pohonných hmot výbojem statické elektřiny. Za určitých podmínek se může elektrostatický náboj nahromadit na povrchu letadla nebo plnicího prostředku. Nebezpečí jiskření je třeba odstranit vyrovnáním elektrických potenciálů obou těles před otevřením nádrže s palivem. K tomuto účelu se používá kabel pro vodivé propojení určených míst letadla a palivového prostředku, jako záložní cesta obvykle funguje elektricky vodivá plnicí hadice. Individuální uzemnění

letadla nebo palivového vozidla může sloužit jako další bezpečnostní opatření, ale není předpisem vyžadováno. Uzemnění ani vodivé propojení letadla s palivovým vozidlem nezabraňuje vzniku elektrostatického náboje v palivu. V případě dostatečného potenciálu by mohlo dojít k jiskření v nádrži letadla. Z toho důvodu se do pohonných hmot pro leteckou dopravu přidávají antistatické přísady, které významně přispívají ke snížení rizika jiskření. [35]

Rozlití paliva představuje nebezpečí požáru a způsobuje poškození životního prostředí. Letecké motory mohou být zdrojem požáru, pokud jsou horké. Je třeba věnovat zvláštní pozornost tomu, aby nedocházelo k rozlití paliva během horkého provozu motoru, zejména pokud je palivové zařízení v těsné blízkosti letadla. Pokud dojde k úniku paliva, musí být zastaveny plnicí operace a dále se postupuje v souladu s místními předpisy. [2]

Je nezbytné, aby byla během plnění a odčerpávání leteckých pohonných hmot k dispozici snadno přístupná přenosná hasicí zařízení vhodná alespoň pro počáteční zásah v případě požáru paliva. Přítomný personál musí být řádně vyškolen k jejich použití. Rovněž musí být instalovány prostředky k rychlému přivolání požární a záchranné služby v případě požáru nebo při významném rozlití paliva. Je nezbytné zajistit pravidelnou kontrolu a údržbu, aby byla zařízení stále v plně provozuschopném stavu. [35]

Před opuštěním letadla po dokončení plnění musí obsluhující zaměstnanci obejít celé letadlo a provést jeho závěrečnou kontrolu pro ověření, že bylo plnicí vozidlo správně odpojeno a všechna víka palivových nádrží namontována zpět. [2]

4.4 Plnění letadel s cestujícími na palubě

Zvláštním případem je plnění paliva v průběhu nástupu či výstupu cestujících nebo s cestujícími na palubě letadla (dále jen „plnění letadla s cestujícími na palubě“). Tento postup je leteckými společnostmi vyžadován především pro zkrácení doby průletu. *Airport Services Manual* uvádí, že odčerpávání paliva z letadla v průběhu nástupu či výstupu cestujících nebo jsou-li cestující přítomni na palubě, by nemělo být realizováno, protože představuje větší riziko vzniku požáru z jiskření než plnění. Bezpečnostní požadavky na plnění letadla s cestujícími na palubě upravuje příloha Chicagské smlouvy Annex 6 *Operation of Aircraft* a jeho oficiální české znění letecký předpis L 6 Provoz letadel.

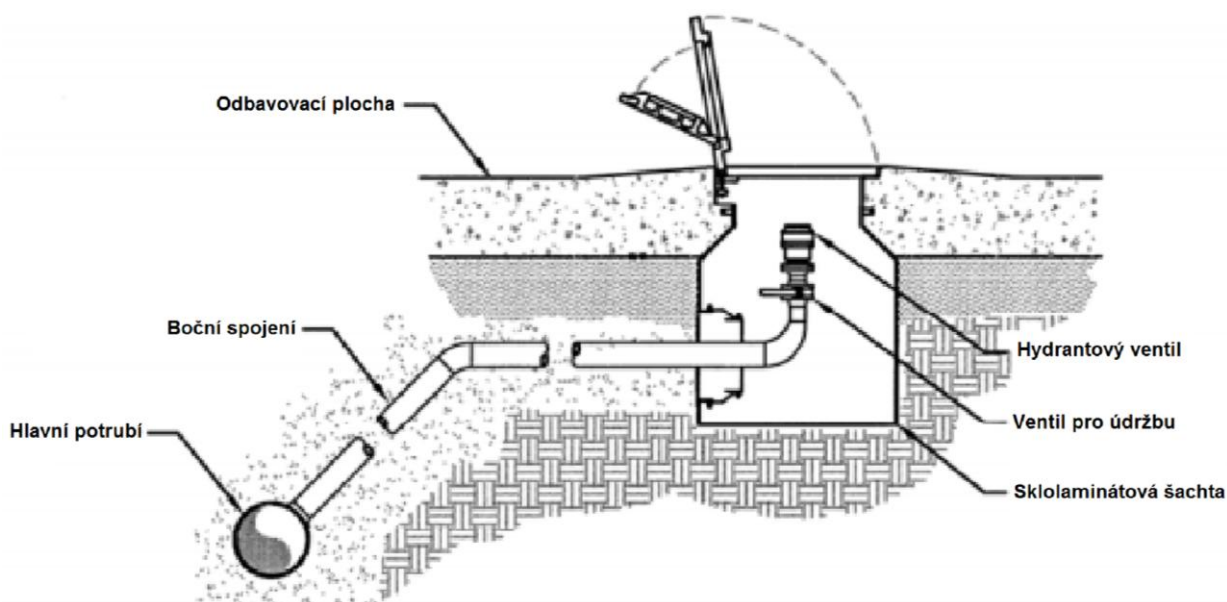
Předpis vyžaduje během plnění s cestujícími na palubě přítomnost velitele letadla nebo jiného kvalifikovaného personálu připraveného okamžitě zahájit a řídit evakuaci letounu. V průběhu celého procesu má být udržována obousměrná komunikace mezi pozemním personálem dohlížejícím na průběh plnění paliva a velitelem letadla, případně danou kvalifikovanou osobou. Pokud se plní palivo jiné než letecký petrolej nebo dojde-li při plnění

paliva ke smíchání leteckého petroleje s jinými palivy pro turbínové motory, jsou vyžadována další bezpečnostní opatření. Stejně je to v případě použití otevřené plnicí linky. [36] [37]

Požadavky dále rozvíjí *Airport Services Manual*. Cestující musí být na zvláštní způsob plnění upozorněni. Platí zákaz kouření a manipulace s otevřeným ohněm. V kabině musí svítit transparent „Zákaz kouření“ a být zapnuto nouzové osvětlení. Světelný transparent „Připoutejte se“ musí být zhasnutý. Na palubě letadla musí být za všech okolností k dispozici dostatečný počet palubních průvodčích nebo jiných zaměstnanců dostatečně vyškolených v nouzových evakuačních postupech pro konkrétní typ letadla a v dorozumívání se s letovou posádkou. Je nezbytné zajistit volný přístup k nouzovým východům, k otevřeným vstupním dveřím musí být přistaveny schody nebo nástupní mosty. Vyžaduje-li to provozní situace nebo meteorologické podmínky, je možné provádět plnění s cestujícími na palubě při zavřených vstupních dveřích. Východy nesmí být zamčeny a u každého z nich musí být přítomen palubní průvodčí. Prostor určený pro použití skluzů a prostranství kolem letadla určené pro evakuaci musí být volné. [35]

5 Hydrantový rozvodný systém

Hydrantový systém distribuuje palivo po letištní ploše prostřednictvím podzemního potrubí. Potrubní systém končí na odbavovací ploše hydrantovými ventily (viz Obrázek 9) nebo výdejními stojany. Výdejní stojan je vybaven vlastní hadicí, navijákem, filtrem a odlučovačem vzduchu. K hydrantovému ventilu je třeba připojit mobilní prostředek, který obstarává čerpání paliva z podzemního potrubí do letadla (viz Obrázek 10 a Obrázek 11). Jako mobilní hydrantové prostředky slouží hydrantové dispenzery nebo malý tažný servisní vozík. Tažné servisní vozíky jsou obvykle dlouhodobě umístěny na konkrétním stání (viz Obrázek 12). Letadla, která mají vysoko umístěné vstupní otvory do palivových nádrží, je třeba plnit z hydrantových dispenzerů za použití výškově nastavitelné se zdvihací plošiny (viz Obrázek 13). [8] [10]



Obrázek 9 - Schéma části hydrantového rozvodného systému na odbavovací ploše
zdroj: Aircraft Fuel Hydrant System Design Issues [9]; přeloženo



Obrázek 10 - Detail hydrantového ventilu
zdroj: Cavotec Market Unit Brochure [38]



Obrázek 11 - Hydrantový ventil na odbavovací ploše
zdroj: Cavotec Market Unit Brochure [38]



Obrázek 12 - Tažný servisní vozík
zdroj: www.garsite.com [39]



Obrázek 13 - Mobilní hydrantový prostředek se zdvižnou plošinou
zdroj: www.garsite.com [39]

Palivo proudí hydrantovým palivovým systémem za pomoci libovolného množství odstředivých čerpadel, čerpadel s turbodmychadlem nebo turbín, které pracují paralelně. Cílem konstrukce hydrantového palivového systému a řídicí jednotky je minimalizovat kolísání tlaku v systému. Náhlé změny tlaku v systému mohou poškodit potrubí nebo zařízení, způsobit ztrátu paliva nebo ohrozit bezpečnost obsluhy. K udržení konstantního tlaku slouží kulové a zpětné ventily v potrubí. Elektronický řídicí systém monitoruje a reguluje tlak řízením práce čerpadel. Je-li plněno více letadel současně, dle potřeby se spustí další čerpadlo, aby byl udržen konstantní tlak v systému. [8]

Při návrhu hydrantového palivového systému je vhodnější zvolit kontinuální smyčku, než několik koncových bodů. Smyčkový systém pomáhá eliminovat stojaté palivo a potenciál pro hromadění mikrobiálních nebo jiných kontaminantů. Správně navržený hydrantový systém zohledňuje potřeby údržby, testování, uzavírání a odvodňování systému, aniž by to mělo vliv na jiné palivové oblasti letiště. Jedním ze způsobů, jak zmírnit dopad poruchy v systému je instalovat dvě paralelní potrubí s menšími průměry. Ačkoliv je tento způsob dražší, umožňuje vypnout jednu linku při zachování schopnosti plnit letadla. [8]

5.1.1 Údržba hydrantových systémů

V některých částech palivového potrubí se může hromadit voda a další kontaminanty. Dokument JIG 2 uvádí pravidla pro rutinní proplach nízkých bodů v potrubí, šachet a linií. Všechny nízké body hydrantu musí být jednou za týden propláchnuty vysokou rychlostí. Linií je odváděna voda a sedimenty, dokud se nedosáhne čirého vzorku. Pro případ odpojení nebo prasknutí hadice během splachování musí být instalováno nouzové tlačítko nebo stanoveny postupy pro nouzové zastavení průtoku. Pokud se zjistí nadměrné množství vody nebo usazenina nebo není-li možné získat uspokojivý vzorek pro vizuální kontrolu, musí být informovány plnicí společnosti a zahájeny kroky ke zjištění zdroje znečištění. Dodatečné kontroly čistoty paliva v hydrantovém systému, včetně častějšího proplachování nízkých bodů, je třeba provádět během a bezprostředně po jakýchkoliv technických pracích. [3]

Povrch hydrantové šachty a všechny vnitřní komponenty musí být vždy čisté a suché. Pravidelně se provádí přiměřené čištění a nejméně jednou týdně kontrola stavu. Statické kontroly těsnění se provádí jednou měsíčně. Jednou za rok je třeba provést dynamickou zkoušku uzavírací klapky. Doba pro uzavření ventilu by měla být mezi dvěma a pěti sekundami. Kontrola funkčnosti ventilu musí být provedena pod tlakem při nejvyšším průtoku, který je možné uskutečnit a může být provedena během plnění letadla. Pokud se některá hydrantová šachta na letecký petrolej nepoužije po dobu tří měsíců, musí být vypuštěno přívodní potrubí a odebrán vzorek pro vizuální kontrolu¹⁸. [3]

Všechna zařízení používaná pro proplachování nízkých bodů a hydrantových šachet musí být navržena pro používání ropnými produkty a konstruována dle vyžadovaných bezpečnostních norem. Mobilní prostředky musí být vybaveny blokovacím systémem, který zabrání odjetí nebo odvalení zařízení během procesu proplachování. Proplachovací zařízení musí být vybaveno nejméně jedním hasicím přístrojem na suchý prášek o obsahu minimálně 9 kilogramů. Zařízení musí mít nízký bod s vypouštěcím ventilem, místo pro odběr vzorků a být vybaveno polovodivou hadicí s tlakovou spojkou. Musí být zajištěna ochrana proti přeplnění nádrží namontovaných na vozidle a prostředek k určení proplachovaného objemu. Proplachovací zařízení by mělo být před použitím otestováno na přítomnost vody a sedimentu. Po použití musí být propláchnutý produkt usazen a veškerá voda a sedimenty odstraněny z nízkého bodu zařízení před tím, než je produkt vrácen do skladu. Pokud se v zařízení objeví větší množství vody nebo sedimentu, musí se vyplachování opakovat. [3]

¹⁸ Pokud daná šachta stoupá přímo z hlavního potrubí, prodlužuje se frekvence výplachu na dobu jednoho roku a provádí se při roční dynamické zkoušce ventilů. [3]

5.1.2 Bezpečnostní opatření

Pro rychlé odstavení hydrantového systému slouží tlačítka nouzového zastavení ESB. Ta musí být jasně identifikována a snadno přístupná. Měsíční kontrola nouzového odstavení se provádí tak, aby funkčnost každého tlačítka byla ověřena nejméně dvakrát za rok. Z úseku hydrantového systému s nefunkčním nouzovým vypínáním není možné odebírat palivo. Musí být stanoveny alternativní postupy dočasného nouzového zastavení, se kterým musí být všichni uživatelé systému dobře seznámeni. Systém ESB musí být opraven a vrácen do provozu v co nejkratší době. [3]

Systémy pro detekci netěsností hydrantového systému uvádí kapitola 3.1.6. Pokud hydrantový systém není vybaven detektory, musí být nejméně jednou měsíčně kontrolován. Testování probíhá při normálním provozním tlaku, kdy nedochází k odběru paliva. Sleduje se pokles tlaku v průběhu nejméně dvou hodin. Jakékoliv zvýšení tlakové ztráty v porovnání s předchozími výsledky měření, které nelze přičítat změnám zkušební tlaku nebo teploty paliva, může být indikací netěsností v systému a je nezbytné provést další šetření. Všechna podzemní palivová potrubí bez systému detekce úniků se každý rok testují na maximální provozní tlak. [3]

Ventilové komory musí být otevřeny a vizuálně zkontrolovány nejméně jednou za čtvrt roku. Jakákoli voda obsažená v komorách musí být před inspekcí odstraněna. Kontrola se zaměřuje na vznik koroze, úniky produktu a stav komory. Pokud je v komoře nějaký důkaz o přítomnosti uhlovodíku, je třeba podrobná inspekce potrubí a těsnosti ventilu. Čtvrtletní prohlídka není vyžadována, pokud je funkční systém detekce úniku paliva a nebyl zaznamenán průnik vody. Podrobná vnitřní vizuální inspekce se provádí jednou ročně. Kontroluje se stav koroze, těsnění, elektrického kabelu a stav komory se zvláštním zřetelem na místa, která se nedají během čtvrtletní prohlídky snadno prohlédnout. [3]

5.2 Výhody a nevýhody hydrantového rozvodného systému

Oba popsané způsoby distribuce mají své silné i slabé stránky, jak je popsáno v následujícím textu. Výhody a nevýhody hydrantového rozvodného systému shrnuje Tabulka 4.

Plnění velkokapacitních letadel zajišťují obvykle dvě až tři autocisterny s příslušnými pracovníky. Plnicí vozidla zabírají velký prostor stání a ztěžují průběh dalších činností technického odbavení. Oproti tomu čerpání leteckého paliva z potrubního systému může zajistit jeden pracovník s mobilním hydrantovým prostředkem. Do letadla je možné poměrně vysokou rychlostí natankovat libovolné množství paliva. Hydrantový systém má menší nároky na pracovní síly a současně snižuje množství mobilních prostředků pohybujících se

v bezprostřední blízkosti letadla. Tím zvyšuje bezpečnost a zkracuje dobu technického odbavení. Snižuje se také množství vozidel pohybujících se po obslužných komunikacích letiště.

Výhodou hydrantového systému je snížení rizika vzniku požáru. Po odbavovací ploše letiště se nepohybují cisterny s velkým množstvím vysoce hořlavých leteckých pohonných hmot. Hydrantové mobilní prostředky mají palivo pouze v hadicích a filtrech. Hydrantový systém přináší také vyšší ekologickou bezpečnost. Při použití autocisteren existuje vyšší riziko úniku nebo rozlití leteckých pohonných hmot. Řídicí jednotka hydrantového systému monitoruje a reguluje stav soustavy. Jsou kladeny menší nároky na údržbu a současně je zabezpečena vysoká kvalita leteckého paliva.

Při dostatečném objemu dodávky leteckého paliva jsou provozní náklady na plnění nižší při použití hydrantového systému než při distribuci autocisternami. Hlavním důvodem je snížení nákladů na pracovní síly a na množství provozních kapalin plnicích vozidel. Eliminuje se počet cest mezi místem, kde dochází ke stáčení leteckých pohonných hmot ze skladovacích nádrží do autocisteren, a provozní plochou. Zároveň lze plnění zajistit prostřednictvím menšího počtu plnicích vozidel. V případě malého odběru ovšem hrozí degradace kvality produktu v potrubí a část paliva musí být před výdejem do letadla odčerpána, což naopak náklady zvyšuje.

Nevýhodou hydrantového systému jsou vysoké investiční náklady. Ty se liší podle rozsahu budovaného systému, případně možností etapizace výstavby. Je třeba posoudit délku potrubí, počet stání a způsob stavebních prací pro uložení systému pod infrastrukturu letiště. Při navrhování a výstavbě hydrantového systému je důležité zabezpečit vysokou kvalitu práce a materiálu, protože náklady na opravy a rekonstrukci jsou vysoké. Rovněž náklady na likvidaci ropné havárie úniku pod odbavovací plochou mohou několikanásobně přesáhnout náklady na výstavbu. Životnost systému je však v porovnání s distribucí leteckého paliva pomocí autocisteren delší. [40]

Nevýhodou hydrantového rozvodného systému je nutnost zásahu do infrastruktury letiště v případě implementace nebo opravy systému. Stejně jako při realizaci jiných letištních staveb dochází k narušení provozu. Skladovací nádrže jsou obvykle umístěny v odlehlých částech letiště a rozvodná potrubí tak musí být vedena pod pohybovou plochou¹⁹. Ve světě je pro instalaci potrubí často využívána technika protlačování²⁰, která umožňuje implementaci pod aktivními drahami a tím minimalizuje dopad stavebních prací na provoz letiště. [41] [42]

¹⁹ Pohybová plocha (Movement area) je „část letiště určená pro vzlety, přistání a pojiždění letadel, sestávající z provozní plochy a odbavovací plochy (ploch)“. [82]

²⁰ Protlačování (microtunneling) je bezvýkopová konstrukční metoda pro instalaci podzemního potrubí s kontrolovaným vedením směru provádění. [42]

Složitější je implementace systému přímo na stojance, kterou je nutné během instalace uzavřít.

Tabulka 4 – Výhody a nevýhody hydrantového rozvodného systému
zdroj: vlastní

VÝHODY	NEVÝHODY
✘ Vyšší úroveň požární bezpečnosti	✘ Vysoké investiční náklady
✘ Vyšší úroveň ochrany životního prostředí	✘ Nutnost přesné pozice letadla na stání
✘ Menší plocha zabraná vozidlem během činnosti plnění letadla	✘ Nízká flexibilita
✘ Vysoká rychlost plnění libovolného množství paliva	✘ Vysoké náklady na opravy
✘ Menší provozní náklady při dostatečném ročním průtoku leteckého petroleje	✘ Potřeba mít k dispozici několik ACLPH
✘ Menší nároky na pracovní sílu	
✘ Redukce provozu na obslužných komunikacích	
✘ Snazší zajištění vysoké kvality paliva	
✘ Menší nároky na údržbu	

Na velkých mezinárodních letištích jsou v současné době upřednostňovány hydrantové systémy před plněním letadel autocisternami. Tento způsob distribuce leteckého paliva podle analýzy pramenů zvyšuje bezpečnost, zkracuje dobu odbavení letadla a je ekonomičtější.

6 Analýza současného stavu na letišti Praha/Ruzyně

6.1 Předpisová základna

Provozní postupy na letišti Praha/Ruzyně byly zpracovány na základě *Guidelines for Aviation Quality Control & Operating Procedures for Joint Airports Depots JIG 2*. Zavedené bezpečnostní postupy jsou v souladu s obecně platnými předpisy a s provozními předpisy výrobce zařízení. Dodržují se specifické předpisy a postupy pro údržbu strojů, mechanismů a technologických zařízení, které jsou součástí dodavatelské dokumentace.

6.2 Systém pro zásobování leteckým palivem

Systém pro zásobování a manipulaci s leteckými pohonnými hmotami na letišti Praha/Ruzyně sestává ze tří základních částí. Stáčiště s železniční vlečkou se nachází v Kněževsi, kam je přivedena kolej ze železniční stanice Středokluky, centrální sklad se strojovnou a depo autocisteren jsou situovány přímo na letišti. Tyto části jsou propojeny potrubím a ovládacími spoji. [43]

Celý proces (od okamžiku příjmu leteckých pohonných hmot od dodavatelů až po jeho čerpání do autocisteren) je od roku 2009, kdy došlo k významné modernizaci technického zařízení pro zásobování leteckými pohonnými hmotami, monitorován. Implementací automatického systému řízení a systému pro měření a regulaci se zvýšila provozní bezpečnost zásobování letiště leteckým palivem. [43] [44]

Systém je přizpůsoben k manipulaci s leteckým petrolejem JET A-1. Postup skladování a manipulace leteckých pohonných hmot na letišti Praha/Ruzyně přehledně uvádí Příloha A.

6.2.1 Stáčiště se železniční vlečkou v Kněževsi

Z železniční stanice ve Středoklukách je na stáčiště v Kněževsi přivedena průjezdná kolej dále vedoucí do firmy Kámen Zbraslav. Pro snadný průjezd požární techniky je tato kolej osazena betonovými panely. Před zahájením stáčení je nutné provést kontrolu dodávky. Obsluha stáčiště kontroluje dokumentaci²¹ a neporušenost plomb každé železniční cisterny, a rovněž odebírá z každé železniční cisterny vzorek pro kontrolu kvality paliva. Letecký petrolej je přezkoumán podle vzhledu, dále se pomocí chemického detektoru zjišťuje přítomnost vody a měří se hustota, vodivost a teplota paliva. Stáčení může být zahájeno až po ověření, že dodávka splňuje všechny předepsané normy. V opačném případě se železniční cisterny vrací po dohodě s majitelem pohonných hmot zpět do rafinerie. [43] [45]

²¹ Zaměstnanci stáčiště před zahájením příjmu produktu kontrolují správnost a kompletnost dokumentace k dodávce. Potřebnými dokumenty jsou železniční nákladový list, certifikát kvality, uvolňovací certifikát, dodací list a v případě zahraničních zásilek rovněž celní dokumenty. [43]

Na stáčišti jsou v kryté hale dvě stáčecí koleje uložené v nepropustných betonových vanách. Zastřešením se zabraňuje vzniku kontaminovaných dešťových vod. Úkapy ropných látek a voda jsou ze stáčecích kolejí odváděny záchytnými žlaby do bezodtokové havarijní jímky o objemu 60 m³. Mezi kolejemi jsou vyvedeny stáčecí armatury s hadicemi a odkalovací výlevky. Odkalovací ocelové potrubí vede letecký petrolej JET A-1 z šestnácti výlevek do přečerpávací odkalovací nádrže o objemu 2 m³ a ústí do nádrže na odkalené palivo. Dvouplášťová nádrž o objemu 20 m³ je uložena v betonovém lůžku a zasypaná pískem. V podloží nádrže je umístěna čichací sonda. Indikaci případného úniku kapaliny do meziprostoru zajišťuje vibrační snímač. [43]

Stáčení leteckého petroleje JET A-1 se provádí samospádným způsobem z osmi zdvojených stáčecích míst. Každé stáčecí místo je vybaveno odkalovací soupravou pro zajištění hospodárného odkalení leteckého paliva. Potrubí je opatřeno uzavíracím kohoutem a hledítkem pro možnost vizuální kontroly průtoku. Letecké pohonné hmoty jsou vedeny do dvou vyrovnávacích nádrží o objemu 55 m³. Hladina ve vyrovnávacích nádržích je měřena pomocí plováků. Výdejní čerpadla se automaticky sepnou při dosažení maximální provozní hladiny a zahájí se tak přečerpávání paliva potrubím do nádrží v centrálním skladu leteckých pohonných hmot. Po vyprázdnění železničních cisteren jsou vyrovnávací nádrže vyčerpány na nastavené minimum a stáčení je automaticky ukončeno. [43]

K čerpání paliva z vyrovnávacích nádrží do centrálního skladu leteckých pohonných hmot slouží tři odstředivá článková horizontální čerpadla o výkonu asi 2000 l/min. Letecký petrolej je veden přes průtokoměry pro ověření množství a hustoty. Strojovna s čerpadly slouží současně jako záchytná jímka. Případný únik se monitoruje pomocí vibračního snímače s automatickou blokadou čerpadel a uzavřením ventilů v případě detekce kapaliny. [43]

6.2.2 Centrální sklad LPH

Centrální sklad leteckých pohonných hmot je samostatný oplocený objekt v severní části letiště. Pro skladování leteckého paliva JET A-1 se používá pět nadzemních jednoplášťových ocelových nádrží o celkovém²² objemu osm milionů litrů. [43] [45]

Mezi stáčištěm a centrálním skladem je uložen neprůchodný produktovod z prefabrikátů. V něm jsou uložena dvě potrubí pro letecký petrolej JET A-1 o světlosti²³ 150 mm a dvě nepoužívaná potrubí na motorovou naftu o světlosti 100 mm. Produktovod je z bezpečnostních důvodů rozdělen protipožárními přepážkami a vybaven kontrolními šachtami. V kontrolních šachtách se nachází plovákové snímače, které monitorují množství

²² Projektovaný objem nádrží je roven 8 500 m³. Plnění nádrží je však povoleno na maximálně 95 % objemu nádrže.

²³ Jmenovitá světlost potrubí (Diametre Nominal – D_N) je hodnota udávající přibližný vnitřní průměr potrubí v mm. [81]

kapaliny ve sběrných jímkách. Na příjmu paliva je umístěna filtrační stanice dvou separátorů vody. Konkrétní potrubní trasu pro plnění do vybrané nádrže nastavuje zaměstnanec centrálního skladu pomocí operátorského počítače. Vstupní a výstupní armatury jsou ovládány pomocí servomechanismů dle požadavků z řídicího systému. V případě poruchy se příjem paliva automaticky zastaví a dojde k uzavření elektroventilů. Systém rovněž automaticky uzavře vstupní elektroventil nádrže, když obsluha zruší po skončení operace nastavení potrubní cesty. Pokud není možný příjem leteckého paliva do centrálního skladu z železničních cisteren, probíhá dodávka pomocí autocisteren ve venkovním objektu určeném pro mimořádný příjem. [43] [45]

K ustálení paliva je třeba nejméně dvou hodin od stočení do skladovací nádrže. Odkalování nádrží se provádí před vydáním leteckého petroleje JET A-1 do depa autocisteren odčerpáním asi 200 l paliva z nádrže. Dochází k další kontrole na přítomnost nečistot a vody. Čisté palivo se vrací zpět do skladovací nádrže, která může být uvolněna pro výdej. Odkal je přečerpán do odkalovací nádrže, kam rovněž ústí odkalování z filtračních jednotek. Jedná se o podzemní dvouplášťovou nádrž o objemu 10 m³ s indikací netěsnosti meziplášť. Nádrž je vybavena kontinuálním a limitním měřením výšky hladiny a odvzdušňovacím potrubím. Řídicí systém upozorní na dosažení maximálního povoleného objemu. Usazeniny v retenční nádrži jsou likvidovány jako odpad. [43] [45]

Čerpací stanice je nadzemní přestřešený objekt se sníženou podlahou a potrubním kanálem. Hloubka snížení spolu s potrubním kanálem tvoří havarijní jímku. V nejnižší části je sběrná jímka s instalovaným limitním měřením hladiny pro signalizaci a vyčerpání případných úkapů. V čerpací stanici je umístěno šest procesních odstředivých čerpadel a jedno pomocné samonasávací čerpadlo. Samonasávací čerpadlo je určeno k promíchávání produktu v nádržích, k přečerpávání paliva mezi jednotlivými skladovacími nádržemi, pro mimořádný příjem a pro vyčerpávání podzemní dvouplášťové nádrže zpět do skladovací nádrže. Všechna čerpadla jsou řízena frekvenčními měniči, kdy změna otáček souvisí s počtem čerpadel v chodu. Každé z čerpadel je ke společnému sání i výtlačku připojeno přes uzavírací armatury. [43]

Pro havarijní účely je na letecký petrolej JET A-1 vyčleněna jedna podzemní nádrž o objemu 100 m³. Pro protipožární zabezpečení skladovacích nádrží a čerpací stanice slouží strojovna stabilního hasicího a chladicího zařízení. V případě zásahu se mísí do vody pěnidlo a vytvořená hasební pěna je pomocí potrubí vedena do nádrží leteckých pohonných hmot. Součástí stanice je nádrž s užitkovou vodou určenou pro hasební zásah o objemu 700 m³. [43]

6.2.3 Depo autocisteren

Čerpadla ženou letecký petrolej JET A-1 z centrálního skladu dvěma potrubími o světlosti 250 mm asi 1,1 km dlouhým podzemním produktovodem do depa autocisteren. Produktovod je rozdělen protipožárními přepážkami a je téměř v celé délce průchozí. Ve všech úsecích jsou v kontrolních šachtách umístěny plovákové snímače signalizující kapalinu ve sběrných jímkách. Na potrubí jsou umístěny snímače tlaku. Ty neustále vyhodnocují tlakové podmínky v potrubí a jsou tak schopné zaznamenat a určit místo úniku leteckého petroleje. V produktovodu je dále uloženo potrubí pro přívod pitné vody z depa autocisteren do centrálního skladu. Před každým vstupem do produktovodu musí být uvedeny do činnosti instalované ventilátory pro přívod čistého vzduchu. [43] [45]

Zděný objekt stání autocisteren sestává z deseti otevřených stání, dvou uzavřených garáží pro technické účely a dvou výdejových stání pro doplňování autocisteren. Výdejová stání jsou osazena šesti výdejovými stojany. Čtyři stojany slouží k doplňování autocisteren leteckým petrolejem JET A-1, zbývající dva se nepoužívají. Funkční stojany jsou vybaveny odlučovači vzduchu, měřiči a počítadly. Průtokoměrem naměřené množství vydaného leteckého petroleje se na základě hustoty a teploty automaticky přepočítá na množství paliva při referenční teplotě 15°C. [43]

K dočištění leteckého paliva před jeho výdejem do autocisteren slouží filtrační stanice. Skládá se ze čtyř mikrofiltřů s odlučovači vzduchu a dvěma tlumiči rázů. Prostor mikrofiltřů má částečně opláštěný kovový přístřešek a betonovou izolovanou podlahu se dvěma sběrnými bezodtokovými jímkami a záplavovým čidlem. Ve filtrační stanici je umístěna odkalovací nádrž o objemu 1 m³, která však v současné době neslouží k odkalování systému. Do nádrže je zaústěna trubka, která v případě přetlaku ve filtrech přepustí tlak přes pojišťovací ventil do nádrže. [43]

Betonová plocha je vyspádovaná do kanalizačního systému letiště. Depo autocisteren je monitorováno sanačními a monitorovacími vrty umístěnými u provozní budovy. Betonová plocha v severní části areálu s šesti parkovacími stáními autocisteren je odvodněna přes odlučovač ropných látek a zabezpečena havarijní nádrží. Ocelová nádrž o objemu 50 m³ je uložena v ocelové vaně s pískovým obsypem. V nádrži jsou instalována čtyři čidla pro monitorování hladiny a kontrolu netěsnosti nádrže. Sběrné potrubí pode dnem nádrže je vybaveno čichací sondou. [43]

V depu autocisteren je nepřetržitý provoz. Po příjezdu na výdejové stání musí řidič autocisterny zajistit vozidlo proti samovolnému pohybu, vypnout motor a zhasnout světla. Nastavení průtokové cesty ze skladovací nádrže provádí zaměstnanec centrálního skladu. Další činnosti provádí obsluha depa autocisteren za přítomnosti řidiče autocisterny. Cisternu

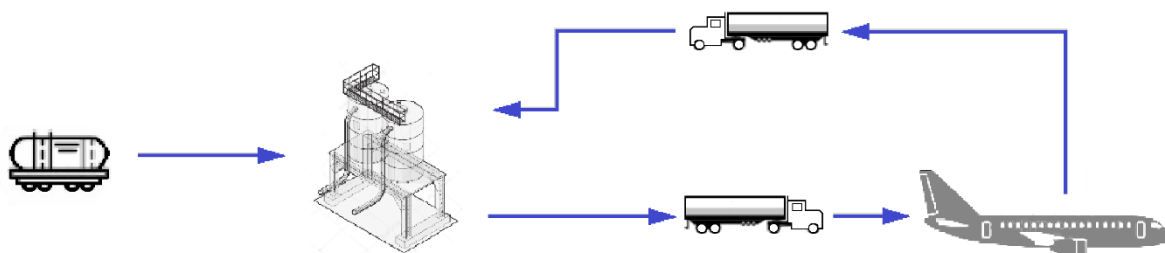
je třeba uzemnit uzemňovací soupravou. Samotné plnění řídí automaticky systém dle zadaného požadavku. V případě nouze je možné přerušit výdej přes počítač nebo bezpečnostním tlačítkem. [43]

Obsluha depa autocisteren provádí před výdejem leteckého paliva odfiltrování vody. Z každého odkalovacího kohoutku se odpustí nejméně dva litry leteckého petroleje a provede se vizuální kontrola na přítomnost vody a mechanických nečistot. Odkalené palivo se vylévá do sudu. [43]

Na letišti Praha/Ruzyně jsou letecké pohonné hmoty dodávány do letadel pomocí autocisteren (viz Obrázek 14). Současný způsob distribuce paliva schematicky uvádí Obrázek 15.



**Obrázek 14 – Plnění letadla leteckými pohonnými hmotami na letišti Praha/Ruzyně
zdroj: Martin Meluš archiv**



Obrázek 15 – Schéma současného distribučního systému letiště Praha/Ruzyně
zdroj: vlastní²⁴

Při manipulaci s leteckými pohonnými hmotami a při plnění letadel musí být dodrženy obecně závazné právní předpisy a zúčastněnými subjekty stanovené provozní, bezpečnostní a požární bezpečnostní postupy. Při plnění letadla musí být dodrženy předpisy a manuály vydané pro daný typ letadla.

- ✗ Plnění letadel leteckými pohonnými hmotami provádí a za dodržení všech stanovených předpisů je odpovědný zaměstnanec plnicí společnosti;
- ✗ příjezd a odjezd autocisterny do a z prostoru stání provádí a za dodržení všech stanovených předpisů je odpovědný zaměstnanec plnicí společnosti;
- ✗ za nastavení požadované varianty plnění, rozložení leteckých pohonných hmot v nádržích letadla a stanovení požadovaného množství odpovídá pověřený člen posádky;
- ✗ za organizaci odbavení letadla na stání včetně rozestavění, manipulace a pohybu mobilních mechanizačních prostředků odpovídají zaměstnanci handlingové společnosti;
- ✗ provozovatel letiště Praha/Ruzyně je oprávněn plnění nebo odčerpávání leteckých pohonných hmot do nebo z letadla zakázat, pokud nebude naplněn některý z požadavků stanovených zákonem, leteckým předpisem nebo interní řídicí dokumentací letiště nebo pokud by čerpání paliva v konkrétní situaci na letišti významně zvyšovalo možnost vzniku mimořádné události.

Plnění nebo odčerpávání leteckých pohonných hmot do nebo z letadla může provádět pouze společnost, které bylo pro tuto činnost vydáno oprávnění k plnění nebo odčerpávání leteckých pohonných hmot na letišti Praha/Ruzyně dle zákona č. 49/1997 Sb., o civilním letectví v platném znění. Společnost musí mít pro činnost vydány provozní, bezpečnostní a požární bezpečnostní postupy pro plnění nebo odčerpávání leteckých pohonných hmot

²⁴ Za použití ikon z webových stránek <https://cz.depositphotos.com/> a <http://www.canstockphoto.cz/> .

do nebo z letadla včetně příjezdu a odjezdu cisterny do a z prostoru stání. Společnost musí dále zajistit výkon odborně způsobilé osoby v oblasti požární ochrany, která stanoví podmínky požární bezpečnosti prokazovaných činností, a mít smluvně zajištěny pohotovostní a jiné služby v oblasti požární ochrany jednotkou požární ochrany. Společnost musí mít vypracovaný plán opatření pro případ havárie, takzvaný „havarijní plán“, dle § 39 odst.2a) zákona č. 254/2001 Sb., o vodách v platném znění, který je v souladu s havarijním plánem vydaným provozovatelem letiště. Plnicí společnost je povinna předložit platné znění výše uvedených dokumentů provozovateli letiště Praha/Ruzyně. [43]

7 Posouzení vhodnosti zavedení hydrantového rozvodného systému na letišti Praha/Ruzyně

Plnění letadel leteckými pohonnými hmotami lze zajistit pomocí autocisteren nebo hydrantového rozvodného systému. Neexistují jasná pravidla, která by určila, který způsob je pro konkrétní letiště vhodnější. Výhody a nevýhody hydrantového systému shrnuji v kapitole 5.2. Z uvedených důvodů považuji na velkých mezinárodních letištích hydrantové plnění za optimální způsob tankování. Vzhledem k vysokým vstupním nákladům implementace hydrantového systému je však zřejmé, že systém není rentabilní pro každé letiště. Cílem této kapitoly je posoudit vhodnost plnění pomocí hydrantového rozvodného systému na letišti Praha/Ruzyně.

7.1 Velikost letiště

Ve studované literatuře je uváděno, že na „velkých letištích“ je vhodné upřednostňovat distribuci paliva pomocí hydrantového systému. Cílem této kapitoly je určit konkrétní hodnotu pro označení letiště za pravděpodobně vhodné pro implementaci hydrantového systému z hlediska jeho velikosti.

Velikost letiště lze hodnotit podle různých výkonových ukazatelů. Základními výkonovými ukazateli jsou počet pohybů letadel (ukazatel významný z hlediska kapacity dráhového systému, systému pojezdových drah a odbavovacích ploch), počet tun přistání vzletové hmotnosti letadel (MTOW), počet odbavených cestujících a počet odbavených tun nákladu. [46] Podle *Airport Passenger Terminal Planning and Design* [47] je rozhodujícím indikátorem pro volbu mezi plněním letadel pomocí autocisteren a pomocí hydrantového systému právě počet pohybů letadel na letišti. Letiště s nízkou úrovní aktivity a odbavující menší letadla je vhodné obsluhovat prostřednictvím autocisteren, protože daná provozní situace a odpovídající provozní plocha pravděpodobně nebude generovat vysoké nároky na palivo. Naopak u frekventovaných letišť může vysoký počet autocisteren způsobovat zahlcení infrastruktury.

Na problematiku lze také nahlížet z hlediska skladby letadel odbavovaných na letišti a určení jednotlivých letů. Množství tankovaného paliva jasně souvisí se vzdáleností plánovaného letu plněného letadla. Čím více letadel s větším doletem (a tedy i s větší kapacitou nádrží) je na letišti odbavováno, tím větší bude celkový objem průtoku leteckých pohonných hmot. [48]

Z výše uvedeného vyplývá, že pro efektivní zavedení hydrantového rozvodného systému je rozhodující dostatečný objem průtoku paliva. Podle principů analýzy nákladů a výnosů existuje zlomový bod, kdy je počet litrů na letišti distribuovaného paliva dostatečný

k odůvodnění investice do hydrantového rozvodného systému. Z toho důvodu budou pro účely této diplomové práce porovnávány velikosti letišť podle ročního průtoku paliva.

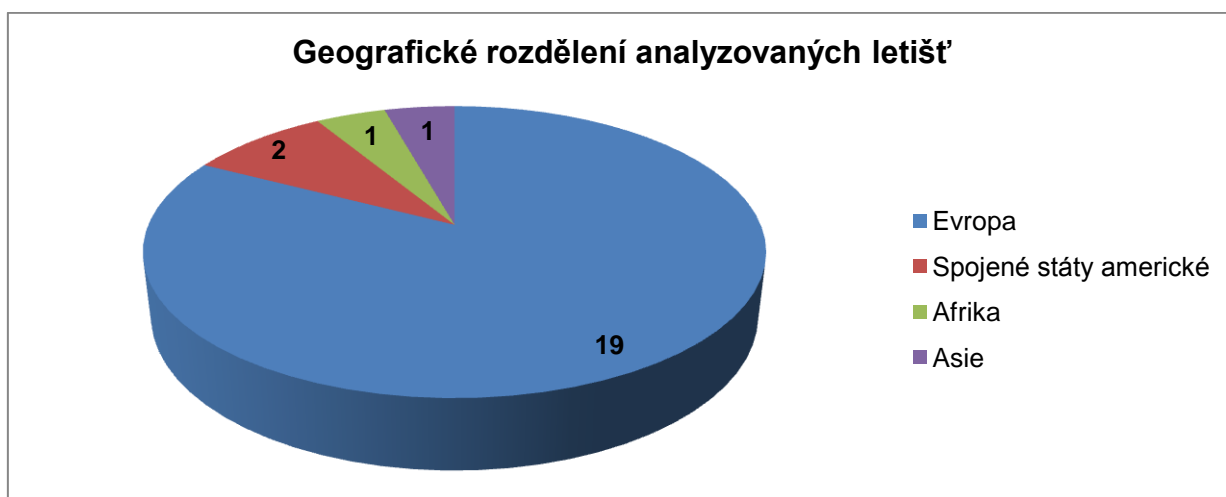
Hypotéza 1: Na letišti s ročním průtokem leteckého petroleje vyšším než 500 milionů litrů je vhodné implementovat hydrantový rozvodný systém.

7.1.1 Sběr dat

Údaj o ročním průtoku leteckého petroleje není letišti ve veřejných zprávách uváděn, protože se jedná, vzhledem k ekonomickým principům konkurenčního prostředí leteckého průmyslu, o citlivou informaci. Tyto údaje nezveřejňuje ani žádná mezinárodní organizace.

Za účelem potvrzení, nebo vyvrácení vyřčené hypotézy jsem oslovila sedmdesát osm mezinárodních civilních letišť s dotazníkem zaměřeným na způsob plnění letadel leteckými pohonnými hmotami v závislosti na velikosti letiště. Otázky týkající se velikosti letiště směřovaly na výkonové ukazatele „počet pohybů letadel za rok“ a „počet cestujících odbavených za rok na daném letišti“. Nejdůležitější položkou dotazníku byl samozřejmě údaj o ročním průtoku leteckého petroleje. Oslovené subjekty byly ujištěny o citlivém zacházení s poskytnutými daty. Průvodní dopis a samotný dotazník uvádějí Příloha B a Příloha C.

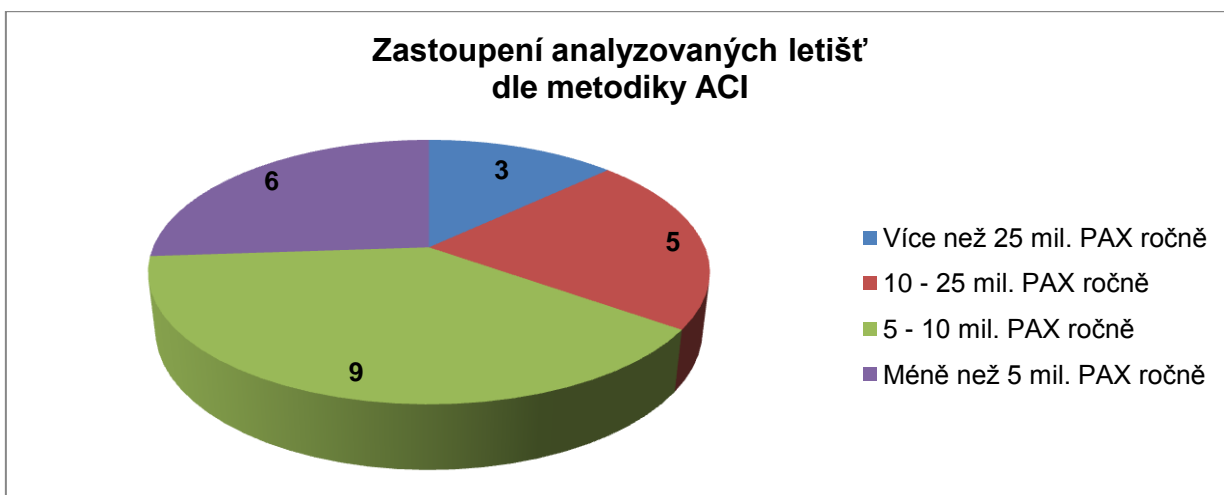
Celkem jsem získala údaje od dvaceti tří mezinárodních civilních letišť. Graf 1 uvádí geografické zastoupení respondentů. Z grafu je patrné, že velká většina respondentů, konkrétně 82,6%, pochází z Evropy. Tento fakt nepovažuji za problém. Diplomová práce se zaměřuje především na vhodnost implementace hydrantového rozvodného systému na letišti Praha/Ruzyně, a z toho důvodu by měla primárně analyzovat právě evropské prostředí.



Graf 1 – Geografické rozdělení analyzovaných letišť
zdroj: vlastní

Graf 2 a Graf 3 uvádějí rozdělení analyzovaných letišť podle velikosti. V prvním z nich je využita metodika Mezinárodní rady letišť ACI, která dělí letiště do čtyř skupin podle počtu

odbavených cestujících za rok. [49] Skupina 1 zahrnuje letiště, která odbaví ročně více než dvacet pět milionů cestujících. Do skupiny 2 se řadí ta letiště, která mají ročně mezi deseti a dvaceti pěti miliony cestujících. Skupina 3 zahrnuje letiště, která ročně odbaví více než pět, ale méně než deset milionů cestujících. Do skupiny 4 patří malá letiště s méně než pěti miliony cestujících ročně. Nejvíce respondentů spadá do třetí skupiny. Graf 3 uvádí zastoupení analyzovaných letišť dle provozních výkonů v porovnání s letišťem Praha/Ruzyně. Za tímto účelem byla letiště rozdělena do tří skupin. Za subjekty srovnatelné s letišťem Praha/Ruzyně jsou považována ta letiště, která ročně odbaví mezi jedenácti a patnácti miliony cestujících; respektive která spadají do pásma čtyř milionů cestujících kolem současného stavu třinácti milionů odbavených cestujících ročně na referenčním letišti Praha/Ruzyně. Subjekty s méně než jedenácti miliony cestujících ročně jsou pro účely práce považována za menší letiště, subjekty s více než patnácti miliony cestujících za větší letiště.



Graf 2 – Zastoupení analyzovaných letišť dle metodiky ACI
zdroj: vlastní



Graf 3 – Zastoupení analyzovaných letišť dle velikosti v porovnání s letišťem Praha/Ruzyně
zdroj: vlastní

Výsledky dotazníkového šetření shrnuje Tabulka 5. Vzhledem k tomu, že dotazované subjekty podnikají v silně konkurenčním prostředí a publikované údaje by mohly být zneužity, byly názvy letišť nahrazeny písmeny abecedy. Pro účely prezentování výsledků výzkumu nejsou konkrétní názvy podstatné. Sloupec referenční rok uvádí informaci, z jakého roku pochází letišti poskytnutá data. Počet pohybů letadel (*Movements - Mvmt*) je základní výkonový ukazatel. Řákový průtok paliva (*Fuel Uplift – FUl*) je uveden v milionech litrů. Jedná

se o referenční údaj pro daný výzkum. Přibližný počet plnění (*Refuelling – Rf*) byl určen jako polovina pohybů (viz Rovnice 1), tedy přibližný počet vzletů. Nepřesnost způsobuje fakt, že ačkoliv je počet pohybů roven součtu vzletů a přistání, nemusí se počty vzletů a přistání přesně vzájemně rovnat a zároveň fakt, že realizovaný odlet z letiště nemusí nutně znamenat, že letadlo bylo na letišti plněno. Tyto nepřesnosti můžeme pro účely práce zanedbat.

Rovnice 1 – Určení počtu plnění

$$Rf \cong \frac{Mvmt}{2} [-]$$

Průměrný objem leteckého petroleje (*Fuel per Refuelling – FpRf*) tankovaný v rámci jednoho plnění letadla byl vypočítán jako poměr ročního průtoku paliva a počtu plnění za rok (viz Rovnice 2). Tento údaj orientačně vypovídá o tom, zda jsou na letišti odbavovány lety na krátké tratě, nebo spíše dálkové lety. V tabulce je roční průtok paliva uveden v milionech litrů, proto musí být vzorec pro výpočet průměrného objemu násoben milionem.

Rovnice 2 – Výpočet průměrného objemu paliva na jedno plnění

$$FpRf = \frac{FUl}{Rf} \cdot 1\,000\,000 [l]$$

Poslední sloupec tabulky uvádí, zda je na daném letišti zaveden hydrantový rozvodný systém.

Tabulka 5 – Výsledky dotazníkového šetření
zdroj: vlastní

Výsledky dotazníkového šetření						
Písmeno	Referenční rok	Počet pohybů	Přibližný počet plnění	Řádový průtok paliva	objem paliva na jedno plnění	Hydrantový systém
		mvt [-]	R [-]	FUI [mil. l]	FpRf [l]	
A	2012	153 295	76 648	425	5 545	ano
B	2016	86 047	43 024	184	4 271	ne
C	2016	108 200	54 100	285	5 259	ne
D	2016	99 337	49 669	456	9 182	ano
E	2016	75 038	37 519	161	4 291	ne
F	2016	397 799	198 900	2 000	10 055	ano
G	2016	45 456	22 728	174	7 660	ano
H	2016	41 079	20 540	50	2 455	ne
I	2016	192 944	96 472	444	4 602	ano
J	2016	67 746	33 873	142	4 205	ne
K	2016	160 904	80 452	358	4 448	ne
L	2011	50 329	25 165	230	9 140	ano
M	2016	85 169	42 585	95	2 235	ne
N	2016	378 150	189 075	1 453	7 684	ano
O	2016	28 464	14 232	50	3 527	ne
P	2016	414 234	207 117	3 338	16 115	ano
Q	2016	166 842	83 421	1 022	12 251	ano
R	2013	387 983	193 992	2 433	12 542	ano
S	2016	237 618	118 809	550	4 629	ano
T	2016	93 468	46 734	298	6 384	ano
U	2012	424 566	212 283	3 290	15 498	ano
V	2016	51 829	25 915	117	4 514	ne
W	2012	424 566	212 283	3 290	15 498	ano

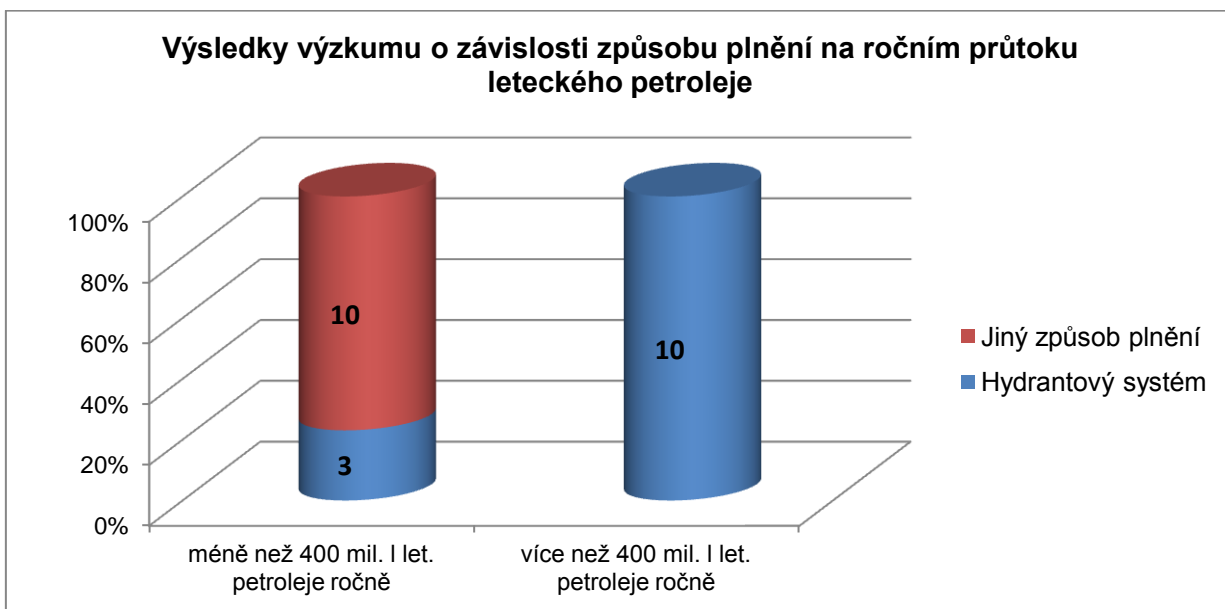
7.1.2 Analýza výsledků výzkumu

Z dvaceti tří analyzovaných letišť probíhá na třinácti z nich (56,5 %) plnění letadel leteckými pohonnými hmotami pomocí hydrantového rozvodného systému (viz Graf 4). Ze získaných dat vyplývá, že všechna analyzovaná letiště s ročním průtokem vyšším než 425 milionů litrů leteckého petroleje mají zaveden hydrantový systém. Konkrétně se jedná o deset subjektů.

Naopak menší objem leteckého petroleje za rok nemusí nutně znamenat plnění pomocí autocisteren. Podle výzkumu mají tři letiště s ročním průtokem menším než 400 milionů litrů leteckého petroleje zaveden hydrantový systém. Nejmenší průtok leteckého petroleje při hydrantovém systému má z analyzovaných subjektů letiště „G“ s ročním objemem 174 milionů litrů. Graficky prezentuje výsledky výzkumu Graf 5.



Graf 4 – Rozdělení analyzovaných letišť podle toho, zda využívají hydrantový rozvodný systém
zdroj: vlastní



Graf 5 – Výsledky výzkumu o závislosti způsobu plnění na ročním průtoku leteckého petroleje
zdroj: vlastní

Aktuální údaj o ročním průtoku leteckého petroleje na letišti Praha/Ruzyně není k dispozici. Z toho důvodu jsem použila srovnání letišť dle výkonových ukazatelů. Při podrobnější analýze subjektů spadajících pro účely této práce do kategorie letišť srovnatelných dle

přepavních výkonů s letištěm Praha/Ruzyně je na jednom ze tří letišť zaveden hydrantový systém (viz Graf 6).



Graf 6 – Rozdělení letišť srovnatelných s letištěm Praha/Ruzyně podle toho, zda využívají hydrantový rozvodný systém
zdroj: vlastní

7.1.3 Závěr výzkumu

Hypotéza 1: Na letiště s ročním průtokem leteckého petroleje vyšším než 500 milionů litrů je vhodné implementovat hydrantový rozvodný systém.

Data poskytnutá mezinárodními civilními letišti byla analyzována za účelem určení, jaký roční průtok leteckého petroleje je dostatečný k opodstatnění investice do zavedení hydrantového systému. Průzkum ukázal, že všechna letiště ze získaného vzorku s ročním průtokem leteckého petroleje vyšším než 425 milionů litrů leteckého petroleje mají zaveden hydrantový rozvodný systém. To je o 75 milionů litrů méně, než bylo předpokládáno v hypotéze číslo 1. Navíc je třeba si uvědomit, že v době budování hydrantového rozvodného systému byl na daných letištích objem přečerpaného paliva za rok pravděpodobně nižší než v současné době.

Hypotéza číslo 1 byla potvrzena.

7.2 Rozvoj letiště Praha/Ruzyně

Kapitola 7.1 uvádí, že všechna oslovená letiště s ročním průtokem leteckého petroleje vyšším než 425 milionů litrů za rok realizují plnění letadel pomocí hydrantového rozvodného systému. V roce 2012 byl roční průtok leteckého petroleje na letišti Praha/Ruzyně 330 milionů litrů [50]. Mezinárodní organizace pro civilní letectví v publikaci *Global Air Transport Outlook to 2030 and Trends to 2040* z roku 2013 předpokládá nárůst pravidelné osobní dopravy z 2,7 miliard cestujících v roce 2011 na 6 miliard cestujících v roce 2030,

a tomu odpovídající nárůst počtu realizovaných letů z 30 milionů na 60 milionů. Pro nákladní leteckou dopravu se očekává podobný trend. Více než dvojnásobný nárůst počtu přepravených cestujících potvrzuje prognóza Mezinárodní asociace leteckých dopravců IATA z roku 2016. Podle průměrné složené roční míry růstu CAGR predikuje nárůst počtu cestujících ze současných 3,8 miliardy v roce 2016 na 7,2 miliardy cestujících v roce 2035. [51] [52] Rovněž podle vývoje přepravních výkonů na letišti Praha/Ruzyně za posledních 15 let lze očekávat v následujících letech rostoucí trend.

Očekávaný růst letecké dopravy přinese tlak na infrastrukturu. Letiště by měla být schopna účinně reagovat na potřeby zvyšující se poptávky a zároveň se snažit o snižování dopadu letecké dopravy na životní prostředí. K zajištění kapacity letiště je nezbytné zahájit projekty rozvoje v dostatečném předstihu. Je důležité si uvědomit, že nelze čekat s rozvojem letiště na dosažení jeho hraniční kapacity.

Cílem této kapitoly je odhadnout vývoj dopravy na letišti Praha/Ruzyně a na základě výsledné prognózy dokázat, či vyvrátit hypotézu, že pražské letiště do roku 2030 dosáhne přepravních výkonů srovnatelných s letišti vyhodnocenými v předchozí kapitole jako vhodnými pro zavedení hydrantového systému.

Hypotéza 2: Letiště Praha/Ruzyně dosáhne hraniční počet litrů průtoku leteckého petroleje za rok do roku 2030.

7.2.1 Sběr dat

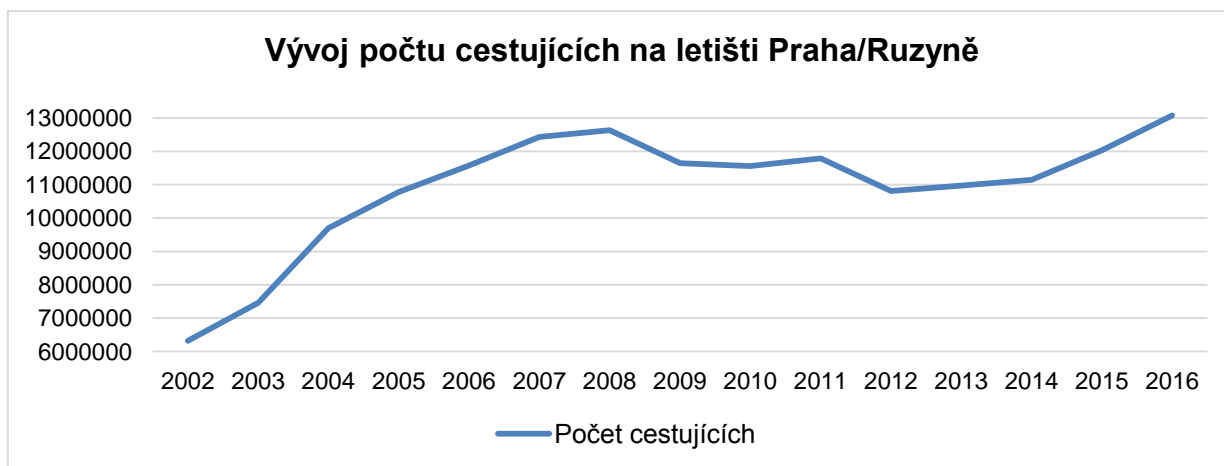
Provozovatelem letiště Praha/Ruzyně je Letiště Praha, a.s.. Jedná se o nejvýznamnější mezinárodní civilní letiště v České republice, určené pro mezinárodní i vnitrostátní, pravidelný i nepravidelný letecký provoz. V roce 2016 bylo na letišti odbaveno více než třináct milionů cestujících. V současné době zajišťuje okolo šedesáti leteckých společností přímé spojení mezi Prahou a téměř sto padesáti světovými destinacemi. Další desítky společností zajišťují nepravidelné letecké spoje. Na letišti také operuje pět pravidelných nákladních dopravců. [53]

Na úvod této kapitoly jsem analyzovala dostupné výkonové ukazatele letiště Praha/Ruzyně. Cílem bylo zhodnotit vývoj základních výkonových ukazatelů, tedy počet pohybů letadel, počet tun přistání, počet odbavených cestujících a počet odbavených tun nákladu.

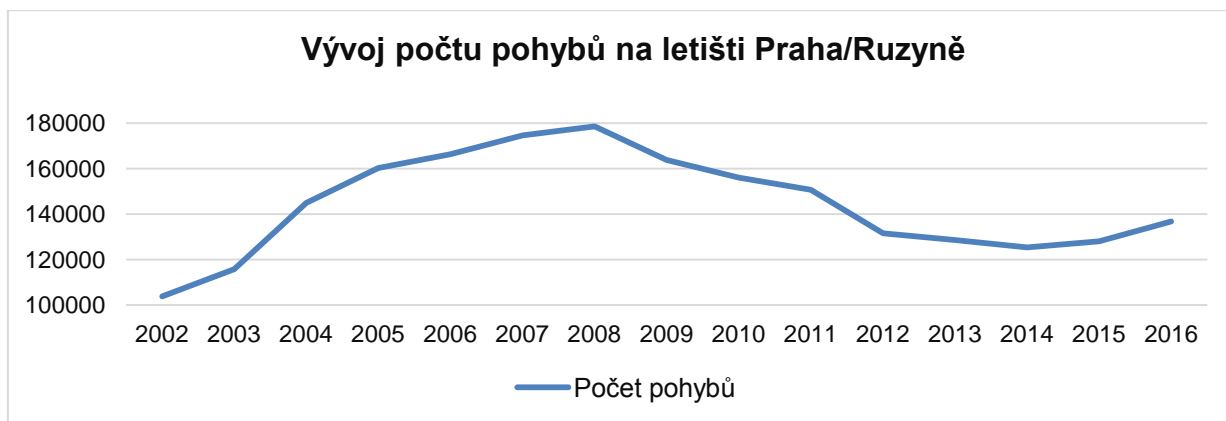
Tabulka 6 uvádí výkonové ukazatele „celkový počet přepravených cestujících“ a „celkový počet pohybů letadel“ v letech 2002 až 2016. Meziroční růst obou ukazatelů je uveden v procentech, jak uvádí Graf 7 a Graf 8.

Tabulka 6 - Počet cestujících a počet pohybů na letišti Praha/Ruzyně
zdroj: vlastní

Rok	Počet cestujících		Počet pohybů	
2002	6 314 653 [54]	meziroční růst	103 904 [54]	meziroční růst
2003	7 463 120 [55]	18,187 %	115 756 [54]	11,407 %
2004	9 696 413 [55]	29,924 %	144 962 [54]	25,231 %
2005	10 777 020 [55]	11,144 %	160 213 [54]	10,521 %
2006	11 581 511 [54]	7,465 %	166 346 [54]	3,828 %
2007	12 436 254 [54]	7,380 %	174 662 [54]	4,999 %
2008	12 630 557 [54]	1,562 %	178 628 [54]	2,271 %
2009	11 643 366 [54]	-7,816 %	163 816 [54]	-8,292 %
2010	11 556 858 [56]	-0,743 %	156 052 [56]	-4,739 %
2011	11 788 629 [57]	2,005 %	150 717 [57]	-3,419 %
2012	10 807 890 [58]	-8,319 %	131 564 [58]	-12,708 %
2013	10 974 196 [59]	1,539 %	128 633 [59]	-2,228 %
2014	11 149 926 [60]	1,601 %	125 437 [60]	-2,485 %
2015	12 030 928 [61]	7,901 %	128 018 [61]	2,058 %
2016	13 074 517 [62]	8,674 %	136 766 [62]	6,833 %



Graf 7 - Vývoj počtu cestujících na letišti Praha/Ruzyně
zdroj: vlastní



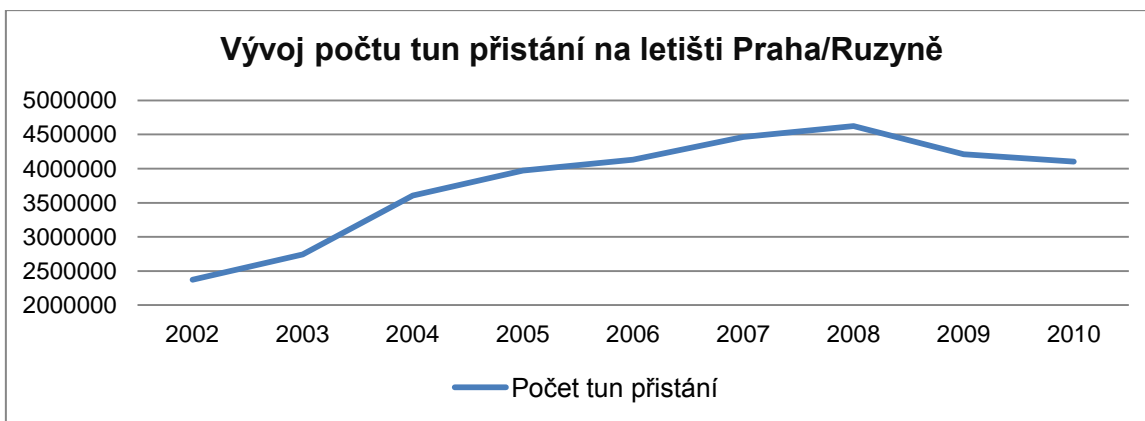
Graf 8 - Vývoj počtu pohybů na letišti Praha/Ruzyně
zdroj: vlastní

Hodnota počtu odbavených tun nákladu a pošty na letišti Praha/Ruzyně je k dispozici pouze pro roky 2005 a 2015. Za toto období vzrostl počet odbavených tun cargo z hodnoty 51 730 tun [55] na hodnotu 84 000 tun [63]. Za období deseti let vzrostl počet ročně odbavených tun nákladu a pošty o 62,4 %. Letiště Praha/Ruzyně nicméně není a v budoucnu nemá být cargo letiště. Nákladní doprava je pouze doplňkovým provozem. Asi devět desetin objemu nákladu je přepravováno jako dokládka do letadel osobní letecké dopravy a tento poměr má být zachován. Z celkového počtu pohybů na letišti představují vzlety a přistání nákladních letadel asi 2 %. [64]

Údaje o celkovém počtu tun přistání za rok jsou dostupné pro období od roku 2002 do roku 2010. Hodnoty výkonového ukazatele pro jednotlivé roky a meziroční růst v procentech uvádí Tabulka 7. Graficky situaci prezentuje Graf 9.

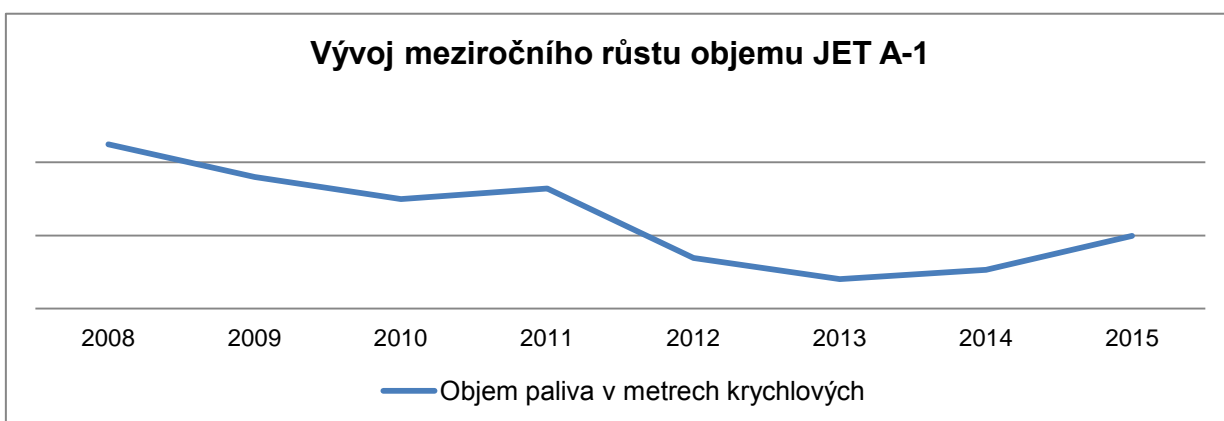
Tabulka 7 – Počet tun přistání na letišti Praha/Ruzyně
zdroj: vlastní

Rok	Počet tun přistání	
2002	2 374 268 [54]	meziroční růst
2003	2 744 070 [55]	15,575 %
2004	3 607 407 [55]	31,462 %
2005	3 937 079 [55]	10,137 %
2006	4 129 256 [54]	3,931 %
2007	4 461 887 [54]	8,055 %
2008	4 622 731 [54]	3,605 %
2009	4 209 148 [55]	-8,947 %
2010	4 100 762 [56]	-2,575 %



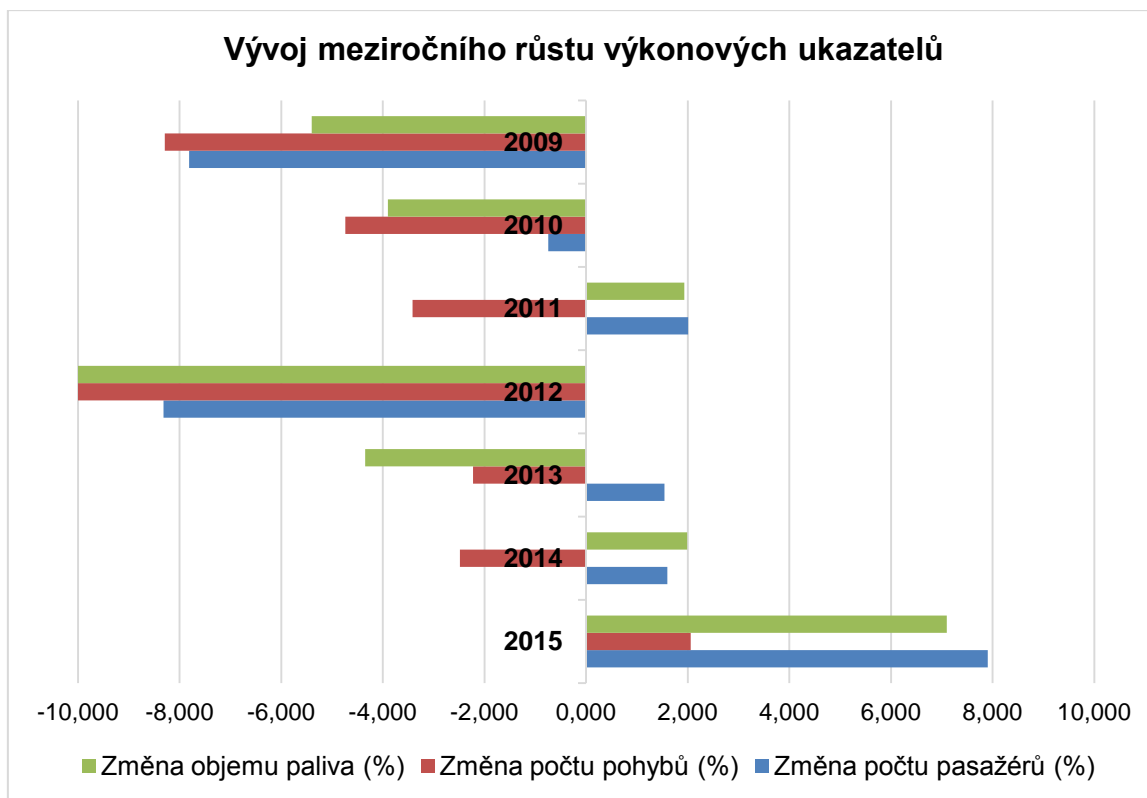
Graf 9 – Vývoj počtu tun přistání na letišti Praha/Ruzyně
zdroj: vlastní

Meziroční růst ukazatele ročního průtoku leteckého petroleje JET A-1 graficky prezentuje Graf 10. Data byla zpracována od roku 2008 do roku 2015. Osa Y není zobrazena záměrně. Letiště Praha, a.s. je ekonomický subjekt podnikající ve vysoce konkurenčním prostředí letecké dopravy a data by v případě zveřejnění mohla být zneužita.



Graf 10 – Vývoj meziročního růstu objemu leteckého petroleje JET A-1 na letišti Praha/Ruzyně
zdroj: vlastní

Graf 11 prezentuje vzájemné srovnání vývoje meziročního růstu počtu odbavených cestujících, počtu pohybů a ročního průtoku leteckého petroleje.



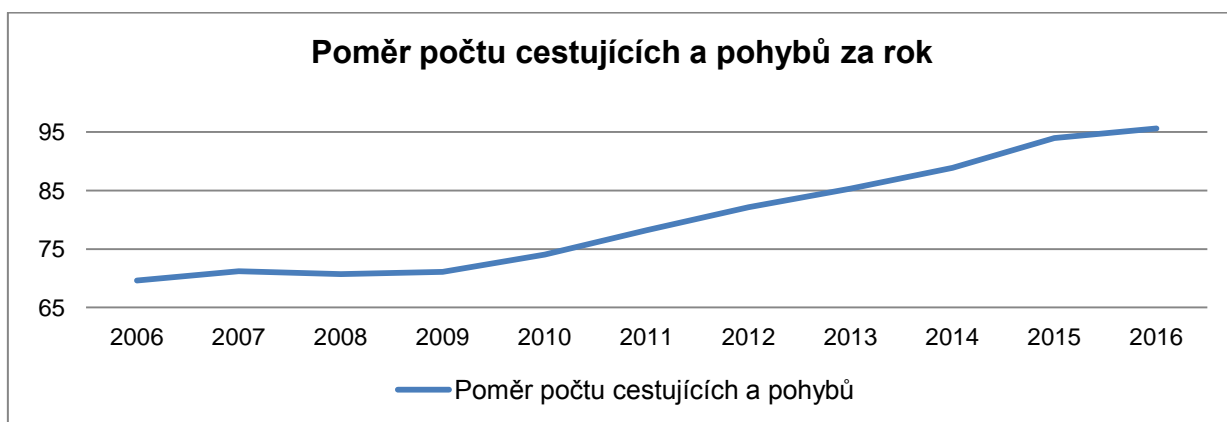
Graf 11 – Vývoj meziročního růstu výkonových ukazatelů v procentech
zdroj: vlastní

Pro účely této diplomové práce jsem dále počítala tři poměrové ukazatele. Prvním ukazatelem je poměr počtu odbavených cestujících a počtu pohybů letadel. Výsledná hodnota udává průměrný počet cestujících na jeden vzlet nebo přistání letadla. Tento ukazatel nemá výpovědní hodnotu pouze pro letecké společnosti, ale měl by být posouzen rovněž provozovateli letišť. Poměr umožňuje posoudit obsazenost jednotlivých spojů a pomáhá předpovídat vývoj letového řádu. Koeficient vypovídá charakteru dopravy a velikosti letadel provozovaných na letišti. Meziroční růst poměru počtu odbavených cestujících a počtu pohybů od roku 2010 do roku 2016 uvádí Graf 12.

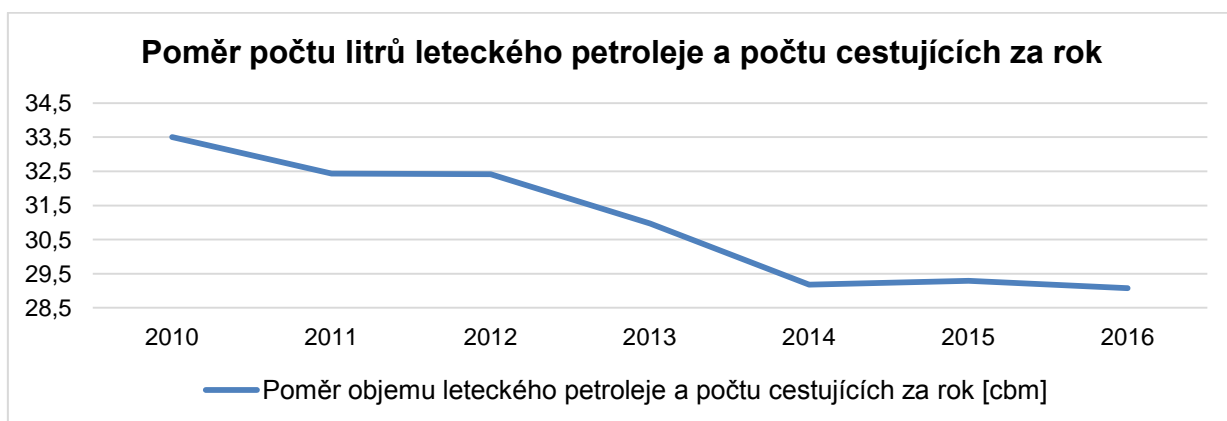
Graf 13 prezentuje vývoj poměrového ukazatele objemu leteckého petroleje k počtu přepravených cestujících mezi lety 2010 a 2016. Výsledná hodnota udává průměrný počet litrů leteckého petroleje potřebný pro přepravu jednoho cestujícího. Koeficient vypovídá o charakteru dopravy na posuzovaném letišti.

Objem leteckého petroleje jsem počítala také v poměru k počtu pohybů na letišti. Výslednou hodnotu nelze považovat za údaj o průměrném objemu plnění jednoho letadla, protože přibližný počet plnění odpovídá spíše poloviční hodnotě pohybů, tedy přibližnému počtu vzletů. Vývoj poměrového ukazatele mezi lety 2010 a 2016 uvádí Graf 14.

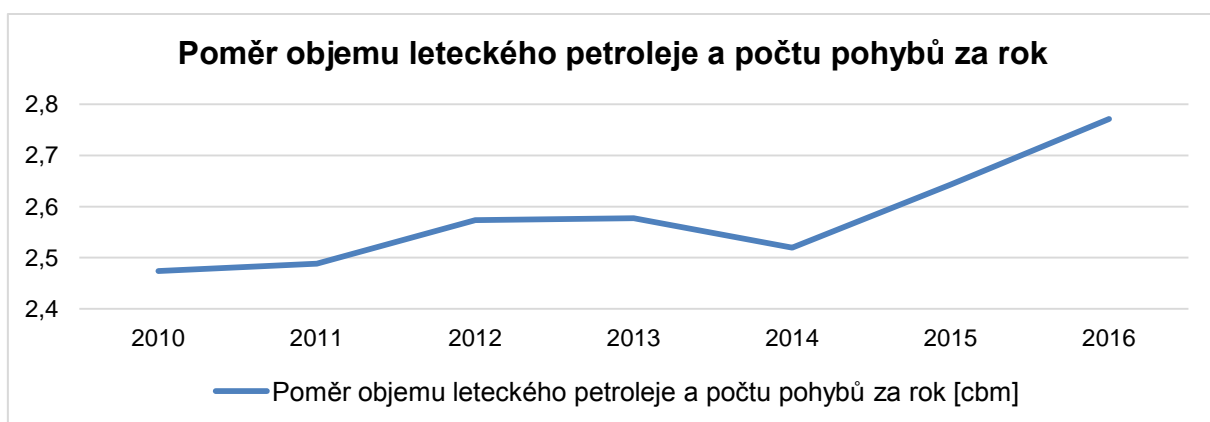
Je důležité si uvědomit, že grafy nejsou vůči sobě vykresleny ve správném poměrovém měřítku. Nejvyšší tempo růstu má poměr počtu cestujících na jeden pohyb letadla.



Graf 12 - Poměr počtu cestujících a pohybů za rok na letišti Praha/Ruzyně
zdroj: vlastní



Graf 13 – Poměr objemu leteckého petroleje a počtu cestujících za rok na letišti Praha/Ruzyně
zdroj: vlastní



Graf 14 – Poměr objemu leteckého petroleje a počtu pohybů za rok na letišti Praha/Ruzyně
zdroj: vlastní

7.2.2 Vyhodnocení výzkumu

✗ Předpověď vývoje počtu ročně odbavených cestujících na Letišti Praha/Ruzyně

V této podkapitole stanovím predikci vývojových ukazatelů na letišti Praha/Ruzyně do roku 2030 za účelem odhadu předpokládaného ročního průtoku leteckého petroleje v následujících letech.

Při tvorbě předpovědi vývoje je nezbytné uvažovat vnější i vnitřní prostředí daného subjektu. [65] Pro účely této diplomové práce jsem při výpočtu vývoje výkonového ukazatele počtu odbavených cestujících použila data, která prezentuje Tabulka 8.

Tabulka 8 – Data užitá při tvorbě prognózy počtu přepravených cestujících
zdroj: vlastní

Prostředí	Oblasti	Zdroj	Hodnota	Váha hodnoty
Vnější prostředí	Světová ekonomika	ICAO	6,4 % [51]	0,5
		IATA	3,7 % [52]	1
		ACI	4,8 % [66]	1
	Evropská ekonomika	IATA	2,5 % [52]	0,5
	Národní ekonomika	ČNB	2,6 % [67]	2
Interní prostředí	Historický vývoj	Viz Kapitola 7.2.1		
	Vlastní předpověď	LP	3,4 % [68]	2
	Investice	LP	-	-

K výpočtu prognózy jsem použila základní pravidla deskriptivní statistiky. Výsledná hodnota vznikla jako vážený aritmetický průměr (viz Rovnice 3). Z hodnot uvedených v tabulce jsem snížila váhu extrémních hodnot na polovinu. Interní hodnoty a předpovědi pro domácí vývoj jsem zvýšila na dvojnásobek [65]. Do skutečného vývoje přepravních výkonů se promítne vliv strategických projektů Letiště Praha, a.s.. Rozšíření Terminálu 2, výstavba nové paralelní dráhy a další projekty, vyžadující investice v řádu jedné miliardy eur, by měly umožnit odbavení dvaceti jednoho milionu cestujících ročně. [68]

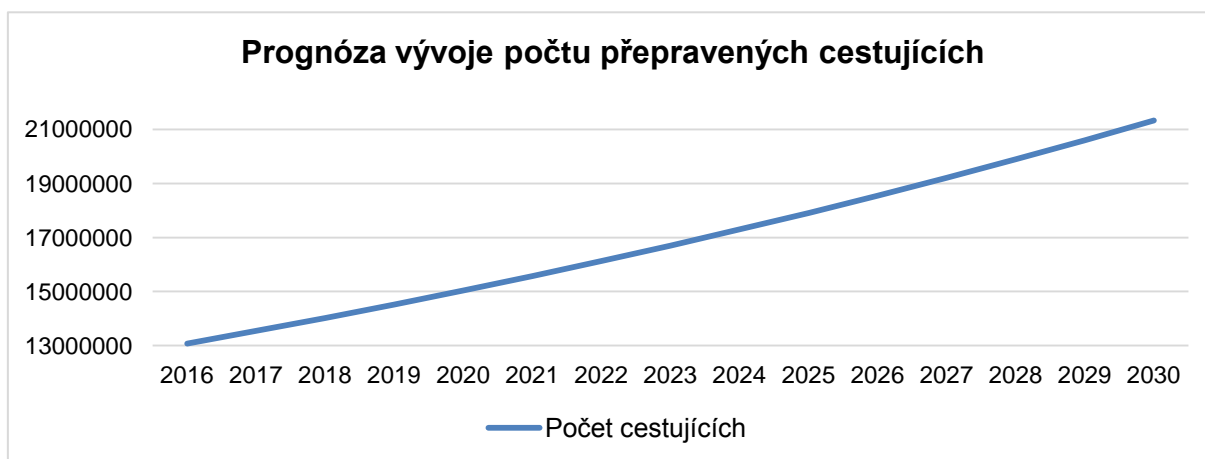
Rovnice 3 – Výpočet váženého průměru

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i n_i}{\sum_{i=1}^k n_i}$$

Předpokládaný průměrný růst počtu přepravených cestujících za rok na letišti Praha/Ruzyně jsem stanovila na 3,56 %. Výsledky předpovědi přepravních výkonů při stálém růstu prezentují Tabulka 9 a Graf 15. V reálném prostředí není možné, aby měl meziroční růst počtu přepravených cestujících konstantní vývoj. Danou nepřesnost jsem pro účely této diplomové práce zanedbala.

Tabulka 9 – Výsledky předpovědi vývoje počtu cestujících
zdroj: vlastní

Rok	Odhad počtu cestujících
2016	13 074 517 [62]
2020	15 038 130
2025	17 912 410
2030	21 336 061



Graf 15 - Předpokládaný vývoj počtu cestujících na letišti Praha/Ruzyně mezi lety 2016 a 2030
zdroj: vlastní

Podle zveřejněných záměrů Letiště Praha, a.s. lze předpokládat, že společnost bude nadále aplikovat současný obchodní model s mírným nárůstem množství pohybů velkokapacitních dálkových letadel například z Asie a ustupujícím podílem pohybů malých soukromých letadel. Z toho důvodu lze k odhadu dalších výkonových ukazatelů použít poměry vypočítané v kapitole 7.2.1.

Koeficient k udává poměr počtu ročně přepravených cestujících a počtu pohybů za rok (viz Rovnice 4). Analyzovala jsem vývoj tohoto poměrového ukazatele na letišti Praha/Ruzyně od roku 2009²⁵ do současnosti. Vývoj koeficientu považuji v čase za lineární.

²⁵ Při použití předchozích dat byl výsledek zkreslen ekonomickou krizí v roce 2008.

Funkce koeficientu je popsána podle Rovnice 5, kde veličina y je počet odbavených cestujících za rok; A , B jsou konstanty.

Rovnice 4 – Koeficient poměru počtu ročně přepravených cestujících a počtu pohybů za rok

$$k = \frac{PAX}{Mvmt} [-]$$

Rovnice 5 – Lineární funkce koeficientu k

$$y = f(k) = A k + B$$

Pro prognózu dalšího vývoje koeficientu k jsem aplikovala matematickou metodu lineární regrese. Koeficienty A a B jsem dopočítala podle Rovnice 6.

Rovnice 6 – Výpočet koeficientů A a B

$$A = \frac{\sum(k - \bar{k}) \cdot (y - \bar{y})}{\sum(x - k)^2}, \quad B = \bar{y} - A \cdot \bar{k}$$

Výsledná aproximovaná přímka stoupá příliš rychle. Zatímco odhadovaný vývoj v počátečním období odpovídá krátkodobým prognózám mezinárodních organizací, v dlouhodobém horizontu se výsledné hodnoty koeficientu oddalují světové předpovědi vzrůstající měrou. Srovnala jsem vyhlazené roční tempo růstu (viz Rovnice 7) Mezinárodního sdružení leteckých dopravců [51] a tempo růstu vypočítaného koeficientu k_{2030} za stejné období.

Rovnice 7 – Výpočet složené roční míry růstu

$$CAGR(t_0, t_n) = \left(\frac{k_{t_n}}{k_{t_0}} \right)^{\frac{1}{t_n - t_0}} - 1$$

V roce 2030 je rozdíl hodnot 1,26 %. Z tohoto vývoje vyplývá, že tempo růstu čitatele a tempo růstu jmenovatele se liší. S ohledem na toto zjištění jsem stanovila korekci koeficientů s ročním poklesem míry predikovaného růstu o poměrnou část konečného rozdílu. Tento krok odpovídá úvaze, že vzhledem ke vzrůstajícímu podílu dálkové dopravy na pražském letišti a tedy vyššímu podílu velkokapacitních letadel na celkovém počtu pohybů se tempo růstu v čase snižuje.

Výsledné hodnoty koeficientu k před a po korekci uvádí Tabulka 10. S pomocí hodnot dříve predikovaného počtu odbavených cestujících jsem stanovila počet pohybů letadel

v referenčních rocích 2020, 2025 a 2030 podle Rovnice 8 jako poměr počtu odbavených cestujících a koeficientu k . Výsledky jsou rovněž uvedeny v tabulce.

Rovnice 8 – Výpočet počtu pohybů

$$Mvmt = \frac{PAX}{k}$$

Tabulka 10 - Výsledky výpočtu koeficientu k a stanovení počtu pohybů v referenčních rocích
zdroj: vlastní

Rok	Odhad koeficientu k	Odhad koeficientu k po korekci	Počet cestujících	Počet pohybů
2020	101,3	100,5	15 038 130	149 633
2025	116,2	104,0	17 912 410	172 234
2030	133,9	108,6	21 336 061	196 465

Z počtu pohybů můžeme podle koeficientu q (viz Rovnice 9) dopočítat roční průtok leteckého petroleje (viz Rovnice 10). Prognózu koeficientu q jsem určila na základě analýzy historického vývoje na letišti Praha/Ruzyně. Funkce má téměř konstantní průběh se snižující se mírou meziročního růstu. Z toho důvodu jsem stanovila vývoj koeficientu q z výpočtu geometrického průměru dosavadních temp růstu (viz Rovnice 11).

Rovnice 9 – Koeficient poměru ročního průtoku leteckého petroleje a počtu pohybů za rok

$$q = \frac{FUL}{Mvmt} [l]$$

Rovnice 10 – Výpočet ročního průtoku leteckého petroleje

$$FUL = q \cdot Mvmt [l]$$

Rovnice 11 – Výpočet geometrického průměru

$$G(x_1, \dots, x_n) = \left(\prod_{i=1}^n x_i \right)^{\frac{1}{n}}$$

Výsledný geometrický průměr tempa růstu 0,99 jsem použila jako meziroční růst všech následných výpočtů. Výsledné hodnoty koeficientů q pro referenční roky a vypočítané hodnoty ročního průtoku paliva uvádí Tabulka 11. Průběh výpočtu nemůže být uveden, protože

Letiště Praha, a.s. neposkytlo souhlas se zveřejněním údajů o ročním průtoku leteckého petroleje.

Tabulka 11 – Výpočet ročního průtoku leteckého petroleje
zdroj: vlastní

Rok	Odhad koeficientu q	Počet pohybů	Průtok JET A-1 [mil. l]
2020	2,66	149 633	398,0
2025	2,55	172 234	439,2
2030	2,46	196 465	483,3

7.2.3 Závěr výzkumu

Hypotéza 2: Letiště Praha/Ruzyně dosáhne hraniční počet litrů průtoku leteckého petroleje za rok do roku 2030.

V této kapitole jsem stanovila a aplikovala matematický aparát pro předpověď vývoje výkonových ukazatelů na letišti Praha/Ruzyně. Podle této prognózy bude přibližný roční průtok leteckého petroleje JET A-1 na letišti více než 439 milionů litrů už v roce 2025. Letiště se tak posune nad hranici objemu stanovenou v kapitole 7.1 a podle stanovené metodiky bude z hlediska ročního objemu paliva vhodné pro vybudování hydrantového rozvodného systému.

Hypotéza číslo 2 byla potvrzena.

7.3 Úroveň bezpečnosti

V teoretické části své diplomové práce jsem poukázala na fakt, že plnění letadel pomocí hydrantového rozvodného systému zvyšuje požární, ekologickou i provozní bezpečnost letiště oproti plnění letadel pomocí autocisteren.

Manipulace s leteckými pohonnými hmotami jakožto hořlavou kapalinou představuje vždy určité riziko. Z hlediska udržení požadované míry požární a ekologické bezpečnosti je důležité zabránit rozlití paliva. Nádrže plnicích prostředků se z důvodu teplotní roztažnosti paliva nikdy nečerpají do plného objemu a jsou zabezpečeny ochranou proti přeplnění. Nejčastější příčinou úniků na provozní ploše je selhání lidského faktoru. Z toho důvodu je kladen vysoký důraz na provozní postupy a řádný výcvik obsluhy.

Velké provozně bezpečnostní riziko představuje pohyb autocisteren kolem letadel v prostoru stání i na obslužných komunikacích letiště. Kolize cisterny s velkým množstvím vysoce hořlavých leteckých pohonných hmot s letadlem nebo jiným mobilním mechanizačním

prostředkem může mít doslova katastrofální následky. Pro účely této diplomové práce bude zvaženo, zda zavedení hydrantového systému přispěje ke zvýšení provozní bezpečnosti.

Hypotéza 3: Zavedení hydrantového rozvodného systému zvýší úroveň provozní bezpečnosti letiště.

7.3.1 Sběr dat

Ve spolupráci s organizační jednotkou Řízení kvality, safety a procesů Letiště Praha, a.s. jsem z archivu safety událostí letiště Praha/Ruzyně vybrala ty události, které souvisejí s činnostmi plnění letadel leteckými pohonnými hmotami. Z daného vzorku byly vyřazeny úniky paliva způsobené technickou závadou. Výsledný vzorek obsahuje celkem osmnáct událostí, ke kterým došlo na letišti Praha/Ruzyně od roku 2008 do roku 2017. Tyto události lze v principu rozdělit do dvou skupin. První skupina safety událostí se týká pohybu autocisteren v prostoru stání letadla, druhá skupina spadá do problematiky pohybu autocisteren po obslužných komunikacích letiště. Rozdělení uvádí Graf 16. Události jsou řazeny podle úrovně rizika.



Graf 16 – Rozdělení analyzovaných událostí dle místa, kde k nim došlo
zdroj: vlastní

7.3.2 Analýza událostí autocisteren v prostoru stání

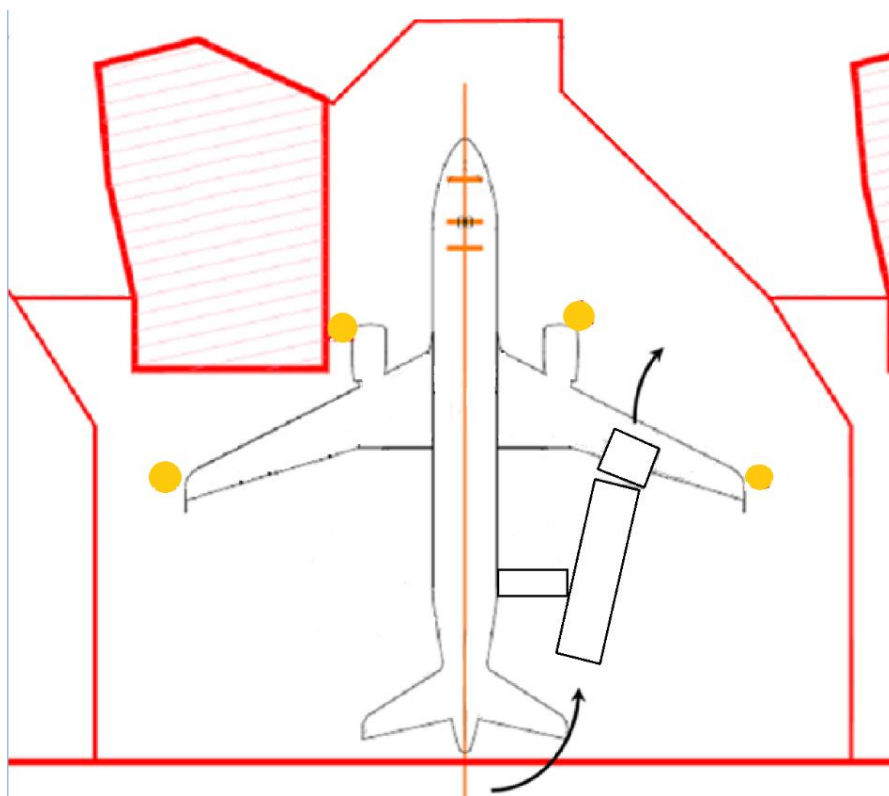
✕ Kolize plnicí soupravy a pásového nakladače

V září roku 2010 došlo ke kolizi plnicí soupravy s pásovým nakladačem na stání během obchodně technického odbavení letadla typu Airbus A320. K plnění byla použita souprava tahače a návěsu cisterny leteckých pohonných hmot o celkové délce 18,5 metru. Při zajíždění plnicí soupravy pod pravé křídlo letadla zachytil řidič při odbočování z pojezdové dráhy vlevo levou zadní částí plnicí soupravy o gumový nárazník pásového dopravníku. Pásový dopravník byl umístěn v pracovní pozici u zadního nákladového prostoru

letadla v souladu se schématem rozmístění prostředků uvedeného typu letadla během obchodně technického odbavení, a byl zajištěn proti samovolnému pohybu. Událost schematicky prezentuje Obrázek 16.

Vlivem kolize došlo k posunutí zadní části pásového dopravníku směrem vpravo, vytočení ramene dopravníku směrem vlevo a k celkovému posunutí pásového dopravníku dopředu směrem do nákladového prostoru letadla.

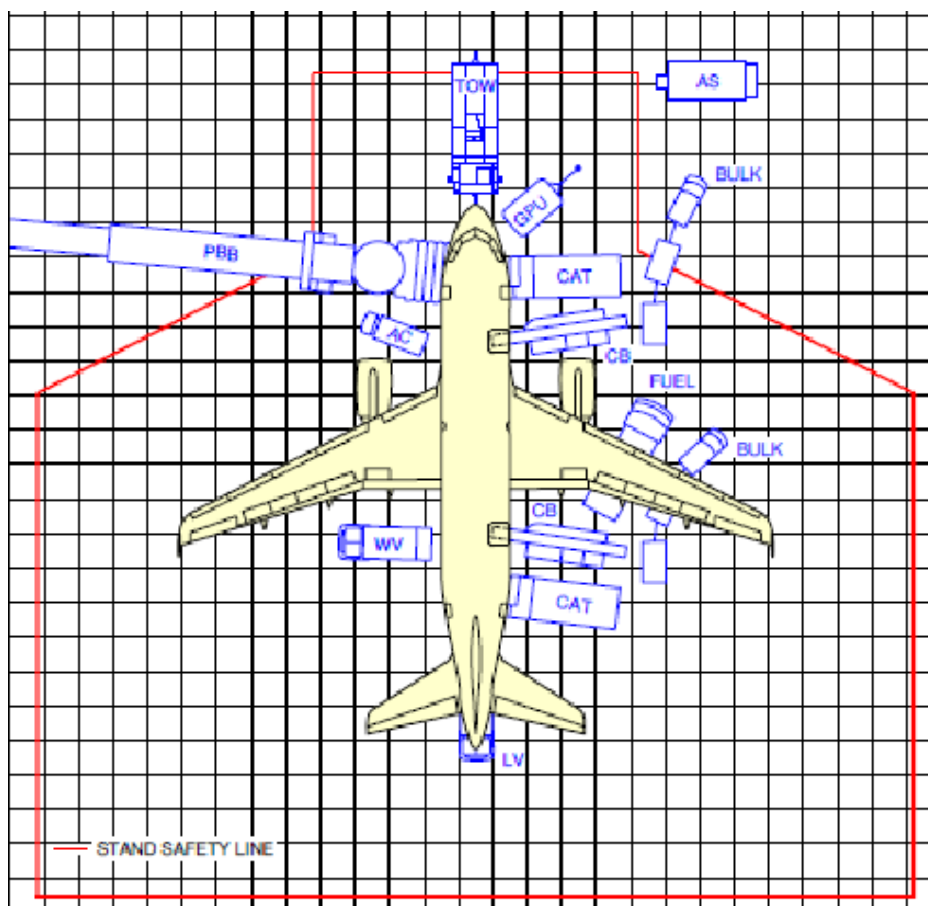
K události došlo na stání způsobilém pro obchodně technické odbavení daného typu letadla, během dne a za dobré viditelnosti. Povrch stání byl suchý. Daná plnicí souprava může obsahovat až čtyřicet tisíc litrů paliva. Řidič plnicí soupravy byl řádně proškolený a způsobilý k obsluze daného vozidla. Řidič nebyl pod vlivem alkoholu ani jiné návykové látky, k události došlo ve střední části jeho pracovní doby.



Obrázek 16 – Schéma průběhu události
zdroj: vlastní; za použití podkladů KSP LP

Dle mého názoru byl příčinou události lidský faktor. Došlo k nesprávnému manévrování s plnicím vozidlem, kdy řidič neodhadl potřebnou vzdálenost od mobilního manipulačního prostředku. Určitý podíl na tom mohla mít skutečnost, že konstrukční parametry plnicí soupravy způsobují při změně směru jízdy vybočení zadní části návěsu proti směru otáčení. Při plnění letadel typů A318 / A319 / A320 / A321 leteckými pohonnými hmotami z pravé

strany, kde je vysoká koncentrace prostředků odbavení, je manipulační prostor na stání značně omezen (viz. Obrázek 17). Autocisterna zajížděla na stání za účelem plnění letadla a měla proto v nádrži velké množství leteckého petroleje. Tento fakt zvyšuje závažnost incidentu z důvodu vysokého požárního nebezpečí.



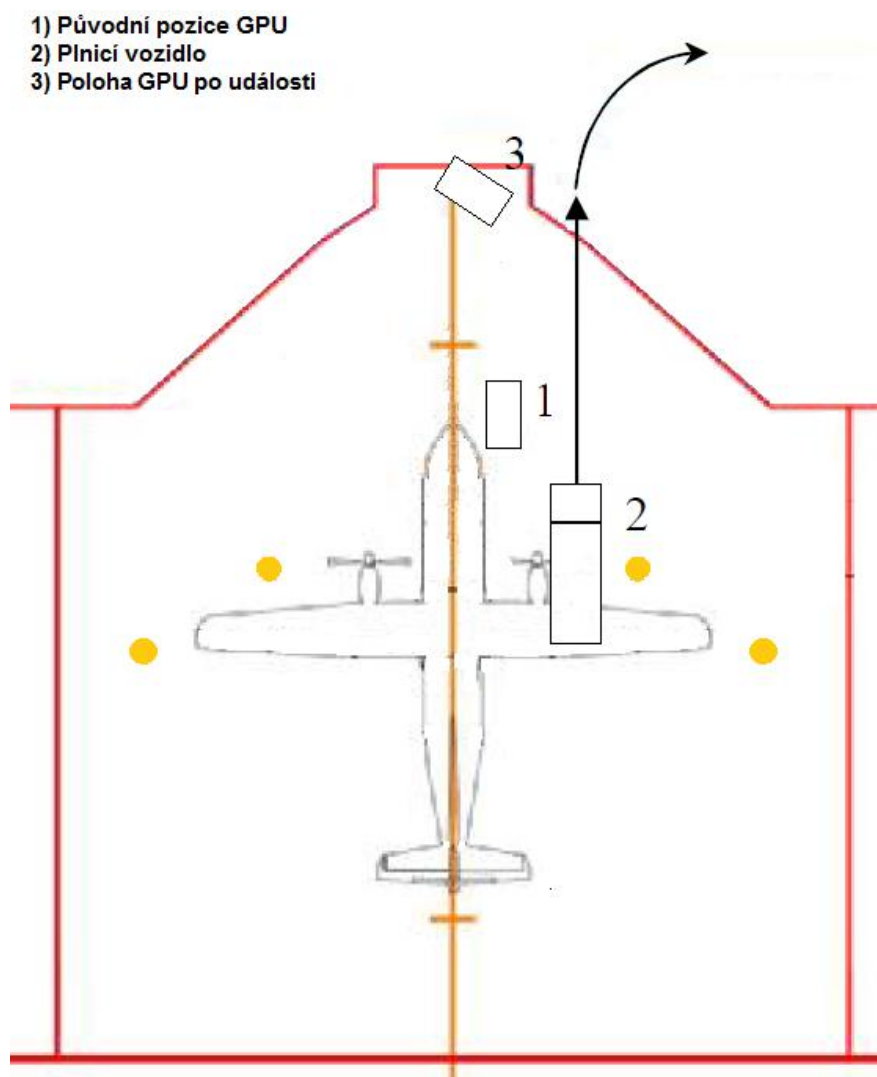
Obrázek 17 – Rozestavení prostředků technického odbavení na stání letadla A318
zdroj: Aircraft Characteristics Airport and Maintenance Planning A318 [22]

✘ Poškození mobilního zdroje 400 Hz

V srpnu roku 2010 došlo k vytržení kabelu mobilního zdroje 400 Hz autocisternou vyjíždějící ze stání. Řidič opouštěl po dokončení činnosti plnění letadla typu ATR 42 pozici pod pravým křídlem letadla přímým směrem na navazující obslužnou komunikaci. Během zatáčení vpravo došlo vlivem konstrukčního řešení soupravy k vybočení cisterny vlevo a zachycení její technické části o schůdky mobilního zdroje (viz Obrázek 18). Došlo k odtažení GPU od letadla a napnutí napájecího kabelu. Vlivem pokračujícího pohybu se vytrhla zástrčka a došlo k poškození přípojné elektrické zásuvky a krycích dvířek energetického panelu letadla. Vlivem nárazu technologické části cisterny do mobilního zdroje došlo rovněž k poškození ventilu hadice a úniku asi deseti litrů leteckého petroleje JET A-1. K likvidaci uniklého paliva byla přivolána jednotka Hasičského záchranného sboru LP.

K události došlo na stání způsobilém pro obchodně technické odbavení daného typu letadla po sedmé hodině večerní. Panovaly špatné meteorologické podmínky a povrch byl klasifikován jako mokrý. Mobilní zdroj 400 Hz byl umístěn v souladu se schématem rozmístění prostředků uvedeného typu během obchodně technického odbavení letadla a byl zajištěn proti samovolnému pohybu. K plnění letadla byla použita plnicí souprava složená z tahače

a návěsu cisterny leteckých pohonných hmot o celkové délce 18,5 metru. Souprava při změně směru jízdy svojí zadní částí vybočuje proti směru zatáčení. Řidič plnicí soupravy si kontaktu s GPU nevěšiml a reagoval až na signalizaci Ramp agenta. Řidič nebyl pod vlivem alkoholu ani jiné návykové látky. Za příčinu události považuji lidský faktor. Řidič neodhadl chování konstrukce soupravy, která při změně směru jízdy svojí zadní částí vybočuje proti směru zatáčení. Významný podíl na průběhu události měl omezený manipulační prostor a špatné meteorologické podmínky.



Obrázek 18 - Schéma průběhu události poškození GPU
zdroj: vlastní; za použití podkladů KSP LP

✘ **Kolize autocisterny a tahače na stání**

V únoru roku 2010 došlo ke kolizi plnicího vozidla a tahacího mobilního prostředku na stání. Po ukončení činnosti plnění letadla typu Boeing 737 provedl plnič bezpečnostní obchůzku autocisterny a zkontroloval volný prostor pro výjezd ze stání. Než stihl plnič s vozidlem opustit stání, zaparkoval řidič mobilního manipulačního prostředku tahač do vzdálenosti pět až šest metrů z pravé strany autocisterny do trajektorie jejího výjezdu.

Řidič autocisterny věnoval při výjezdu hlavní pozornost vedlejšímu stání, kde probíhalo intenzivní odbavení letadla typu Boeing 737 včetně nástupu cestujících. Z inkriminovaného stání se v případě obsazení vedlejšího stání stojícím letadlem nedá odjet přímo a v souladu s dopravním řádem se vyjíždí vpravo, jak bylo provedeno také v tomto případě. Tahač se pravděpodobně v době rozjezdu autocisterny nacházel v mrtvém úhlu jejího zpětného zrcátka. Řidič plnicího vozidla zahájil výjezd ostře doprava a bokem soupravy zavadil o přední část tahacího prostředku.

K události došlo během dne za podmínek dobré viditelnosti a suchém stavu povrchu. Za příčinu události považuji lidský faktor, kdy řidič tahače zaparkoval prostředek do nesprávné pozice.

✘ **Kolize vozíku a autocisterny na stání**

K další vážné události v prostoru stání došlo v srpnu roku 2016. Během otáčení mobilního manipulačního prostředku s vozíky se vypřáhl poslední vozík a narazil do autocisterny. Cisterna musela být vyřazena z provozu do doby její opravy a provedení tlakové zkoušky nádrže.

K události došlo v dopoledních hodinách. Stav povrchu byl klasifikován jako mokrý. Řidič MMP nedodržel bezpečný odstup od autocisterny a předepsanou maximální možnou rychlost v prostoru stání. Během události došlo k vážnému ohrožení plniče. Navíc nádrž byla v době nehody naplněna asi dvaceti devíti tisíci litry leteckého petroleje JET A-1.

✘ **Kontakt vozíku a autocisterny na stání**

V únoru roku 2009 došlo k incidentu na stání při obchodně technickém odbavení letounu Boeing 733. Asi jeden až jeden a půl metru od pravého křídla byla přistavena autocisterna ve standardní pozici pro plnění leteckými pohonnými hmotami. Tahač se zavazadlovými vozíky podjel pod pravým křídlem letadla ve vzdálenosti asi půl metru od levé strany plnicího vozidla. Během odbočovacího manévru k zadnímu nákladovému prostoru došlo k vybočení třetího vozíku a tento zavadil o ochrannou lištu autocisterny.

K události došlo v odpoledních hodinách a stav povrchu byl klasifikován jako mokrý. Řidiči MMP byla provedena orientační dechová zkouška na alkohol s negativním výsledkem.

Příčinou události je dle mého názoru lidský faktor. Řidič tahače uvedl, že vlivem rozestavení prostředků technického odbavení na stání neměl možnost jiné než zvolené trajektorie. Považoval prostor mezi plnicím vozidlem a křídlem letadla za dostatečný, aby se podjetí křídla vyhnul. Řidič nedodržel bezpečnou vzdálenost od autocisterny. Na plnicím vozidle nevznikla díky gumovému obložení vozíku žádná škoda. V případě, že by nehodu způsobil mobilní manipulační prostředek s ostrou hranou, hrozilo rozsáhlé poškození autocisterny s nebezpečím ropné havárie a vysokým požárním rizikem. V době incidentu byla nádrž cisterny naplněna asi do poloviny možného objemu.

✘ **Kolize nástupních schodů a autocisterny na stání**

V květnu roku 2013 došlo v prostoru stání k samovolnému pohybu zaparkovaných nástupních schodů. Trajektorie schodů vedla přímo do boku autocisterny o objemu čtyřicet tisíc litrů, která čekala na tankování letadla. Řidič plnicího vozidla zaznamenal nebezpečí kolize a pokusil se zabránit nárazu schodů do cisterny rychlým odjezdem plnicího vozidla. Došlo k nárazu do zadní nápravy návěsu a deformaci blatníku.

V nádrži bylo v době incidentu dvacet pět tisíc osm set litrů leteckého petroleje JET A-1. Podle zprávy ATIS byla rychlost větru 7 uzlů. Z mého pohledu je příčinou události lidský faktor, protože nástupní schody nebyly správným způsobem zajištěny proti pohybu.

✘ **Kolize mobilního manipulačního prostředku a plnicích schodů na stání**

V červenci roku 2014 došlo v prostoru stání ke kolizi mobilního manipulačního prostředku a plnicích schodů. Řidič MMP během objíždění plnicího vozidla zavadil vozíkem o plnicí schody, které převrátil a táhl, až je natlačil pod cisternu. Řidič MMP do chvíle znemožnění pohybu vozidla nehodu nezaznamenal. Škoda na plnicích schodech a autocisterně byla odhadnuta na padesát tisíc korun.

K události došlo v odpoledních hodinách za podmínek dobré viditelnosti. Řidič mobilního manipulačního prostředku nebyl pod vlivem návykových látek. Za příčinu události považuji lidský faktor. Domnívám se, že poměrně dlouhá prodleva mezi kolizí s plnicími schody a zastavením mobilního manipulačního prostředku svědčí o nepozornosti řidiče. Plnicí schody byly natlačeny pod cisternu s obsahem leteckého petroleje, čímž se incident stal požárně nebezpečným.

✘ **Kolize mobilního manipulačního prostředku a plnicího vozidla na stání**

V srpnu roku 2015 došlo ke kontaktu mobilního mechanizačního prostředku a plnicího vozidla v prostoru stání během objíždění autocisterny řidičem MMP. V době události probíhalo na daném stání obchodně technické odbavení letadla typu Boeing 737.

Došlo k poškození laku plnicího vozidla. Řidiči MMP byla provedena orientační dechová zkouška na alkohol s negativním výsledkem. Řidič porušil bezpečnostní zónu okolo plnicího vozidla. Za příčinu události považují lidský faktor. Autocisterna právě tankovala letecký petrolej do nádrže letadla. Z tohoto důvodu hodnotím incident jako vážný z hlediska požární bezpečnosti.

✘ **Kolize pásového nakladače a autocisterny na stání**

V září roku 2014 došlo ke kolizi pásového nakladače a autocisterny v prostoru stání. Během objíždění plnicího vozidla zachytil řidič mobilního manipulačního prostředku zadní nárazník cisterny. Došlo k poškození zadního nárazníku a zadního světla plnicího vozidla.

K nehodě došlo po deváté hodině večerní. Řidič MMP nebyl pod vlivem alkoholu ani jiných omamných látek. Domnívám se, že příčinou události byla kombinace lidského faktoru a omezený manipulační prostor na stání.

✘ **Přesah plnicího vozidla z prostoru stání do pojezdové dráhy**

V září roku 2013 nahlásil řidič vozidla Follow Me opakované porušování předpisů ze strany řidičů plnicích vozidel. Jako příklad uvedl autocisternu, která během plnění letadla ATR přesahovala z prostoru stání asi o pět až šest metrů do pojezdové dráhy. Zaváděné letadlo bylo nuceno překážku se zvýšenou opatrností objet podél kanálu na levé straně pojezdové dráhy.

Za příčinu považují lidský faktor. Autocisterna by při správném rozestavení na stání způsobitelném pro obchodně technické odbavení daného typu letadla neměla zasahovat mimo prostor stání.

✘ **Kolize dvou mobilních mechanizačních prostředků na stání**

V lednu roku 2010 došlo ke kolizi dvou mobilních mechanizačních prostředků na stání během obchodně technického odbavení letadla typu Embraer 170. U zadních nákladových dveří na pravé straně letadla byl přistaven nákladový pás. Zároveň probíhalo plnění LPH z autocisterny. Plnicí vozidlo parkovalo mimo obrys letadla asi tři metry od konce pravého křídla.

Nakládací pás zahájil couvání z pozice u zadních nákladových dveří. Ve stejnou chvíli přijížděl mobilní mechanizační prostředek se dvěma naloženými kontejnerovými vozíky a směřoval vpravo od parkující autocisterny. Nakládací pás v průběhu manévru narazil do soupravy tahače. Ke kolizi došlo na úrovni pravého křídla letadla za parkujícím plnicím vozidlem. Řidič autocisterny reagoval odpojením plnicí hadice od letadla.

Tuto událost jsem do analyzovaného vzorku zařadila z toho důvodu, že velikost autocisterny měla pravděpodobně vliv na průběh události. Manipulační prostor na stání byl značně omezen. Navíc nehoda v blízkosti probíhajícího plnění letadla zvyšuje požární nebezpečí.

✘ **Poškození plnicího hrdla letadla**

V únoru roku 2009 došlo k poškození plnicího hrdla letadla typu ATR-425. Řidič neodpojl po ukončení činnosti plnění letadla leteckým petrolejem hadici a odjel ze stání. Příčinou této události byl lidský faktor. V případě plnění pomocí mobilního hydrantového prostředku by hrozilo stejné nebezpečí.

✘ **Kumulace prostředků technického odbavení na stání**

Letiště se potýká se systémovým problémem přeplněných stání. Prostředky technického odbavení letadla se kumulují v prostoru stání a znemožňují tak nebo podstatně ztěžují odbavovací činnosti pro ostatní prostředky.

7.3.3 Analýza událostí autocisteren při pohybu po infrastruktuře

✘ **Kontakt mobilního manipulačního prostředku s autocisternou při couvání**

V dubnu roku 2017 se stala dopravní nehoda mobilního manipulačního prostředku a plnicího vozidla. Řidič MMP nacouval do projíždějící autocisterny, která v tu chvíli objížděla autobus přistavený u stání letadla.

Nehoda se obešla bez zranění. Z cisterny byl uražen výpustní ventil a došlo k malému úniku leteckého petroleje. Oba řidiči se podrobili orientační dechové zkoušce s negativním výsledkem. Příčinou nehody byl pravděpodobně lidský faktor.

✘ **Kontakt mobilního manipulačního prostředku s autocisternou při míjení**

V červnu roku 2006 došlo ke kontaktu autocisterny a mobilního manipulačního prostředku s vozíkem. Při souběžném míjení obou vozidel řidič autocisterny vyhodnotil situaci tak, že mobilní manipulační prostředek nemůže prostorem bezpečně projet a zastavil. Řidič mobilního manipulačního prostředku pokračoval v jízdě a vozíkem, který je širší než samotné vozidlo, odřel lak autocisterny.

Oba řidiči se podrobili orientační dechové zkoušce na alkohol s negativním výsledkem. Příčinou nehody byl dle mého názoru lidský faktor.

✘ **Sblížení konce křídla a autocisterny při přetahu letadla**

V říjnu roku 2009 došlo k nebezpečnému sblížení konce křídla letadla a plnicího vozidla. Autocisterna přejížděla z odbavovací plochy do depa a zastavila na vodorovné příkazové značce *Stůj, dej přednost letadlům* umístěné před pojezdovou dráhou. V tu chvíli probíhalo vytlačování letadla typu Boeing 734 z blízkého stání. Podle výpovědi pracovníků přetahu

stála na sousedním stání, na pravé straně ve směru vytlačování letadla, jiná autocisterna. Řidič přetahu z důvodu zvětšení bezpečné vzdálenosti upravil trajektorii vytlačování směrem doleva. Tímto manévrem se významně odchýlil od vodící čáry a došlo ke sblížení konce křídla letadla s plnicím vozidlem na příkazové značce.

Vytlačování letadla na osu pojezdové dráhy bylo provedeno nebezpečným způsobem a byl ohrožen majetek i zdraví přítomných zaměstnanců. Za příčinu události považuji lidský faktor.

✘ **Narušení stání letadla autocisternou**

V březnu roku 2009 došlo při zavádění letadla typu Bombardier CRJ-200 na stání k narušení prostoru stání autocisternou leteckých pohonných hmot. Plnicí vozidlo vjelo do prostoru stání takovým způsobem, že letadlo bylo nuceno zastavit, neboť hrozil střet levého křídla letadla s cisternou. Cisterna dále pokračovala na vedlejší stání za účelem plnění letadla ATR 45.

Po uvolnění určeného stání bylo možné bezpečně dokončit zavedení letadla. Příčinou incidentu byl lidský faktor, protože řidič plnicího vozidla nedodržel předepsané postupy.

✘ **Náhlé zastavení plnicího vozidla**

V březnu roku 2009 došlo k závažnému ohrožení bezpečnosti na ploše z důvodu náhlého zastavení plnicího vozidla v místě křížení obslužné komunikace s pojezdovou dráhou. Příčinou události byla porucha motoru autocisterny. Následné šetření objevilo větší množství cukru v palivové nádrži určené pro motorovou naftu. Plnicí společnost ohlásila škodní událost na územní oddělení Policie České republiky.

Příčinou události byla škodní událost, kdy neznámý pachatel záměrně poškodil palivovou soustavu plnicího vozidla.

✘ **Kontakt autocisterny s nástupním mostem**

V srpnu roku 2016 zavadil řidič plnicího vozidla při zajíždění do prostoru stání cisternou o zábradlí nástupního mostu. Jelikož se jedná o ojedinělou událost, domnívám se, že byl na vině spíše lidský faktor než vliv infrastruktury letiště.

7.3.4 Vyhodnocení výsledků výzkumu

V kapitole 7.3.2 jsou popsány kolize prostředků technického odbavení v prostoru stání letadel, ke kterým došlo na letišti Praha/Ruzyně od roku 2008, a které týkají se provozu autocisteren. Jedná se celkem o dvanáct událostí, v jedenácti z nich byla plnicí vozidla přímým účastníkem incidentu. Dané události jsem hodnotila na základě dostupných informací. Nejčastější příčinou nehod byl lidský faktor a omezený prostor pro manipulaci prostředků technického odbavení v prostoru stání.

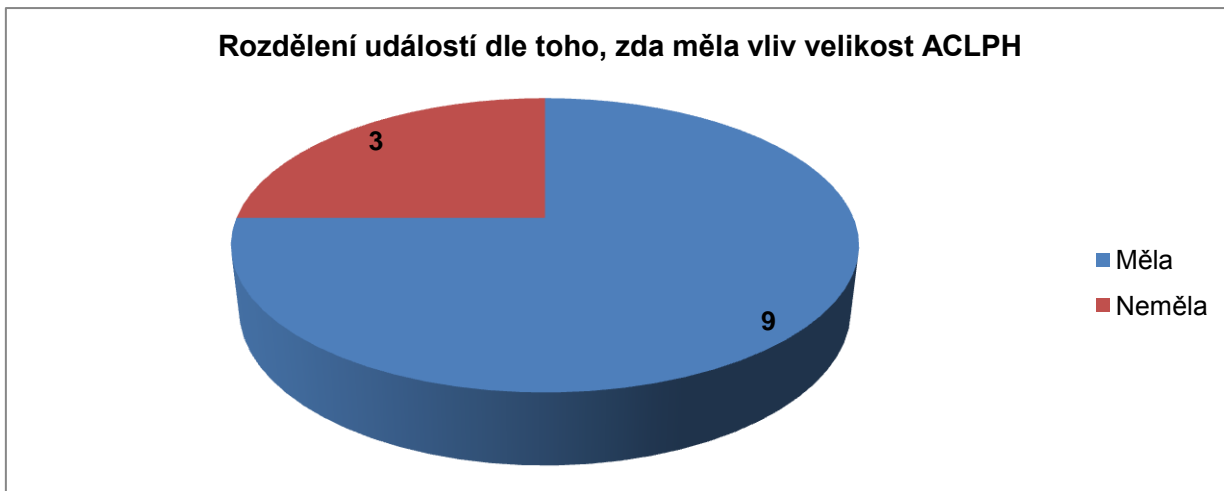
Tabulka 12 shrnuje analyzované události. V prvním sloupci je uveden druh události, ve druhém její pravděpodobná příčina. Ve třetím a čtvrtém sloupci jsem posuzovala, zda měla na průběh události vliv velikost plnicího vozidla a zda bylo z důvodu velkého množství leteckého petroleje v nádrži autocisterny zvýšeno požární riziko incidentu.

Tabulka 12 – Shrnutí událostí s plnicími vozidly na stání letadel
zdroj: vlastní

Událost	Pravděpodobná příčina	Vliv velikosti plnicího vozidla na událost	Vysoké riziko požáru a ropné havárie
Kolize ACLPH a pásového nakladače	Lidský faktor	Ano	Ano
Poškození mobilního zdroje 400 Hz	Lidský faktor	Ano	Ne
Kolize ACLPH a tahače	Lidský faktor	Ano	Ano
Kolize vozíku a ACLPH	Lidský faktor / technická závada	Ne	Ano
Kontakt vozíku a ACLPH	Lidský faktor	Ano	Ano
Kolize nástupních schodů a ACLPH	Lidský faktor	Ne	Ano
Kolize MMP a plnicích schodů	Lidský faktor	Ano	Ano
Kolize MMP a ACLPH	Lidský faktor	Ano	Ano
Kolize pásového nakladače a ACLPH	Lidský faktor	Ano	Ano
Přesah ACLPH do pojezdové dráhy	Lidský faktor	Ano	Ano
Kolize dvou MMP	Lidský faktor	Ano	Ano
Poškození plnicího hrdla	Lidský faktor	Ne	Ano

Velikost plnicího vozidla měla vliv na průběh události v sedmi případech z devíti (viz Graf 17). Z toho důvodu konstatuji, že zavedení hydrantového rozvodného systému, a s tím spojené nahrazení autocisteren menšími mobilními hydrantovými prostředky se zdvižnou plošinou, by zvýšilo úroveň provozní bezpečnosti na letišti Praha/Ruzyně. Plnění pomocí

hydrantového systému vyžaduje menší plochu při technickém odbavení letadla a k dispozici je větší manipulační plocha pro ostatní prostředky pohybující se v prostoru stání.



Graf 17 - Rozdělení analyzovaných událostí dle toho, zda měla vliv velikost autocisterny
zdroj: vlastní

V jedenácti ze dvanácti analyzovaných událostí měla přímý vliv na závažnost incidentu přítomnost velkého objemu vysoce hořlavého leteckého petroleje JET A-1 v nádrži plnicího vozidla (viz Graf 18). Při zavedeném hydrantovém systému je na odbavovací ploše přítomen hydrantový prostředek, který má palivo pouze v hadicích a filtrech. Významnou výhodou plnění pomocí hydrantového rozvodného systému je tedy snížení rizika ropné havárie a zvýšení požární bezpečnosti.



Graf 18 – Rozdělení událostí na stání dle toho, zda přítomnost JET A-1 v nádrži ACLPH zvýšila riziko ropné havárie a snížila úroveň požární bezpečnosti
zdroj: vlastní

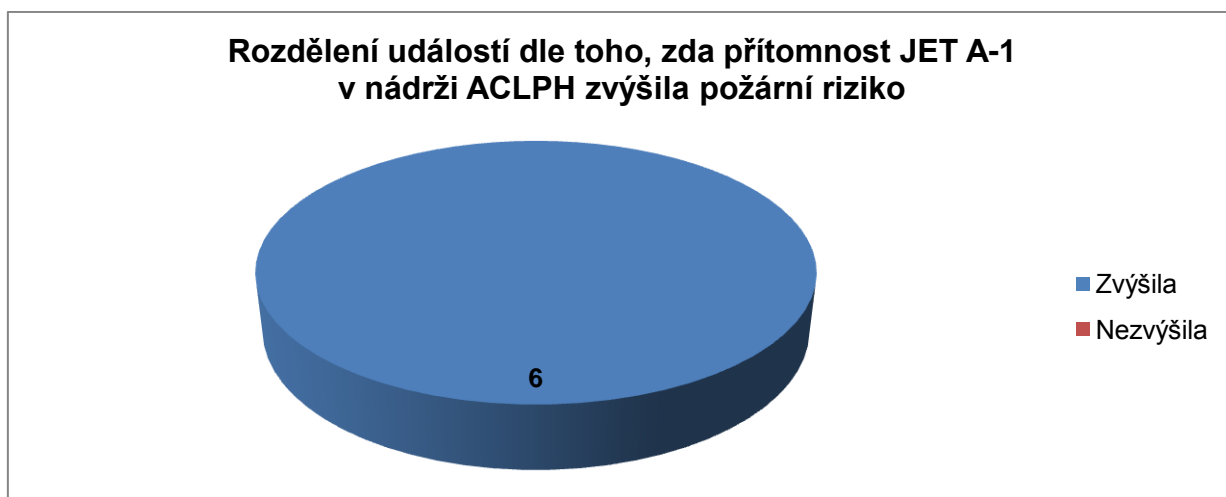
V kapitole 7.3.3 jsem analyzovala události plnicích vozidel při pohybu na odbavovací ploše letiště Praha/Ruzyně od roku 2008. Jedná se celkem o šest událostí. Analyzované události uvádí Tabulka 13. V prvním sloupci je uveden druh události, ve druhém její pravděpodobná

příčina. Ve třetím sloupci jsem zaznamenala výsledky hodnocení, zda přítomnost velkého množství leteckého petroleje v nádrži autocisterny zvýšila požární riziko incidentu.

Tabulka 13 - Shrnutí událostí s plnicími vozidly při pohybu po odbavovací ploše
zdroj: vlastní

Událost	Pravděpodobná příčina	Vysoké riziko požáru a ropné havárie
Kontakt MMP s ACLPH při couvání	Lidský faktor	Ano
Kontakt MMP s ACLPH při míjení	Lidský faktor	Ano
Sblížení konce křídla a ACLPH při přetahu	Lidský faktor	Ano
Narušení stání letadla autocisternou	Lidský faktor	Ano
Náhlé zastavení plnicího vozidla	Technická závada	Ano
Kontakt ACLPH s nástupním mostem	Lidský faktor	Ano

Pro naplnění velkokapacitního letadla může být potřeba až šest autocisteren, které zatěžují obslužné komunikace letiště. Z analýzy událostí vyplývá, že nehody těchto plnicích prostředků při pohybu po odbavovací ploše jsou zatíženy vysokou úrovní rizika ropné havárie a požáru (Graf 19).



Graf 19 – Rozdělení událostí při pohybu na odbavovací ploše dle toho, zda přítomnost JET A-1 v nádrži ACLPH zvýšila riziko ropné havárie a snížila úroveň požární bezpečnosti
zdroj: vlastní

Pro zvýšení provozní bezpečnosti doporučuji zavedení hydrantového rozvodného systému. Naplnění letadla může být zajištěno jedním mobilním hydrantovým prostředkem, což přináší snížení provozu na odbavovací ploše. V případě nehody hydrantového vozidla nehrozí únik

velkého objemu leteckých pohonných hmot, čímž se výrazně zvyšuje úroveň požární bezpečnosti a snižuje se riziko ropné havárie.

7.3.5 Bezpečnostní posouzení realizace doporučení

Na základě analýzy událostí plnicích vozidel na letišti Praha/Ruzyně jsem pro zvýšení úrovně provozní bezpečnosti doporučila zavedení hydrantového rozvodného systému. Následuje bezpečnostní posouzení případné realizace daného doporučení.

✘ Vliv změny na zapojené subjekty

Změna bude mít významně pozitivní vliv na činnost handlingové společnosti, protože se zvýší manipulační prostor pro prostředky technického odbavení na stání letadla. Změna by měla být přínosem pro letecké společnosti, protože se pravděpodobně sníží doba potřebná k obchodně technickému odbavení letadla (bude řešeno v kapitole 7.4).

✘ Posouzení nebezpečí kolizí

Riziko kolize plnicího vozidla s letadlem se sníží. V důsledku menší velikosti prostředku bude k dispozici větší manipulační prostor na stání letadla. Stejně hodnocení platí pro riziko kontaktu plnicího vozidla s jinými mobilními manipulačními prostředky. Vzhledem k menším rozměrům plnicího prostředku se rovněž sníží riziko kolize s infrastrukturou.

✘ Vliv změny na infrastrukturu

V důsledku zavedení hydrantového rozvodného systému budou na provozní ploše umístěny jímky s plnicími ventily. Tyto jsou považovány za překážky v prostoru stání letadla. Kolize mobilního prostředku s ventilem pod tlakem je velmi závažný incident. Pokud dojde vlivem nárazu k uvolnění hydrantového spojení, hrozí vznik tlakového gejzíru leteckého petroleje a uvolnění velkého objemu paliva z hydrantové jímky na odbavovací plochu. Jedná se o vysoké riziko ropné havárie a požárního nebezpečí.

Z toho důvodu byl vydán v roce 2008 požadavek API/EI 1584 *“Four Inch Hydrant System Components and Arrangements Third Edition”* na bezpečné oddělení spojky hydrantového ventilu při vystavení bočnímu nárazu nebo zatížení. Po oddělení spojky se klapka ventilu rychle uzavře, čímž se minimalizuje rozsah úniku leteckého petroleje. Opatření nezabrání úniku z hadic plnicího hydrantového prostředku a z potrubí přes poškozenou spojku. [70]

Pro snížení rizika kolize mobilních prostředků se během plnění otevřené jímky hydrantových systémů označují praporky (viz Obrázek 19).

Riziko, které generuje hydrantový rozvodný systém, považuji po zavedení ventilů třetí generace podle požadavku API/EI 1584 za přijatelné.



Obrázek 19 – Označení otevřené jímky hydrantového rozvodného systému
zdroj: <http://www.tarco.co.th> [71]

7.3.6 Závěr výzkumu

Hypotéza 3: Zavedení hydrantového rozvodného systému zvýší úroveň provozní bezpečnosti letiště.

Na základě analýzy osmnácti reálných událostí, ke kterým došlo na letišti Praha/Ruzyně od roku 2008, jsem konstatovala, že zavedení hydrantového rozvodného systému by výrazně přispělo ke zvýšení provozní bezpečnosti především při obchodně technickém odbavení letadel. Dalším přínosem by bylo nahrazení autocisteren na obslužných komunikacích hydrantovými prostředky, které nemají v nádrži velké množství leteckého petroleje.

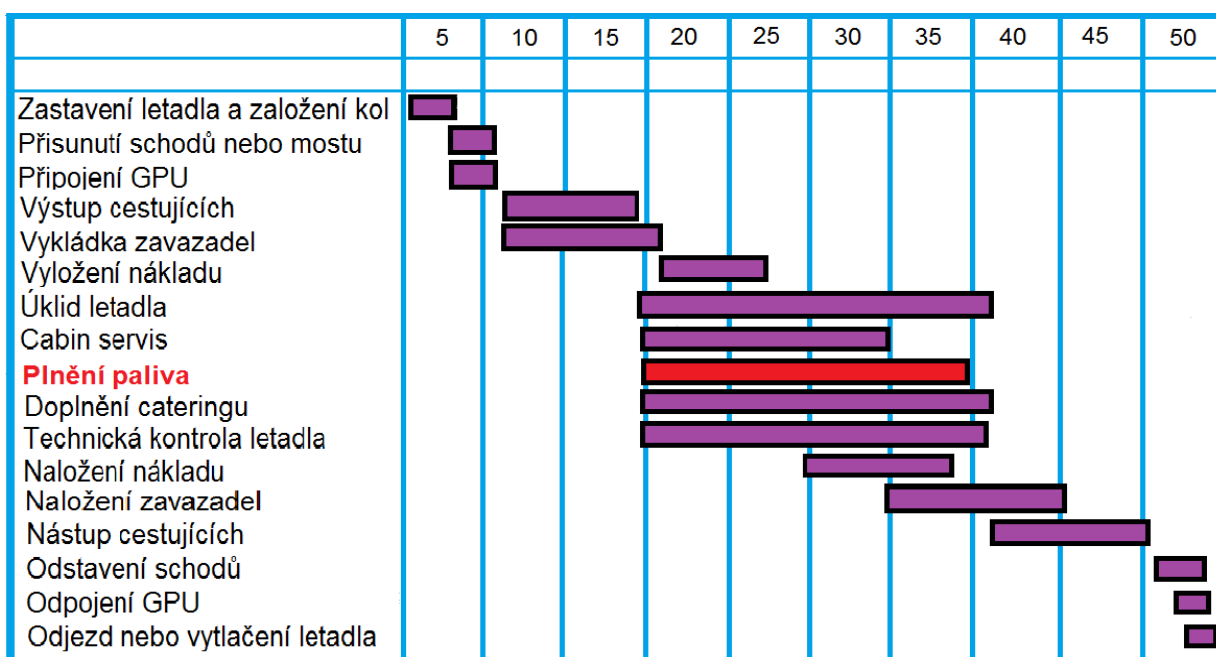
Hypotéza číslo 3 byla potvrzena.

7.4 Doba průletu letadla

Letecké společnosti si dobře uvědomují, že „*letadlo vydělává, pokud je ve vzduchu*“ a vyvíjí tlak na co nejkratší dobu jeho průletu na letišti. Během technického odbavení letadla je proto kladen důraz nejen na vysokou úroveň provozní bezpečnosti, ale rovněž se má zkracovat čas potřebný k provedení odbavovacích činností. Je nezbytné zajistit vysokou spolehlivost procesu, aby se vyloučilo zpoždění odbavovaného letu.

Proces technického odbavení sestává z mnoha činností rozdělených do několika fází, které na sebe vzájemně navazují. Příklad harmonogramu odbavení letadla prezentuje Obrázek 20. Pro jednotlivé činnosti jsou využívány specifické technické prostředky. Může se jednat

o vlastní prostředky letadla, mobilní prostředky technického odbavení nebo vybavení zabudované v odbavovací ploše.



Obrázek 20 – Harmonogram technického odbavení
zdroj: vlastní; podle Provozní aspekty letišť [72]

Plnění letadel leteckými pohonnými hmotami je jednou z nejkritičtějších částí odbavovacího řetězce. Čím rychleji je palivo do nádrží letadla natankováno, tím dříve mohou být provedeny další činnosti technického odbavení. Větší množství prostředků technického odbavení v prostoru stání může podstatně snížit či zcela znemožnit odbavovací činnost pro další prostředky. V kapitole 7.3 bylo dokázáno, že zavedení hydrantového rozvodného systému na letišti Praha/Ruzyně by zvýšilo úroveň provozní bezpečnosti. Cílem této kapitoly je prokázat, že zavedení hydrantového systému by rovněž přispělo ke zkrácení doby průletu letadla.

Hypotéza 4: Zavedení hydrantového rozvodného systému zkrátí dobu průletu letadla.

7.4.1 Sběr dat

Za účelem získání potřebných dat jsem analyzovala dokumenty *Aircraft Characteristics Airport and Maintenance Planning* vybraných typů letadel. Ve vzorku jsou zastoupena úzkotrupá dvoumotorová, širokotrupá dvoumotorová i širokotrupá čtyřmotorová letadla Airbus. Tabulka 14 uvádí objem leteckého petroleje, který má být tankován do letadla při scénáři plného odbavení při průletu. Dále jsem spočítala počet cisteren, který by byl potřeba k transportu uvedeného objemu leteckého petroleje. K výpočtu jsem použila

referenční objem cisterny čtyřicet tisíc litrů leteckých pohonných hmot, což odpovídá současnému parku plnicích vozidel na letišti Praha/Ruzyně.

Tabulka 14 – Objemy leteckého petroleje tankované do nádrží letadel při kompletním odbavení zdroj: vlastní

Letadlo	Plnění podle scénáře kompletního technického odbavení [l]	Počet cisteren (40 000 l)
A320-200 A320neo [21]	20 000	1
A330-200 A330-800 [29]	115 000	3
A330-300 A330-900 [29]	90 000	3
A340-600 [32]	178 000	5
A340-500 [32]	191 000	5
A350-1000 A350-900 [30]	100 000	3
A380-800 [33]	242 700	6

Tabulka 15 uvádí časy potřebné pro vjezd plnicího vozidla do předepsané plnicí pozice a připojení, doby potřebné pro odpojení plnicího vozidla a odjezd ze stání a dobu potřebnou pro plnění daného množství leteckého petroleje analyzovaných typů letadel Airbus.

Tabulka 15 – Časové údaje plnění letadel zdroj: vlastní

Letadlo (zdroj)	Počet cyklů přistavení při souběžném plnění	Doba manévru přistavení a činnost a připojení [min]	Doba činností odpojení a manévr odjezdu [min]	Čistá doba plnění [min]
A320-200 A320neo [21]	1	+ 2,5	+ 2,5	16
A330-200 A330-800 [29]	2	+ 8	+ 8	32
A330-300 A330-900 [29]	2	+ 8	+ 8	24
A340-500 [32]	3	+ 3	+ 3	30
A340-600 [32]	3	+ 3	+ 3	28
A350-900 [30]	2	+ 8	+ 8	36
A350-1000 [30]	2	+ 8	+ 8	36
A380-800 [33]	3	+ 8	+ 8	36

7.4.2 Vyhodnocení výsledků výzkumu

Z analýzy příruček je patrné, že pro naplnění požadovaného²⁶ množství leteckého petroleje širokotrupých letadel je potřeba více než dvou autocisteren o referenčním objemu nádrže čtyřicet tisíc litrů leteckých pohonných hmot (viz Tabulka 14). Zavedení hydrantového rozvodného systému umožní plnění letadla pomocí jednoho mobilního hydrantového prostředku. Tím se sníží nároky na množství obsluhujícího personálu a náklady na provozní kapaliny plnicích prostředků. Dojde ke snížení počtu manévrů plnicích vozidel při střídání autocisteren. Manévr vjezdu a výjezdu do a z prostoru stání bude navíc v případě mobilního hydrantového prostředku díky jeho menším rozměrům bezpečnější a rychlejší. Velikost bude mít rovněž příznivý vliv na manévrovací prostor pro ostatní prostředky technického odbavení na stání.

V případě, že požadovaný objem leteckého petroleje je vyšší, než jaký může zajistit plnění ze dvou autocisteren souběžně pod pravým a levým křídlem, dochází během této činnosti k významné prodlevě. Vzniká časová ztráta, kdy řidič již prázdné autocisterny provede úkony spojené s ukončením činnosti plnění a vyjede ze stání, a řidič plné autocisterny najede do předepsané pozice na stání a před zahájením dalšího plnění provede předepsané úkony. Zavedením hydrantového systému se tento čas ušetří, protože celý proces plnění zajistí jeden mobilní hydrantový prostředek a úkony spojené se zahájením a ukončením činnosti plnění tak bude nutné provést pouze jednou.

Na základě údajů o časech potřebných k manévrování do a z předepsané plnicí pozice, připojení a odpojení plnicího vozidla a k natankování daného množství leteckého petroleje (viz Tabulka 15) a podle počtu cyklů plnění letadla autocisternami jsem vypočetla předpokládanou dobu plnění včetně manévrů plnicího vozidla stávajícím způsobem na letišti Praha/Ruzyně. Výsledky pro zkoumané typy letadel Airbus uvádí Tabulka 16. Pro srovnání je v tabulce uvedena doba činnosti plnění stejného množství leteckého petroleje v případě použití hydrantového rozvodného systému. Vypočetla jsem rozdíl mezi těmito hodnotami a procentuálně vyjádřila, jak významná by byla časová úspora vůči celkové době kompletního odbavení.

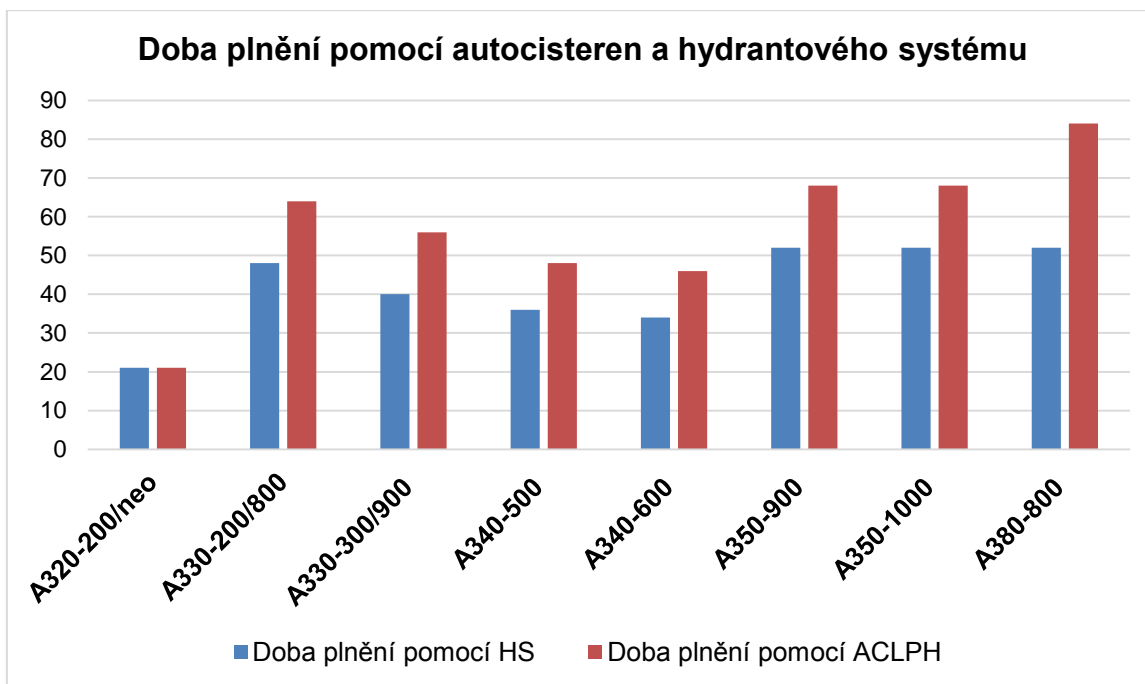
Z výpočtů je patrné, že v případě, že požadované množství leteckých pohonných hmot je vyšší, než jaké může být do nádrží letadla naplněno během jednoho plnicího cyklu, dochází při plnění pomocí autocisteren, vlivem nutnosti opakovaného přistavování a odstavení plnicího vozidla a s tím spojených úkonů, k významné časové prodlevě oproti plnění pomocí hydrantového rozvodného systému.

²⁶ Jedná se o objem leteckého petroleje plněný podle scénáře kompletního odbavení, jak je uvedeno v dokumentu *Aircraft Characteristics Airport and Maintenance Planning*. Velkokapacitní letadlo nemusí být nutně plněno velkým množstvím paliva, například pokud je nasazeno na krátkou trať.

Průměrný podíl časové úspory na celkové době odbavení u letadel, kde vzniká časový rozdíl mezi plněním pomocí autocisteren a pomocí hydrantového rozvodného systému, je 23,9%. Graficky znázorněný rozdíl mezi dobami plnění uvádí Graf 20. Skutečná doba časové úspory záleží na konkrétním stání pro obchodně technické odbavení letadla, jehož uspořádání má největší vliv na to, které činnosti mohou probíhat současně a je-li to vůbec možné.

Tabulka 16 – Výpočet časové úspory plnění při použití hydrantového rozvodného systému
zdroj: vlastní

Letadlo	Celková doba odbavení	Předpokládaná doba plnění včetně manévrů		Rozdíl časů	Podíl rozdílu na době kompletních o odbavení
		Při použití HS	Při použití ACLPH		
	[min]	[min]	[min]	[min]	[%]
A320-200 A320neo	44 [21]	21	21	0	-
A330-200 A330-800	53 [29]	48	64	16	30,2
A330-300 A330-900	59 [29]	40	56	16	27,1
A340-500	59 [32]	36	48	12	20,3
A340-600	68 [32]	34	46	12	17,7
A350-900	61 [30]	52	68	16	26,2
A350-1000	70 [30]	52	68	16	22,9
A380-800	140 [33]	52	84	32	22,9



Graf 20 – Doba plnění pomocí autocisteren a hydrantového rozvodného systému
zdroj: vlastní

7.4.3 Závěr výzkumu

Hypotéza 4: Zavedení hydrantového rozvodného systému zkrátí dobu průletu letadla.

Na základě analýzy časového průběhu technického odbavení osmi typů letadel Airbus jsem prokázala, že zavedení hydrantového rozvodného systému by mělo přímý vliv na zkrácení doby potřebné k průletu letadla při tankovaném objemu leteckého petroleje vyšším než osmdesát tisíc litrů.

Hypotéza číslo 4 byla potvrzena.

7.5 Náměty plynoucí z výsledků diplomové práce

Na základě zjištění prezentovaných v této diplomové práci jsem vyhodnotila zavedení hydrantového rozvodného systému pro plnění letadel leteckými pohonnými hmotami na letišti Praha/Ruzyně jako vhodné a žádoucí. Shrnutí výhod, nevýhod, příležitostí a hrozeb zavedení hydrantového rozvodného systému na ruzyňském letišti uvádí SWOT analýza v kapitole 7.5.1. Z výsledků své diplomové práce usuzuji, že využití hydrantového systému zvýší úroveň bezpečnosti procesu plnění letadel. Z ekonomického pohledu je tento způsob tankování levnější a přispívá ke zkrácení doby průletu letadla. Hydrantový systém dále zefektivňuje řízení zásoby paliva. V této kapitole shrnu náměty a doporučení pro výstavbu hydrantového rozvodného systému na letišti Praha/Ruzyně. Zaměřuji se na zmírnění nevýhod tohoto typu plnění letadel, které jsem identifikovala při zpracování své diplomové práce.

7.5.1 SWOT analýza hydrantového rozvodného systému na letišti Praha/Ruzyně

SWOT analýza je jednou ze základních metod strategické analýzy. Jedná se o komplexní způsob kvalitativního hodnocení. Hodnotící faktory se dělí do čtyř skupin – vnitřní silné a slabé stránky systému a příležitosti a hrozby vnějšího prostředí. [73]

SWOT analýzu zavedení hydrantového rozvodného systému na letišti Praha/Ruzyně uvádí Tabulka 17. Do skupiny silných stránek jsou zařazeny přednosti systému, které budou mít přímý pozitivní vliv na proces plnění letadel. Jako příležitosti jsou hodnoceny faktory, které by mohly mít příznivý účinek na jiné subjekty letiště. Do skupiny slabých stránek jsou zařazeny existující nedostatky systému. Skupinu rizik tvoří faktory, které v souvislosti s provozem hydrantového rozvodného systému na letišti hrozí.

Jak je patrné z následující tabulky, během analýzy zavedení hydrantového rozvodného systému na letišti Praha/Ruzyně byly identifikovány jako slabé stránky vysoké investiční náklady a nutnost zásahu do infrastruktury letiště během implementace systému. Dále existují vnější hrozby, kterými jsou vysoké náklady na opravy systému a likvidace případné ropné havárie. S tím souvisí riziko nutnosti zásahu do infrastruktury letiště. Dále existuje riziko degradace kvality paliva při jeho nedostatečném odběru z potrubí.

Tabulka 17 – SWOT analýza zavedení hydrantového systému na letišti Praha/Ruzyně
zdroj: vlastní

	KLADNÉ FAKTORY	ZÁPORNÉ FAKTORY
Vnitřní prostředí	<p>Strengths – Silné stránky</p> <ul style="list-style-type: none"> Zvýšení úrovně provozní bezpečnosti Zvýšení úrovně požární bezpečnosti Zvýšení úrovně ekologické bezpečnosti Snížení provozních nákladů Prodloužení životnosti systému Zvýšení kvality LPH 	<p>Weaknesses – Slabé stránky</p> <ul style="list-style-type: none"> Vysoké investiční náklady Zásah do infrastruktury při výstavbě
Vnější prostředí	<p>Opportunities – Příležitosti</p> <ul style="list-style-type: none"> Zvětšení manipulačního prostoru na stání Snížení počtu vozidel pohybujících se po letišti Zkrácení doby průletu letadla Snížení nároků na pracovní síly 	<p>Threats – Hrozby</p> <ul style="list-style-type: none"> Degradace kvality paliva Vysoké náklady na opravu a rekonstrukci Vysoké náklady na likvidaci ropné havárie Zásah do infrastruktury při opravě

7.5.2 Omezení zbytečných zásahů do infrastruktury a snížení investičních nákladů

Vývoj přepravních výkonů na letišti Praha/Ruzyně jsem předpověděla v kapitole 7.2. Samotné letiště předpokládá v následujících dvaceti letech průměrný meziroční růst 3,4 %. V rámci oslav osmdesátého výročí od zahájení provozu byly zveřejněny klíčové strategické projekty, které letišti umožní uspokojit budoucí poptávku. Jedná se především o zvýšení kapacity dráhového systému a rozvoj terminálů i navazujících letištních ploch. Počítá se rovněž s úpravou veřejného prostoru před terminály a rozvojem širšího území letiště. Tyto projekty by měly ve střednědobém horizontu navýšit kapacitu letiště na dvacet jedna milionů odbavených cestujících za rok. Dlouhodobé vize předpokládají zvýšení kapacity až na dvacet osm milionů odbavených cestujících ročně. [68]

Navýšení kapacity Terminálu 2 bude zajištěno nejprve vnitřními úpravami stávající budovy, kdy dojde ke zvýšení počtu odbavovacích ostrovů, odbavovacích přepážek a stanovišť bezpečnostní kontroly. Dále je plánováno postupné rozšiřování terminálu. V první etapě je plánována výstavba Prstu D a vznik nových kombinovaných stání letadel (viz Obrázek 21). Ve druhé etapě by mělo dojít k výstavbě Prstu E (viz Obrázek 22). [68] [74]



Obrázek 21 – Vizualizace plánovaného rozšíření Terminálu 2 v první etapě
zdroj: www.letisteslavi80.cz [74]

Nejvýznamnějším projektem zkapacitnění dráhového systému je výstavba paralelní dráhy ke stávající vzletové a přistávací dráze 06/24. Podle internetových stránek letiště by měl být její provoz zahájen v roce 2025. Nová dráha 06R/24L nahradí stávající dráhu 04/22, která se v současné době používá jako parkovací plocha letadel. Vzdálenost mezi paralelními drahami bude 1525 metrů pro zajištění souběžného nezávislého provozu na obou z nich. Stávající vedlejší vzletová a přistávací dráha 12/30 bude začleněna do systému pojezdových

drah. Zrušení provozu na této dráze bude mít významný pozitivní vliv na hlukem zatížené oblasti Prahy a Kladenska. [74] [75] Situaci po výstavbě uvádí Obrázek 23.



Obrázek 22 – Vizualizace plánovaného rozšíření Terminálu 2 ve druhé etapě
zdroj: www.letisteslavi80.cz [74]



Obrázek 23 – Pohled na dráhový systém po výstavbě paralelní dráhy
zdroj: www.mu-klecany.cz [76]

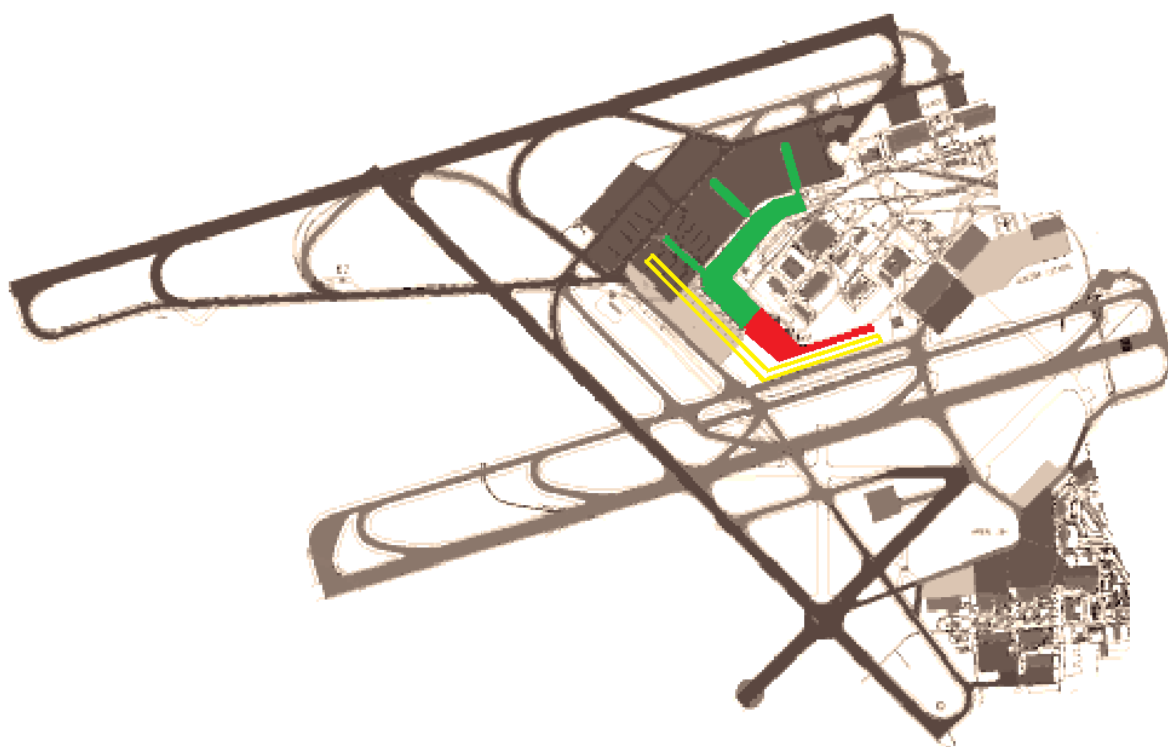
Osobně se domnívám, že zprovoznění dráhy 06R/24L v roce 2025 je nereálné. Přesto je nezbytné připravit tento i další rozvojové projekty s dostatečným předstihem. Některé nevýhody hydrantového rozvodného systému lze omezit při dobré koordinaci výše zmíněných rozvojových projektů s projektem implementace hydrantového systému. Takovou nevýhodou je především nutnost zásahu do infrastruktury letiště. Jelikož jsou v následujícím

desetiletí plánovány významné stavební úpravy, jedná se o vhodnou příležitost k výstavbě hydrantového systému v dotčených částech letiště. S tím souvisí omezení vlivu další nevýhody, kterou jsou vysoké investiční náklady. Vzhledem k přítomnosti stavební techniky i pracovních sil na letišti se sníží cena pomocných zemních prací a některé práce se zcela sloučí.

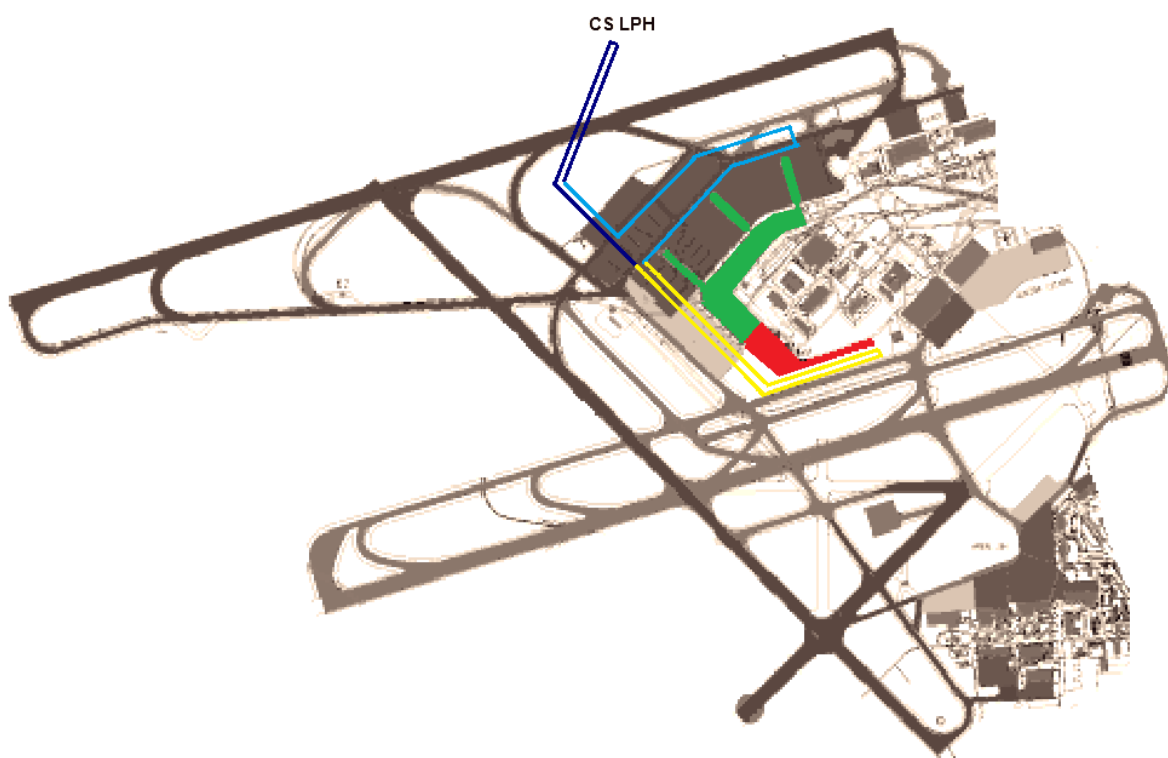
Následující schémata mají pouze informativní charakter a neodpovídají přesně dispozicím letiště. Mou ambicí není navrhnout konkrétní umístění hydrantového rozvodného systému, ale doporučit sled jednotlivých etap výstavby. Na obrázcích jsou stávající terminály vybarveny tmavě zelenou barvou, rozšířený Prst D a nově vzniklý Prst E červenou barvou. Výstavbu hydrantového rozvodného systému doporučuji zahájit při výstavbě stání letadel podél nově vzniklé části Prstu D. Potrubí bude směřovat přes stání podél stávajícího Prstu D a následně se uzavře přes stání u stávajícího Prstu C (viz Obrázek 24, žlutou barvou). Při projektování nových kombinovaných stání letadel je třeba brát v úvahu zavedení hydrantového rozvodného systému a projektovat je v souladu s požadavky *Certification Specifications and Guidance Material for Aerodromes Design* [77].

Hydrantový rozvodný systém doporučuji navrhnout jako kontinuální smyčku, aby mohlo palivo v potrubí cirkulovat. Tím se eliminuje potenciál pro hromadění mikrobiálních a jiných kontaminantů. Návrh musí zohlednit potřeby údržby, testování, uzavírání a odvodňování systému, aby tyto činnosti neměly vliv na jiné palivové oblasti letiště. Doporučuji instalovat dvě hlavní paralelní potrubí s menšími průměry. To umožní vypnout jednu linku při zachování schopnosti plnit letadla.

Pro návratnost investice je důležité, aby byl hydrantový rozvodný systém co nejdříve funkční. K napojení vystavěné větve na centrální sklad leteckých pohonných hmot je třeba zavést potrubí pod vzletovou a přistávací dráhu 06/24 (viz Obrázek 25, tmavě modrou barvou). Podle současných rozvojových plánů letiště bude v roce 2025 k dispozici paralelní vzletová a přistávací dráha 06R/24L, která zajistí provoz letadel. Po zprovoznění stávajícího obvodu doporučuji zahájit výstavbu hlavní větve na odbavovací ploše Sever (viz Obrázek 25, světle modrou barvou), zatímco obchodně technická odbavení letadel budou probíhat na stáních prstů C a D.

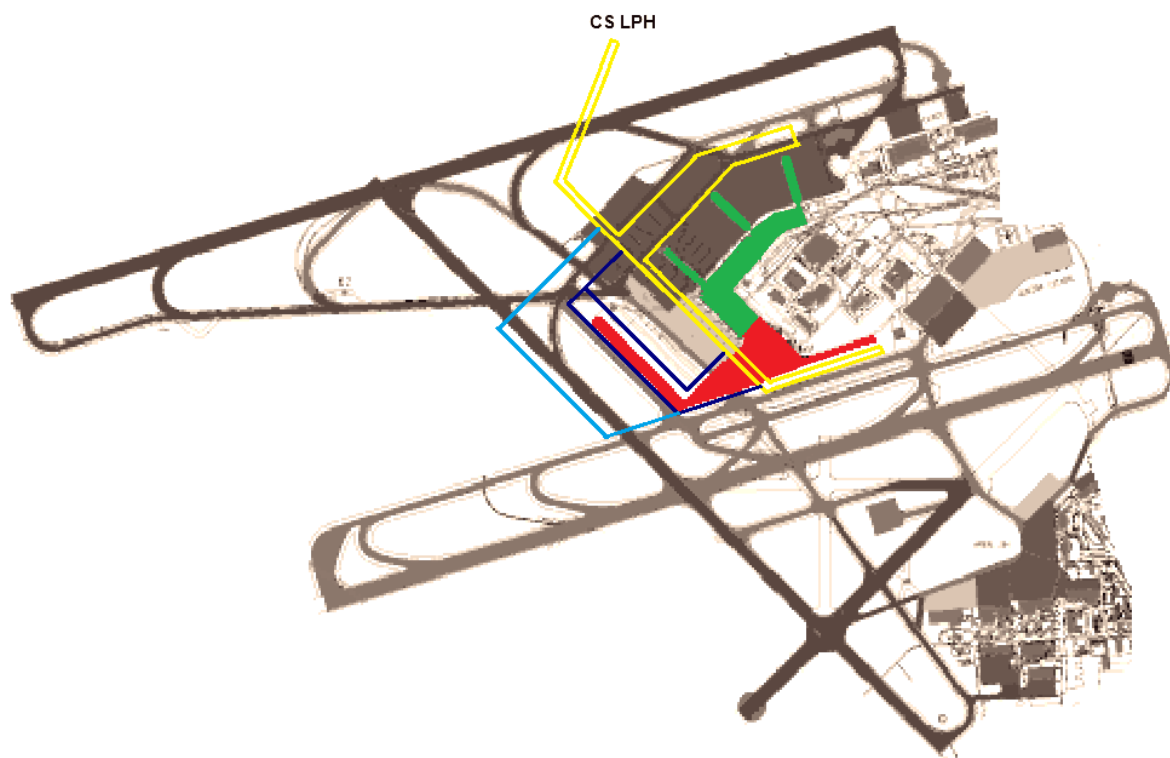


Obrázek 24 – První etapa zavedení hydrantového rozvodného systému – Prst D
zdroj: vlastní; použit výkres www.air-letec.blog.cz [78]



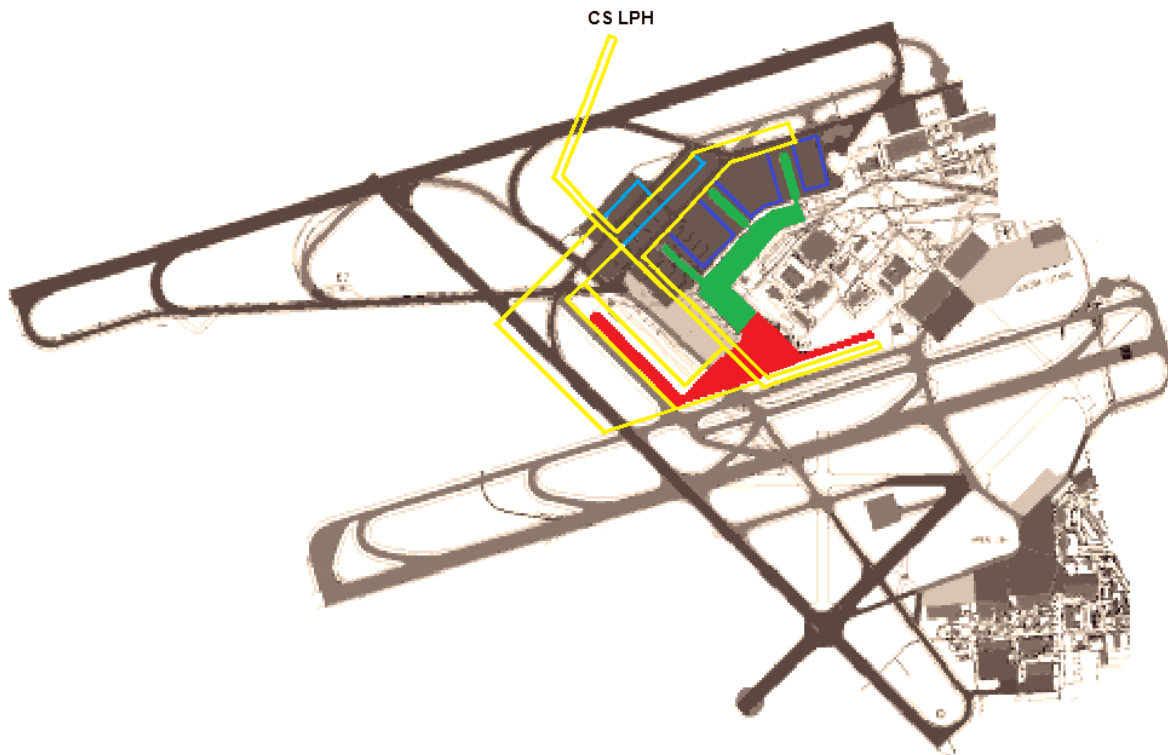
Obrázek 25 – Napojení větve Prstu D (žlutě) a výstavba hlavní větve na OP Sever (modře)
zdroj: vlastní; použit výkres www.air-letec.blog.cz [78]

S rozšířením Terminálu 2 o Prst E doporučuji zavést větev hydrantového rozvodného systému do plochy nově vznikajících stání (viz Obrázek 26, stávající části systému žlutě). Nabízí se úspornější varianta (na obrázku tmavě modře) nebo rozsáhlejší varianta (tmavě modrá i světle modrá větev).



Obrázek 26 – Výstavba větve Prstu E
zdroj: vlastní; použit výkres www.air-letec.blog.cz [78]

V návaznosti na koordinaci zásahů do infrastruktury letiště a precizní plánování rozvoje letiště doporučuji ve vhodných obdobích vybudovat vedlejší větve zásobující zálivy mezi prsty terminálů (na následujícím obrázku tmavě modrou barvou) a v delším časovém horizontu rovněž dobudovat rozvodné potrubí na volných stáních (na obrázku světle modrou barvou). Konečnou podobu návrhu uvádí Obrázek 27 a ve větší velikosti Příloha D.



Obrázek 27 – Konečná podoba hydrantového rozvodného systému na letišti Praha/Ruzyně
zdroj: vlastní; použit výkres www.air-letec.blog.cz [78]

7.5.3 Snížení rizika nutnosti oprav a likvidace ropné havárie

Nevýhodou hydrantového rozvodného systému jsou vysoké náklady na jeho opravy a rekonstrukce. V případě ropné havárie z potrubí například pod odbavovací plochu jsou náklady na likvidaci následků několikanásobně vyšší než samotná výstavba systému. Z uvedeného vyplývá, že investiční náklady vložené do odborně a kvalitně zpracovaného a realizovaného projektu ušetří pozdější náklady na opravy systému a likvidaci škod. Naopak výstavba hydrantového rozvodného systému bez potřebných odborných znalostí vede nevyhnutelně ke zvýšení provozních nákladů a znamená významné riziko ohrožení životního prostředí.

K optimální bezpečnosti a ekonomice provozu přispívá kromě profesionálně zpracované výstavby rovněž implementace kvalitního řídicího systému. Řídicí systém zajišťuje plnou provozní funkci palivové nádrže a hydrantového rozvodného systému. Zabývá se všemi technickými procesy od běžného každodenního provozu až po nouzové situace. Nouzové vypnutí hydrantového systému v případě požáru, rozlítí leteckých pohonných hmot nebo dalších nebezpečných situací je nejdůležitější kontrolní úlohou řídicí jednotky, která musí být vždy funkční.

Světové ropné společnosti společně ve spolupráci s organizací IATA vydaly soubor pokynů pro výstavbu a provoz palivových zařízení na letištích. Tyto pokyny je nutné dodržovat během návrhu i provozu hydrantového rozvodného systému. Zařízení je pravidelně posuzováno na soulad s těmito požadavky. Důležité je věnovat pozornost rovněž otázkám bezpečnosti a životního prostředí. Předpisy mezinárodního sdružení IATA, skupiny JIG a Evropské unie mnohdy požadují dodržování zvláštních bezpečnostních procedur a postupů HSE.

Zachování kvality paliva na požadované úrovni se zajišťuje kombinací implementace konstrukčních opatření a dodržování postupů předepsaných v pokynech sdružení IATA nebo skupiny JIG. Je nezbytné dodržovat řádnou organizaci údržby systému a dalších požadovaných technických služeb.

8 Závěr

Ve své diplomové práci jsem se zabývala způsoby plnění leteckých pohonných hmot do letadel a identifikovala jsem výhody a nevýhody plnění hydrantovým rozvodným systémem. Při studiu standardů a doporučení jsem se věnovala požadavkům na zabezpečení, skladování a distribuci leteckých pohonných hmot a požadavkům na činnost plnění během obchodně technického odbavení letadla. V praktické části jsem analyzovala současný způsob plnění na letišti Praha/Ruzyně a hodnotila jsem vhodnost jeho nahrazení hydrantovým rozvodným systémem.

V teoretické části jsem se věnovala studiu souvisejících předpisů. Nejvíce jsem se zaměřila na předpisy vydávané společnou inspekční skupinou JIG a Mezinárodní organizací pro civilní letectví. Na základě nabytých vědomostí jsem přistoupila ke shrnutí požadavků na příjem leteckých pohonných hmot, jejich skladování a distribuci z hlediska zabezpečení jejich kvality i z hlediska ekologické a požární bezpečnosti. Při studiu činnosti plnění jsem shrnula způsoby plnění podle typu odbavovaného letadla a podle typu distribuce. Věnovala jsem se také pohybu mobilních plnicích prostředků v prostoru stání a jejich rozmístění během obchodně technického odbavení letadla. Shrнула jsem požadavky na činnost plnění v případě, že jsou na palubě letadla přítomni cestující. V závěru teoretické části jsem se podrobně zaměřila na plnění letadel pomocí hydrantového rozvodného systému. Identifikovala jsem výhody a nevýhody tohoto způsobu plnění oproti plnění pomocí autocisteren.

V praktické části diplomové práce jsem nejprve analyzovala současný stav činnosti plnění na letišti Praha/Ruzyně. Zjišťovala jsem, zda jsou interní provozní postupy v souladu s mezinárodními požadavky. Popsala jsem systém pro zásobování a manipulaci s leteckými pohonnými hmotami. Mým cílem bylo zhodnotit vhodnost zavedení hydrantového rozvodného systému na pražském letišti z několika provozně technických aspektů. Z toho důvodu jsem stanovila čtyři hypotézy a rovněž způsoby jejich ověření.

První výzkum měl za cíl určit hranici ročního průtoku leteckého petroleje, která je indikátorem pro zavedení hydrantového rozvodného systému. Za tímto účelem jsem oslovila provozovatele mezinárodních civilních letišť formou elektronického dotazování. Otázky byly zaměřeny na určené výkonové ukazatele včetně ročně přečerpaného objemu paliva a způsob distribuce leteckých pohonných hmot na daném letišti. Na základě analýzy získaných dat jsem určila hranici ročního průtoku leteckého petroleje, při jejímž dosažení mají všechna letiště zaveden hydrantový rozvodný systém. Druhá hypotéza přímo navazovala na toto zjištění. Jejím cílem bylo odhadnout, v jakém roce dosáhne daného objemu letiště Praha/Ruzyně. Za tímto účelem jsem vypočítala prognózu několika

výkonových ukazatelů, a to na základě historického vývoje přepravních výkonů letiště a odhadů mezinárodních organizací. Výsledkem výzkumu bylo určení hranice 425 milionů litrů leteckého petroleje pro označení letiště za takové, na kterém je distribuce prostřednictvím hydrantového rozvodného systému optimálním způsobem plnění a odhad, že tohoto ročního průtoku dosáhne letiště Praha/Ruzyně do roku 2025.

Třetí hypotéza předpokládala, že zavedení hydrantového rozvodného systému zvýší úroveň provozní bezpečnosti na letišti Praha/Ruzyně. Pro ověření hypotézy jsem analyzovala události autocisteren z let 2008 až 2017. Události, které se staly v prostoru stání letadel, jsem následně posuzovala podle toho, zda měla velikost plnicího vozidla vliv na jejich průběh a zda hrozilo zvýšené riziko požáru a ropné havárie kvůli přítomnosti leteckého petroleje v cisterně. Události, ke kterým došlo při pohybu po komunikacích, jsem posuzovala pouze z hlediska míry rizika požáru a ropné havárie kvůli přítomnosti leteckého petroleje. Hypotéza se potvrdila. Konstatovala jsem, že zavedení hydrantového rozvodného systému by výrazně přispělo ke zvýšení provozní bezpečnosti během distribuce paliva a samotné činnosti plnění letadel.

Poslední analýza měla za cíl ověřit, zda zavedení hydrantového rozvodného systému sníží dobu průletu letadla. Za tímto účelem byly porovnány časy potřebné k plnění letadla pomocí hydrantového systému a pomocí autocisteren podle scénáře kompletního odbavení osmi typů letadel Airbus. Spočítala jsem, že časová úspora při plnění pomocí hydrantového rozvodného systému je u širokotrupých letadel v průměru sedmnáct minut. Jeho zavedení by mělo mít přímý vliv na zkrácení doby průletu letadel při tankovaném objemu leteckého petroleje vyšším než osmdesát tisíc litrů.

Kromě nalezených výhod hydrantového rozvodného systému existují také slabé stránky a hrozby, které jsem identifikovala pomocí SWOT analýzy. V poslední kapitole praktické části diplomové práce jsem proto představila vlastní náměty na zmírnění jejich dopadu. Nutnost zásahu do infrastruktury a vysoké investiční náklady lze omezit správnou koordinací plánovaných rozvojových projektů s projektem implementace rozvodného systému. Navrhla jsem průběh jednotlivých etap výstavby. V závěru jsem shrnula doporučení pro minimalizaci rizika předčasných oprav a hrozby ropné havárie.

Věřím, že moje diplomová práce může být přínosem. Teoretická část poskytuje čtenáři kompletní přehled o zabezpečení kvality leteckých pohonných hmot, jejich skladování a distribuci. Dále přehledně představuje činnost plnění jako součásti obchodně technického odbavení letadla a shrnuje výhody a nevýhody plnění pomocí hydrantového rozvodného systému oproti plnění pomocí autocisteren. V praktické části jsem upozornila na konkrétní přínosy zavedení hydrantového systému na letišti Praha/Ruzyně a uvedla návrhy

na zmírnění dopadu jeho nevýhod. Další výzkum by se mohl zaměřit na ekonomickou analýzu projektu zavedení hydrantového rozvodného systému. Finanční rozvaha je důležitým aspektem v každém rozhodovacím procesu. V tomto případě se jedná o velmi složitou a obsáhlou studii a je třeba, aby se jí věnovali odborníci s ekonomickým vzděláním.

9 Bibliografie

1. About Us: The Joint Inspection Group. *The Joint Inspection Group*. [Online] 2017. <http://www.jigonline.com/about/>.
2. *JIG 1 Issue 12*. [PDF dokument] : Joint Inspection Group, 2016.
3. *JIG 2 Issue 12*. [PDF dokument] : Joint Inspection Group, 2016.
4. *JIG 4 Issue 3*. [PDF dokument] : Joint Inspection Group, 2016.
5. *IATA Guidance Material for Sustainable Aviation Fuel Management*. Montreal - Geneva : © 2015 International Air Transport Association, 2015. ISBN 978-92-9252-774-7.
6. Technical activities. *Energy Institute*. [Online] © 2017 Energy Institute, 2017. <https://www.energyinst.org/technical/safety/aviation/1530>.
7. **Organization, International Civil Aviation**. *Doc 9977, Manual on Civil Aviation Jet Fuel Supply*. [PDF dokument] Quebec : autor neznámý, 2012. ISBN 978-92-9249-105-5 .
8. *Overview of Airport Fueling Operations*. [PDF dokument] Washington, D.C. : Copyright © National Academy of Sciences, 2015.
9. **Kluttz, M.** *Aircraft Fuel Hydrant System Design Issues*. [PDF dokument] Singapore : The International Forum on Emergency and Risk Management, Singapore Aviation Academy, 2005.
10. **KAZDA, A.** *Letiská: Design a prevádzka*. 1. vydání: Žilina : Edičné stredisko VŠDS v Žiline, 1995. ISBN 80-7100-240-2.
11. Petroleum.cz: Pohonné hmoty pro leteckou dopravu. *Web spravuje Ústav technologie ropy a alternativních paliv při VŠCHT v Praze*. [Online] © petroleum.cz, 2017. <http://www.petroleum.cz/vyroby/jet.aspx>.
12. *Aviation Fuel Technical Review*. [PDF Dokument] San Ramon, CA : Chevron Company U.S.A. Inc., 2007. IDC 1114-099612.
13. *AVIATION FUEL QUALITY REQUIREMENTS FOR JOINTLY OPERATED SYSTEMS (AFQRJOS): Issue 29 - Oct 2016*. JIG : Product Specification Bulletin, 2016.
14. About: Company profil. *FAUDI Aviation quality guarantees safety*. [Online] © 2016 FAUDI-Aviation. <http://www.faudi-aviation.com/index.php?id=47&L=1>.
15. **KERNER, L., KULČÁK, L. a SÝKORA, V.** *Provozní aspekty letišť*. Praha : Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02841-0.
16. **UST, epa GOV.** *Underground Storage Tanks (USTs): Release Detection for Underground Storage Tanks (USTs)*. *United States Environmental Protection Agency*. [Online] 2016. <https://www.epa.gov/ust/release-detection-underground-storage-tanks-usts>.
17. *Storage Tanks Release Detection*. [PDF Dokument] : United States Environmental Protection Agency, 2013.
18. **LANGTON, Roy.** *Aircraft Fuel Systems*. Chichester, U.K. : Wiley, 2009. ISBN 978-0-470-05708-7.

19. **SLAVÍK, S.** *Drak a systémy, nouzové vybavení letounů (021 01 a 021 04)*. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2006. Učební texty pro teoretickou přípravu dopravních pilotů dle předpisu JAR-FCL 1. ISBN 80-7204-437-0.
20. **FAJT, V.** *Design a provoz letiště (přednáška)*. Praha : FD ČVUT v Praze, 2014.
21. Aircraft Characteristics Airport and Maintenance Planning A320. *Airbus*. [Online] 2017. http://www.airbus.com/fileadmin/media_gallery/files/tech_data/AC/Airbus_AC_A320_Jun16.pdf.
22. Aircraft Characteristics Airport and Maintenance Planning A318. *Airbus*. [Online] 2017. http://www.airbus.com/fileadmin/media_gallery/files/tech_data/AC/Airbus_AC_A318_Jun16.pdf.
23. Aircraft Characteristics Airport and Maintenance Planning A319. *Airbus*. [Online] 2017. http://www.airbus.com/fileadmin/media_gallery/files/tech_data/AC/Airbus_AC_A319_Jun16.pdf.
24. Aircraft Characteristics Airport and Maintenance Planning A321. *Airbus*. [Online] 2016. http://www.airbus.com/fileadmin/media_gallery/files/tech_data/AC/Airbus_AC_A321_Jun16.pdf.
25. Airplane Characteristics for Airport Planning B737. *Boeing*. [Online] 2013. <http://www.boeing.com/assets/pdf/commercial/airports/acaps/737.pdf>.
26. Airplane Characteristics for Airport Planning 757-200/300. *Boeing*. [Online] 2002. http://www.boeing.com/assets/pdf/commercial/airports/acaps/757_23.pdf.
27. Airport Planning Manual. *Bombardier*. [Online] 2016. [https://customer.aero.bombardier.com/webd/BAG/CustSite/BRAD/RACSDocument.nsf/51aae8b2b3bfdf6685256c300045ff31/ec63f8639ff3ab9d85257c1500635bd8/\\$FILE/ATT1ES4H.pdf/CRJ200APMR8.pdf](https://customer.aero.bombardier.com/webd/BAG/CustSite/BRAD/RACSDocument.nsf/51aae8b2b3bfdf6685256c300045ff31/ec63f8639ff3ab9d85257c1500635bd8/$FILE/ATT1ES4H.pdf/CRJ200APMR8.pdf).
28. Airport Planning Manual. *Emraer*. [Online] 2015. https://www.flyembraer.com/irj/go/km/docs/download_center/Anonymous/Ergonomia/Home%20Page/Documents/APM_190.pdf.
29. Aircraft Characteristics Airport and Maintenance Planning A330. *Airbus*. [Online] 2017. http://www.airbus.com/fileadmin/media_gallery/files/tech_data/AC/Airbus-AC_A330-Dec16.pdf.
30. Aircraft Characteristics Airport and Maintenance Planning A350. *Airbus*. [Online] 2016. http://www.airbus.com/fileadmin/media_gallery/files/tech_data/AC/Airbus_AC_A350XWB-Jun16.pdf.
31. Airplane Characteristics for Airport Planning B777. *Boeing*. [Online] 2015. http://www.boeing.com/assets/pdf/commercial/airports/acaps/777_2lr3er.pdf.
32. Aircraft Characteristics Airport and Maintenance Planning A340. *Airbus*. [Online] 2017. http://www.airbus.com/fileadmin/media_gallery/files/tech_data/AC/Airbus-AC_A340-500_600-Dec16.pdf.
33. Aircraft Characteristics Airport and Maintenance Planning A380. *Airbus*. [Online] 2016. http://www.airbus.com/fileadmin/media_gallery/files/tech_data/AC/AC_A380_20161201.pdf.
34. 747-8 Airplane Characteristics for Airport Planning. *Boeing*. [Online] prosinec 2012. http://www.boeing.com/assets/pdf/commercial/airports/acaps/747_8.pdf.
35. *ICAO Doc 9137-AN/989 Airport Services Manual Part 1:Rescue and fire fighting*. Montreal : ICAO, 1990. ISBN 92-9194-299-5.

36. *Annex 6 Operation of Aircraft Part II*. [PDF Dokument] Montreal : ICAO, 2008.
37. *Letecký předpis L 6 Provoz letadel část II*. : Ministerstvo dopravy ČR: Úřad pro civilní letectví, 2014. číslo jednací 361/2010-220-SP/1.
38. *Cavotec Market Unit Brochure: Airports*. [PDF dokument] : Cavotec SA, 2012.
39. Aircraft Refueling Products. *Garsite*. [Online] © 2017 Garsite/Progress LLC, 2017. <http://garsite.com/aircraft-refueling-products/>.
40. **KAZDA, A. a CAVES, R. E.** *Airport design and operation*. 2nd ed. Bingley : Emerald, 2008. ISBN 978-0-08-045104-6.
41. **AUSTERMAN, G.** Home: Technology corner: Technology articles: How Large Aircraft Fuel Up. *PetrolPlaza*. [Online] Copyright © 2017, květen 1997. <http://www.petrolplaza.com/technology/articles/MiZlbiYxMDlxMyYmMSYxJiY%3D>.
42. *North American Microtunneling Industry Review: Special Supplement*. Brecksville, USA : Benjamin Media [online], 2015.
43. Odborná stáž na letišti Praha/Ruzyně pod vedením Ing. Radomíra Havíře, Ph.D. 2017.
44. **FORMÁNEK, J.** Zvýšení bezpečnosti zásobování leteckým palivem. *Letiště Dnes: Časopis pro zaměstnance Letiště Praha, a.s.* 9. číslo / ročník 4, 2009.
45. **KADLEC, M.** Kam cestující nevidí aneb skrytá cesta leteckého paliva. *Runway: Časopis pro zaměstnance skupiny Český Aeroholding, a.s.* 7-8, 2013.
46. **PRUŠA, J., a další.** *Svět letecké dopravy*. II., rozšířené vydání. Praha : Gallileo Training, 2015. ISBN 978-80-260-8309-2.
47. *Airport Passenger Terminal Planning and Design*. [PDF Dokument] Washington, D.C. : Transportation Research Board, 2010.
48. **BOYCE, J.** Home: Hydrant Systems. *Aviation Pros*. [Online] 1999. <http://www.aviationpros.com/article/10388735/hydrant-systems?page=3>.
49. **BARRAS-HILL, L.** Regional News: Europe: European airports serve 'record' two billion pax in 2016. *TrBusiness*. [Online] 2017 | [TRBUSINESS.COM](https://www.trbusiness.com/regional-news/europe/european-airports-smash-2-billion-pax-in-record-breaking-2016/115686), 2017. <https://www.trbusiness.com/regional-news/europe/european-airports-smash-2-billion-pax-in-record-breaking-2016/115686>.
50. **HROMÁDKA, M. a CÍGER, A.** Hydrant Refueling System as an Optimisation of Aircraft Refueling. *Transport Problems*. [Online] 2015. http://transportproblems.polsl.pl/pl/Archiwum/2015/zeszyt3/2015t10z3_07.pdf.
51. Global Air Transport Outlook to 2030 and Trends to 2040 (ICAO Cir 333). *Techstreet*. [Online] 2013. http://www.techstreet.com/standards/icao-cir333?product_id=1857404#product.
52. Press Releases. *IATA*. [Online] 18. říjen 2016. <http://www.iata.org/pressroom/pr/Pages/2016-10-18-02.aspx>.
53. O nás. *Letiště Václava Havla Praha, Ruzyně*. [Online] Copyright © Letiště Praha, 2017. <http://www.prg.aero/cs/o-letisti-praha/o-letisti-praha/>.

54. *Letiště Praha Profil Společnosti*. [Online] červenec 2010. http://www.prg.aero/Files/o-letisti/2010_profil/.
55. Výroční zpráva 2005. *prg.aero*. [Online] 2006. https://www.prg.aero/Files/cs/O_letisti/vyrocní_zpravy/vyrocní_zprava_2005.pdf.
56. Profil společnosti. *Letiště Václava Havla Praha, Ruzyně*. [Online] 2011. http://www.prg.aero/Files/o-letisti/profil_2010_11/.
57. *Český Aeroholding Profil firmy*. [Online] 2012. <http://www.cah.cz/Files/media/cah-profile/>.
58. Profil společnosti. *Letiště Václava Havla Praha, Ruzyně*. [Online] © B.I.G.Prague, 2013. <http://www.cah.cz/Files/media/cah-profile-12-13/>.
59. Úvod: O nás: Pro média: Tiskové zprávy: Praha láká stále více cestujících, vyplývá to z přepravních výsledků Letiště Václava Havla Praha za rok 2013. *Letiště Praha*. [Online] Copyright © Letiště Praha, 2013. <https://www.prg.aero/cs/o-letisti-praha/tiskove-centrum/tiskove-zpravy/praha-laka-stale-vice-cestujících-vyplýva-to-z-prepravních-výsledku-letiste-vaclava-havla-praha-za-rok-2013/>.
60. Úvod: O nás: Pro média: Tiskové zprávy: Letišti Václava Havla Praha meziročně stoupl počet odbavených cestujících. *Letiště Václava Havla Praha, Ruzyně*. [Online] Copyright © Letiště Praha, 2015. <http://www.prg.aero/cs/o-letisti-praha/tiskove-centrum/tiskove-zpravy/letisti-vaclava-havla-praha-mezirocne-stoupl-pocet-odbavených-cestujících/>.
61. Úvod: O nás: Pro média: Tiskové zprávy: Letiště Václava Havla Praha pokořilo hranici 12 milionů cestujících ročně. *Letiště Václava Havla Praha, Ruzyně*. [Online] Copyright © Letiště Praha, 2016. <https://www.prg.aero/cs/o-letisti-praha/tiskove-centrum/tiskove-zpravy/letiste-vaclava-havla-praha-pokorilo-hranici-12-milionu-cestujících-rocne/>.
62. Úvod: O nás: Pro média: Tiskové zprávy: K 13 milionům letišti pomohly větší a obsazenější letadla i novinky v nabídce destinací. *Letiště Václava Havla Praha, Ruzyně*. [Online] Copyright © Letiště Praha, 2017. <http://www.prg.aero/cs/o-letisti-praha/tiskove-centrum/tiskove-zpravy/k-13-milionum-letisti-pomohly-vetsi-a-obsazenejsi-letadla-i-novinky-v-nabidce-destinaci/>.
63. Homepage: Business section: B2B AVIATION BUSINESS: Cargo: Cargo Traffic Development. *Letiště Václava Havla Praha, Ruzyně*. [Online] Copyright © Letiště Praha. <http://www.prg.aero/en/business-section/aviation-business/cargo/cargo-traffic-development/>.
64. O nás: Paralelní dráha: Dotazy a mýty. *Letiště Václava Havla Praha, Ruzyně*. [Online] Copyright © Letiště Praha. <https://www.prg.aero/cs/o-letisti-praha/paralelni-draha/myty-o-draze/>.
65. **MAKRIDAKIS, S. G., WHEELWRIGHT, S. C. a MCGEE, V. E.** *Forecasting Methods and Applications*. 2nd ed. New York : Wiley, 1983. ISBN 0-471-08610-X.
66. ACI Media Releases. *Airport Council International*. [Online] 25. říjen 2012. <http://www.aci.aero/News/Releases/Most-Recent/2012/10/25/ACI-Releases-its--Global-Traffic-Forecast-20122031-Global-Passenger-Traffic-will-Top-12-Billion-by-2031->.
67. Měnová politika: Prognóza. *Česká národní banka*. [Online] Copyright © Česká národní banka, 2003-2017, 4. květen 2017. https://www.cnb.cz/cs/menova_politika/prognoza/.
68. Pro média: Tiskové zprávy. *Letiště Václava Havla Praha, Ruzyně*. [Online] Copyright © Letiště Praha, duben 2017. <http://www.prg.aero/cs/o-letisti-praha/tiskove-centrum/tiskove->

zpravy/letiste-vaclava-havla-praha-se-rozvíjí-a-planuje-investovat-do-sveho-rozvoje-v-pristim-desetileti-27-miliard/.

69. **Group, Joint Inspection.** *Technical Bulletin, Bulletin No. 18.* [PDF] 2008.

70. Tarco. [Online] Copyright © 2014 Thai Aviation Refuelling Company .
<http://www.tarco.co.th/eng/img/servicesTech5.jpg>.

71. **SÝKORA, V.** *Provozní aspekty letišť (přednáška).* Praha : FD ČVUT, 2016.

72. **VOTRUBA, Z.** *Systémová analýza (přednáška).* Praha : FD ČVUT, 2013.

73. Budoucnost. *Letiště slaví 80.* [Online] Copyright © 2017 - Letiště Praha, a.s., 2017.
<https://www.letisteslavi80.cz/budoucnost>.

74. O nás: Paralelní dráha: Technické parametry. *Letiště Praha.* [Online] Copyright © Letiště Praha. <http://www.prg.aero/cs/o-letisti-praha/paralelni-draha/technicke-parametry-drahy/>.

75. Paralelní dráha letiště Ruzyně. *Oficiální web města Klecany.* [Online] © 2016 Městský úřad Klecany. <http://www.mu-klecany.cz/web/cs/plany-a-dokumenty/paralelni-draha>.

76. *Certification Specifications and Guidance Material for Aerodromes Design.* : European Aviation Safety Agency, 2016.

77. Paralelní dráha. *air-letec.* [Online] 2010. <http://air-letec.blog.cz/1008/paralelni-draha>.

78. Economic Development of Air Transport. *ICAO.* [Online] © International Civil Aviation Organization, 2013. https://www.icao.int/sustainability/pages/eap_fp_forecastmed.aspx.

79. **MALÁ, Z.** *Fyzika 1, Fyzika 2 (přednášené předměty).* Praha : FD ČVUT, 2013.

80. NPS - 'Nominal Pipe Size' and DN - 'Diametre Nominal'. *The Engineering ToolBox.* [Online] [Citace: 12. březen 2017.] http://www.engineeringtoolbox.com/nps-nominal-pipe-sizes-d_45.html.

81. *Letecký předpis L 14 Letiště.* : Ministerstvo dopravy ČR: Úřad pro civilní letectví, 2016. číslo jednací 641/2009-220-SP/4..

Odborné konzultace

Havíř Radomír, Ing., Ph.D.

Provozní bezpečnost, Hydrantové systémy

Tlamsa Aleš, Ing.

Plnění letadel, JIG

Urbanová Veronika, Ing.

Rozvoj letiště

Šedivý Jakub, Ing.

Stavební práce

Kafková Zuzana, Mgr.

Jazyková korektura

10 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Schéma užití dokumentů JIG v distribučním řetězci	
zdroj: vlastní	16
Obrázek 2 - Typická skladovací nádrž pro letecký petrolej	
zdroj: vlastní; podle Aircraft Fuel Hydrant System Design Issues [9]	21
Obrázek 3 - Distribuční řetězec leteckých pohonných hmot	
zdroj: vlastní; podle Aviation Fuel Technical Review [12]	26
Obrázek 4 – Filtrovací zařízení v distribučním řetězci	
zdroj: www.faudi-aviation.com [14].....	27
Obrázek 5 - Typy detekce úniku	
zdroj: vlastní; podle www.epa.gov [17].....	32
Obrázek 6 - typické uspořádání palivových nádrží dopravního letounu	
zdroj: Aircraft Fuel Systems [18].....	33
Obrázek 7 - Plnicí panel letounu A320-200 a A320neo	
zdroj: Airbus A320 Aircraft Characteristics Airport and Maintenance Planning [21].....	34
Obrázek 8 - Schéma hydrantového rozvodného systému	
zdroj: Aircraft Fuel Hydrant System Design Issues [9].....	35
Obrázek 9 - Schéma části hydrantového rozvodného systému na odbavovací ploše	
zdroj: Aircraft Fuel Hydrant System Design Issues [9]; přeloženo.....	41
Obrázek 10 - Detail hydrantového ventilu	
zdroj: Cavotec Market Unit Brochure [38]	41
Obrázek 11 - Hydrantový ventil na odbavovací ploše	
zdroj: Cavotec Market Unit Brochure [38]	42
Obrázek 12 - Tažný servisní vozík	
zdroj: www.garsite.com [39]	42
Obrázek 13 - Mobilní hydrantový prostředek se zdvižnou plošinou	
zdroj: www.garsite.com [39]	43
Obrázek 14 – Plnění letadla leteckými pohonnými hmotami na letišti Praha/Ruzyně	
zdroj: Martin Meluš archiv	52
Obrázek 15 – Schéma současného distribučního systému letiště Praha/Ruzyně	
zdroj: vlastní	53
Obrázek 16 – Schéma průběhu události	
zdroj: vlastní; za použití podkladů KSP LP.....	74
Obrázek 17 – Rozestavění prostředků technického odbavení na stání letadla A318	
zdroj: Aircraft Characteristics Airport and Maintenance Planning A318 [22]	75

Obrázek 18 - Schéma průběhu události poškození GPU	
zdroj: vlastní; za použití podkladů KSP LP.....	76
Obrázek 19 – Označení otevřené jímky hydrantového rozvodného systému	
zdroj: http://www.tarco.co.th [71]	86
Obrázek 20 – Harmonogram technického odbavení	
zdroj: vlastní; podle Provozní aspekty letišť [72].....	87
Obrázek 21 – Vizualizace plánovaného rozšíření Terminálu 2 v první etapě	
zdroj: www.letisteslavi80.cz [74].....	93
Obrázek 22 – Vizualizace plánovaného rozšíření Terminálu 2 ve druhé etapě	
zdroj: www.letisteslavi80.cz [74].....	94
Obrázek 23 – Pohled na dráhový systém po výstavbě paralelní dráhy	
zdroj: www.mu-klecany.cz [76]	94
Obrázek 24 – První etapa zavedení hydrantového rozvodného systému – Prst D	
zdroj: vlastní; použit výkres www.air-letec.blog.cz [78].....	96
Obrázek 25 – Napojení větve Prstu D (žlutě) a výstavba hlavní větve na OP Sever (modře)	
zdroj: vlastní; použit výkres www.air-letec.blog.cz [78].....	96
Obrázek 26 – Výstavba větve Prstu E	
zdroj: vlastní; použit výkres www.air-letec.blog.cz [78].....	97
Obrázek 27 – Konečná podoba hydrantového rozvodného systému na letišti Praha/Ruzyně	
zdroj: vlastní; použit výkres www.air-letec.blog.cz [78].....	98

11 Seznam grafů

Graf 1 – Geografické rozdělení analyzovaných letišť	
zdroj: vlastní	56
Graf 2 – Zastoupení analyzovaných letišť dle metodiky ACI	
zdroj: vlastní	57
Graf 3 – Zastoupení analyzovaných letišť dle velikosti v porovnání s letišťem Praha/Ruzyně	
zdroj: vlastní	57
Graf 4 – Rozdělení analyzovaných letišť podle toho, zda využívají hydrantový rozvodný systém	
zdroj: vlastní	60
Graf 5 – Výsledky výzkumu o závislosti způsobu plnění na ročním průtoku leteckého petroleje	
zdroj: vlastní	60
Graf 6 – Rozdělení letišť srovnatelných s letišťem Praha/Ruzyně podle toho, zda využívají hydrantový rozvodný systém	
zdroj: vlastní	61
Graf 7 - Vývoj počtu cestujících na letišti Praha/Ruzyně	
zdroj: vlastní	63
Graf 8 - Vývoj počtu pohybů na letišti Praha/Ruzyně	
zdroj: vlastní	64
Graf 9 – Vývoj počtu tun přistání na letišti Praha/Ruzyně	
zdroj: vlastní	65
Graf 10 – Vývoj meziročního růstu objemu leteckého petroleje JET A-1 na letišti Praha/Ruzyně	
zdroj: vlastní	65
Graf 11 – Vývoj meziročního růstu výkonových ukazatelů v procentech	
zdroj: vlastní	66
Graf 12 - Poměr počtu cestujících a pohybů za rok na letišti Praha/Ruzyně	
zdroj: vlastní	67
Graf 13 – Poměr objemu leteckého petroleje a počtu cestujících za rok na letišti Praha/Ruzyně	
zdroj: vlastní	67
Graf 14 – Poměr objemu leteckého petroleje a počtu pohybů za rok na letišti Praha/Ruzyně	
zdroj: vlastní	67
Graf 15 - Předpokládaný vývoj počtu cestujících na letišti Praha/Ruzyně mezi lety 2016 a 2030	
zdroj: vlastní	69
Graf 16 – Rozdělení analyzovaných událostí dle místa, kde k nim došlo	
zdroj: vlastní	73

Graf 17 - Rozdělení analyzovaných událostí dle toho, zda měla vliv velikost autocisterny	
zdroj: vlastní	83
Graf 18 – Rozdělení událostí na stání dle toho, zda přítomnost JET A-1 v nádrži ACLPH zvýšila riziko ropné havárie a snížila úroveň požární bezpečnosti	
zdroj: vlastní	83
Graf 19 – Rozdělení událostí při pohybu na odbavovací ploše dle toho, zda přítomnost JET A-1 v nádrži ACLPH zvýšila riziko ropné havárie a snížila úroveň požární bezpečnosti	
zdroj: vlastní	84
Graf 20 – Doba plnění pomocí autocisteren a hydrantového rozvodného systému	
zdroj: vlastní	91

12 Seznam tabulek

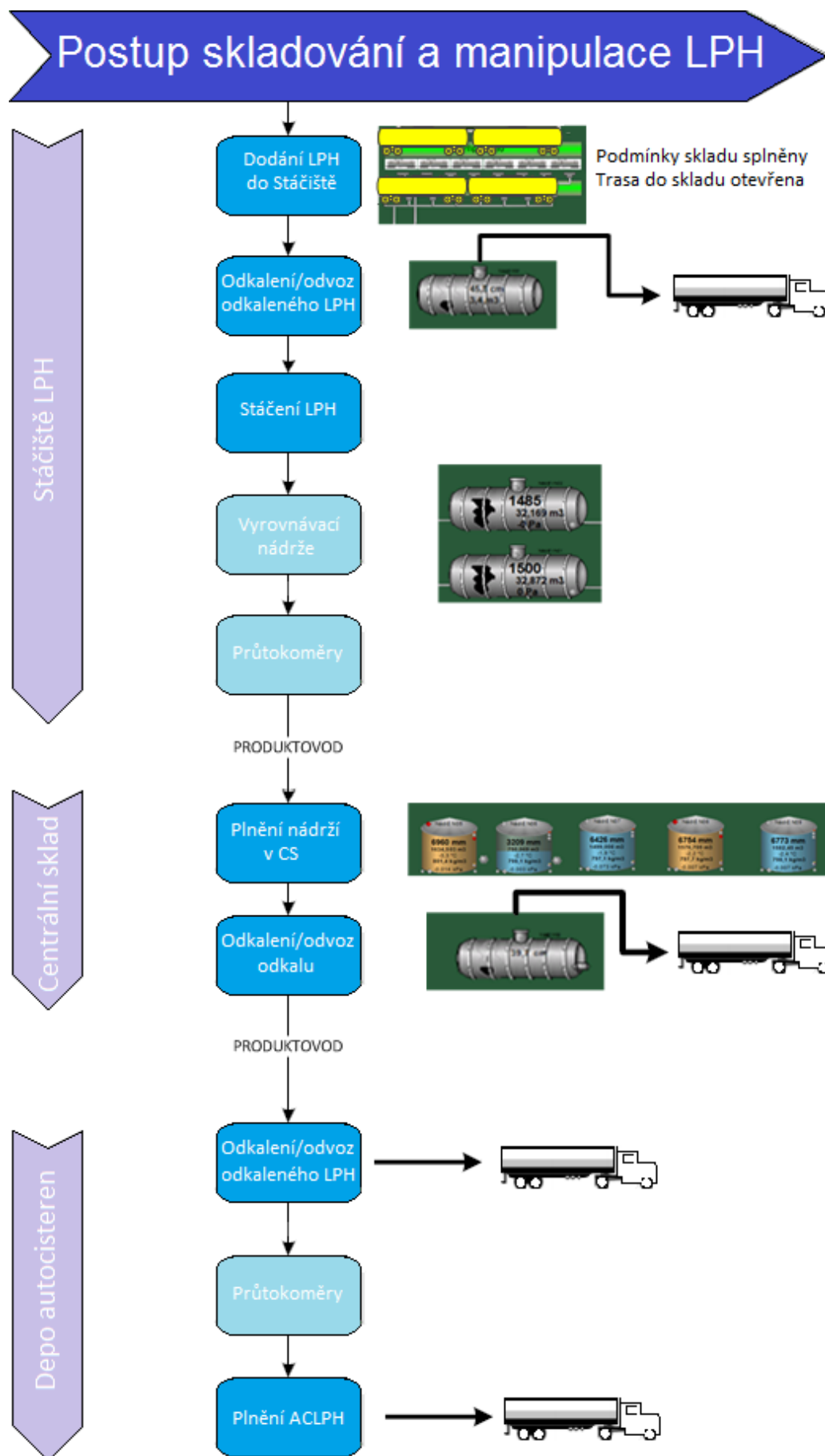
Tabulka 1 - Jakostní ukazatele JET A-1	
zdroj: JIG - Aviation Fuel Quality Requirements [13].....	20
Tabulka 2 – Minimální požadavky na testování kvality při činnostech prováděných na letišti	
zdroj: JIG 1 [2]	25
Tabulka 3 – Rozdělení detekčních metod pro potrubí	
zdroj: vlastní; podle www.epa.gov [16].....	31
Tabulka 4 – Výhody a nevýhody hydrantového rozvodného systému	
zdroj: vlastní	47
Tabulka 5 – Výsledky dotazníkového šetření	
zdroj: vlastní	59
Tabulka 6 - Počet cestujících a počet pohybů na letišti Praha/Ruzyně	
zdroj: vlastní	63
Tabulka 7 – Počet tun přistání na letišti Praha/Ruzyně	
zdroj: vlastní	64
Tabulka 8 – Data užitá při tvorbě prognózy počtu přepravených cestujících	
zdroj: vlastní	68
Tabulka 9 – Výsledky předpovědi vývoje počtu cestujících	
zdroj: vlastní	69
Tabulka 10 - Výsledky výpočtu koeficientu k a stanovení počtu pohybů v referenčních rocích	
zdroj: vlastní	71
Tabulka 11 – Výpočet ročního průtoku leteckého petroleje	
zdroj: vlastní	72
Tabulka 12 – Shrnutí událostí s plnicími vozidly na stání letadel	
zdroj: vlastní	82
Tabulka 13 - Shrnutí událostí s plnicími vozidly při pohybu po odbavovací ploše	
zdroj: vlastní	84
Tabulka 14 – Objemy leteckého petroleje tankované do nádrží letadel při kompletním odbavení	
zdroj: vlastní	88
Tabulka 15 – Časové údaje plnění letadel	
zdroj: vlastní	88
Tabulka 16 – Výpočet časové úspory plnění při použití hydrantového rozvodného systému	
zdroj: vlastní	90
Tabulka 17 – SWOT analýza zavedení hydrantového systému na letišti Praha/Ruzyně	
zdroj: vlastní	92

13 Seznam rovnic

Rovnice 1 – Určení počtu plnění	58
Rovnice 2 – Výpočet průměrného objemu paliva na jedno plnění.....	58
Rovnice 3 – Výpočet váženého průměru	68
Rovnice 4 – Koeficient poměru počtu ročně přepravených cestujících a počtu pohybů za rok.....	70
Rovnice 5 – Lineární funkce koeficientu k	70
Rovnice 6 – Výpočet koeficientů A a B	70
Rovnice 7 – Výpočet složené roční míry růstu	70
Rovnice 8 – Výpočet počtu pohybů	71
Rovnice 9 – Koeficient poměru ročního průtoku leteckého petroleje a počtu pohybů za rok.....	71
Rovnice 10 – Výpočet ročního průtoku leteckého petroleje	71
Rovnice 11 – Výpočet geometrického průměru	71

14 Seznam příloh

Příloha A – Schéma postupu skladování a manipulace LPH na letišti Praha/Ruzyně	115
Příloha B – Průvodní dopis elektronického dotazování	116
Příloha C – Body elektronického dotazování	117
Příloha D – Návrh konečné podoby hydrantového rozvodného systému na letišti Praha/Ruzyně zdroj: vlastní; použit výkres www.air-letec.blog.cz [78]	118





CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

Faculty of Transportation Sciences

Department of Air Transport

Markéta Kafková

Bryksova 772/47
198 00, Praha
Czech Republic

May 2017

To whom it may concern:

Dear Sir or Madam,

I am writing to ask you for short information for the purpose of my diploma thesis. My name is Markéta Kafková and I study at the Czech Technical University in Prague at the Faculty of Transportation Sciences (Department of Air Transport). I am currently involved in the project "Modern Trends and Development of the Airports" and I am writing the thesis "Hydrant Distribution System of Aircraft Fuelling".

I would be grateful if you could answer my short questionnaire. The data will be collected for the purpose of proving my result - It is desirable to implement a fuel hydrant system at Prague Airport. Crucial of my proving arguments is safety analysis, but I would like to compare my traffic forecast for Prague Airport with data how large airport should be when a fuel hydrant system is the optimal fuelling method.

I realize that the data may be sensitive. For that reason I propose to put only an anonymous letter instead of the name of your airport. I do not need an accurate data. I will be thankful for some estimations.

The thesis assignment (in czech language) and my CV are enclosed to this email.

Could you please send me filled short questionnaire back to my email address *kafkoma@gmail.com*? I will be really thankful for your help. If you require more information, please let me know.

Yours faithfully

Markéta Kafková



CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

Faculty of Transportation Sciences
Department of Air Transport

QUESTIONNAIRE

for the purpose of diploma thesis

Hydrant Distribution System of Aircraft Fuelling

- ✘ Which type of fuel dispensing method is provided at your airport?
(Hydrant Fuel System / Truck Refueller Delivery System)

- ✘ From what year are data that you provide?

- ✘ What is your fuel throughput of jet fuel per year?
(How many litres of jet fuel are refuelled into aircrafts at your airport?)

- ✘ How many aircraft movements are realized at your airport per year?

- ✘ Do you prefer to present an anonymous letter instead of the name of your airport?

Thank you for your time

Příloha D – Návrh konečné podoby hydrantového rozvodného systému
na letišti Praha/Ruzyně
zdroj: vlastní; použit výkres www.air-letec.blog.cz [78]

