



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Karel Ječmen

*Posouzení rizika nedostatečného odmrazení v systému
paralelních drah na LKPR*

*Risk Assessment of Insufficient Aircraft De-icing- LKPR Parallel
RWY System*

Bakalářská práce

2018

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

děkan

Konviktská 20, 110 00 Praha 1



K621..... Ústav letecké dopravy

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Karel Ječmen

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – LED – Letecká doprava

Název tématu (česky): **Posouzení rizika nedostatečného odmrazení v systému paralelních drah na LKPR**

Název tématu (anglicky): Risk Assessment of Insufficient Aircraft De-Icing - LKPR
Parallel RWY System

Zásady pro vypracování

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

- Analýza souvisejících předpisů
- Zpracování historických meteorologických dat
- Určení pravděpodobnosti výskytu kritických meteorologických podmínek
- Analýza návrhu infrastruktury odmrazování – stání, vzdálenosti a časy poježdění na vzlet
- Posouzení rizik – dodržení Holdover Time



- Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucí bakalářské práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Sobota, Jakub; Kráčmar, Jan: Meteorologie
Vinař, Marek: Provozní postupy
European Aviation Safety Agency: Certification Specifications and Guidance Material for Aerodromes Design

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Markéta Kařková**
Mgr. Iveta Kameníková

Datum zadání bakalářské práce: **20. října 2017**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **30. listopadu 2018**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

doc. Ing. Jakub Kraus, Ph.D.
vedoucí
Ústavu letecké dopravy



doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Karel Ječmen
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 10. září 2018

Poděkování

Chtěl bych moc poděkovat vedoucí své práce Ing. Markétě Kafkové, za odborné vedení, rady, trpělivost a ochotu při zpracování této práce. Dále děkuji Letišti Praha a.s. za poskytnutí materiálů a odborné konzultace.

Prohlášení

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

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

Nemám závažný důvod proti 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. listopadu 2018



Karel Ječmen

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

Posouzení rizika nedostatečného odmrazení v systému paralelních drah na LKPR

bakalářská práce

listopad 2018

Karel Ječmen

ANOTACE

Bakalářská práce „Posouzení rizika nedostatečného odmrazení v systému paralelních drah na LKPR“ analyzuje možné riziko plynoucí z nedostatečného odmrazení letadel při provozu na letišti Praha/Ruzyně. Cílem práce je poukázat na možné nedodržení požadované úrovně provozní bezpečnosti při provozu v plánovaném paralelním systému drah. Teoretická část popisuje proces odmrazování a ochranného ošetření letadla před vznikem námrazy. Dále vysvětluje terminologii dle oboru meteorologie a následky námrazy na provoz a aerodynamiku letadla. V praktické části se zabývá zpracováním meteorologických dat a výpočtem dob pojiždění letadel za účelem určení pravděpodobnosti a závažnosti rizika nedostatečného odmrazení letadla.

Klíčová slova: odmrazování, odmrazovací zařízení, nebezpečí, riziko, meteorologie, doba pojiždění, paralelní dráhový systém

ANNOTATION

Bachelor thesis “Risk Assessment of Insufficient Aircraft De-Icing – LKPR Parallel RWY System” analyses the possible insufficient de-icing of aircrafts during operations at Prague airport. The aim of thesis is point out the possible disturbance of operational safety during operations in the planned parallel RWY system. The theoretical part describes the de-icing process, the protective treatment of the aircraft against ice and icing in terms of meteorology. In the practical part, it deals with the processing of meteorological data and aircraft taxiing times in order to determine the likelihood and severity of the risk of insufficient de-icing of aircraft.

Key words: De-icing, Anti-icing, De-icing facility, hazard, risk, meteorology, taxiing time, parallel RWY system

Obsah

Obsah	4
Seznam použitých zkratek	6
1 Úvod.....	7
2 Analýza souvisejících předpisů.....	9
2.1 The Clean Aircraft Concept (CAC).....	9
2.2 Holdover Time	9
2.3 Odmrazovací/protinámrazové zařízení	11
3 Námraza na letadle	15
3.1 Vliv námrazy na síly působící na letadlo	15
3.2 Důsledky nedostatečného odmrazení	17
4 Meteorologie.....	18
4.1 METAR/SPECI	18
4.2 Podmínky vzniku námrazy na zemi	18
4.3 Druhy námrazy.....	19
4.4 Meteorologické jevy způsobující námrazu na letadle.....	19
5 Proces odmrazování	21
5.1 Odmrazovací/protinámrazový program	21
5.2 Odmrazovací procedury.....	22
5.3 De-icing	22
5.4 Anti-icing.....	23
5.5 Detektory námrazy.....	23
5.6 Parametry ovlivňující nedodržení Holdover Time	24
6 Analýza současného stavu.....	25
6.1 A-CDM (Airport Collaborative Decision Making).....	25
6.2 Odmrazování na LKPR	26
6.3 Odmrazovací zařízení na LKPR.....	27
7 Analýza budoucího stavu.....	30
7.1 Dráha 06R/24L	31
7.2 Změna v užívání odmrazovacích zařízení	32
7.3 Centrální odmrazovací stání (COS).....	32
8 Zpracování meteorologických dat	34
9 Doby poježdění v rámci Holdover Time	37

9.1	Výpočet pojížděcích dob.....	37
9.2	Porovnání pojížděcích dob s Holdover Time.....	38
10	Závěrečné posouzení.....	42
10.1	Řízení bezpečnostního rizika.....	42
10.2	Aplikování safety teorie v rámci této práce.....	44
10.3	Závěrečné posouzení rizika.....	45
11	Závěr.....	49
	Bibliografie.....	52
	Seznam obrázků.....	53
	Seznam tabulek.....	54
	Přílohy.....	55

Seznam použitých zkratek

Zkratka	Anglický název	Český název
A-CDM	Airport Collaborative Decision Making	
AIP	Aeronautical Information Publication	Letová informační příručka
A-SMGCS	Advanced surface movement guidance control system	Pokročilý systém řízení a navigace po letištních plochách
CAC	Clean Aircraft Concept	Koncept čistého letadla
COS		Centrální odmrazovací stání
DA	De-icing area	Odmrazovací stání
FAA	Federal Aviation Administration	Federální letecká správa
FZDZ	Freezing Drizzle	Mrznoucí mrholení
FZFG	Freezing Fog	Mrznoucí mlha
FZRA	Freezing Rain	Mrznoucí déšť
GHA	Ground Handling Agency	Handlingová společnost
HOT	Holdover Time	Doba působení protinámrazové kapaliny
ICAO	International Civil Aviation Organization	Mezinárodní organizace pro civilní letectví
LKPR		ICAO kód letiště Praha/Ruzyně
LWES	Liquid Water Equivalent System	Systém určování obsahu vody
METAR	Meteorological Terminal Air Report	Pravidelná letecká meteorologická zpráva
ŘLP	Air Traffic Control	Řízení letového provozu
RWY	Runway	Vzletová a přistávací dráha
TC	Transport Canada	
TOBT	Target Off-Block Time	Cílový čas ukončení pozemního odbavení
TOTT	Target Start-Up Approval Time	Cílový čas vydání povolení ke spuštění motorů
TSAT	Target Take-Off Time	Cílový čas vzletu
TWY	Taxiway	Pojížděcí dráha
SN	Snow	Sníh
SPECI	Aviation Selected Special Weather Report	Zvláštní letecká meteorologická zpráva

1 Úvod

Odmrazování letadel je proces, který patří k zimnímu provozu na letišti. Z důvodu zajištění požadované úrovně provozní bezpečnosti je nezbytné, aby byl proces efektivní. Je několik aspektů, které mohou proces narušit. Dále je potřeba zajistit plynulost provozu na letišti. Špatná letištní koordinace za zimního provozu by mohla mít za následek kontaminaci povrchu letadla před vzletem. Stěžejní prvek ovlivňující odmrazování je počasí, proto se práce zabývá zpracováním meteorologických dat z letištní meteorologické stanice a následným vytvořením statistiky výskytu meteorologických jevů způsobujících namrzání letadla. Při porovnání meteorologických dat a porovnání pojízďecích dob letadel s Holdover Time lze následně určit riziko letecké nehody jako důsledek nedostatečného odmrazení letadla. Nedostatečné odmrazení letadel může mít katastrofické následky, jak potvrdilo několik případů z minulosti. Cílem této práce je analyzovat současnou a budoucí odmrazovací infrastrukturu na letišti Praha/Ruzyně, kde je z důvodu rostoucí poptávky plánována výstavba paralelní vzletové a přistávací dráhy. Na základě zpracovaných dat bude posouzeno riziko letecké nehody spojené s nedostatečným odmrazením v plánovaném systému.

V první řadě je třeba analyzovat související předpisy. Pro tuto práci jsou stěžejní annexy, vydávané Mezinárodní organizací pro civilní letectví a bezpečnostní předpisy, vydávané Evropskou agenturou pro bezpečnost letectví. Z těchto předpisů jsou v práci vypsány informace a postupy týkající se odmrazování a s ním spojenou provozní bezpečností. Dále je v práci rozebráno, co je námraza, kdy vzniká a jaké jsou její důsledky v provozu na letišti. V dalších kapitolách jsou rozebrány letištní postupy a procedury při procesu odmrazování a vhodné přizpůsobení letištní infrastruktury. Jelikož je tématem práce posouzení rizika letecké nehody způsobené nedostatečným odmrazením letadla v plánovaném systému paralelních drah, je součástí práce také analýza současného a budoucího stavu letištní infrastruktury a s ní spojený odmrazovací proces.

Praktická část se v první řadě zabývá zpracováním a analýzou potřebných dat. Jedná se především o meteorologická data, která slouží k určení četnosti výskytu meteorologických jevů způsobujících stav nebezpečí. Dále je třeba analyzovat pojízďecí doby letadel v návrhu infrastruktury paralelního dráhového systému a následně je porovnat s Holdover Time. To bude použito k určení pravděpodobnosti výsledného rizika. Další kapitola praktické části se věnuje analýze stavu nebezpečí a vybrání vhodné metodiky pro hodnocení rizika a její aplikaci na tuto práci. Stav nebezpečí se bude vyskytovat ve dvou případech. V prvním případě se jedná o špatné provedení odmrazení, což může být z důvodu nekvalitního vybavení letiště či zanedbání ze strany handlingové společnosti. Ve druhém případě je stav nebezpečí způsoben meteorologickými podmínkami vytvářejícími námrazu na letadle. Oba tyto stavy nebezpečí mají za následek

kontaminaci povrchu letadla, což může bezprostředně vést k letecké nehodě. V práci je popsán princip posouzení rizika za použití zpracovaných dat a je porovnána stanovená metodika s metodikou ICAO.

Vlastní metodika bude v práci použita za účelem zlepšení přehlednosti a pro větší důkladnost šetření budoucího stavu infrastruktury. Stanovený postup hodnocení rizika ve srovnání s metodikou ICAO přímo identifikuje případy, ve kterých je nutno omezit či zakázat provoz. Takové stavy budou zobrazeny pomocí tabulek, které se liší podle kapacity letadel a určí tolerovatelnost rizika pomocí dříve analyzovaných dat, závislých na poloze odmrazovacího zařízení a meteorologických jevech. Pro úplnost studie je třeba šetřit následující případy:

-Pojíždění z DA2 a 3 na RWY 06L/24R

-Pojíždění z DA2 a 3 na RWY 06R/24L

-Pojíždění z COS na RWY 06L/24R

-Pojíždění z COS na RWY 06R/24L

V úvahu budou brány všechny podmínky způsobující námrazu. Bude zohledněna odlišná doba pojíždění a odmrazování letadel dle jejich kapacity. Tak bude možné určit, zda je pro odmrazování letadel v plánovaném systému paralelních drah, pro všechny kritické kombinace meteorologických podmínek, tras pojíždění a kapacit letadel, zachována požadovaná úroveň provozní bezpečnosti.

2 Analýza souvisejících předpisů

Odmrazování letadel není složitý proces, ale je velice důležitý a pro správné a efektivní fungování vyžaduje rozsáhlou infrastrukturu na letišti. Z tohoto důvodu je třeba se opřít o legislativu, která nejen určí požadavky na letištní infrastrukturu, ale dále přesně vymezí hranice provozní bezpečnosti jak pro samotný proces odmrázování a práce s tím spojené, tak pro stav letadla před odletem. Mezinárodní organizace pro civilní letectví (International Civil Aviation Organization - ICAO) vydává standardy a doporučení pro mezinárodní civilní letectví. K Chicagské úmluvě ICAO vydává annexy, které jsou v České republice přejímány jako předpisy řady L. V současné době je vydáno hlavních 19 předpisů L, tyto předpisy jsou brány jako zákonná norma. O odmrázování se zmiňují především předpisy L6-Provoz letadel a L14-Letiště. Odmrazování je však proces, který zasahuje do více vrstev provozu, proto byl vytvořen ICAO dokument 9640 - Manual of Aircraft Ground De-icing/Anti-icing Operations. Tento dokument je rozdělen do čtyř hlav a zabývá se v podstatě vším, co souvisí s odmrázováním. Hlava I se zabývá podstatou odmrázování a tím, jaké podmínky by mělo letadlo před vzletem splňovat. Hlava II se zabývá počasím a podmínkami způsobujícími námrazu. Hlava III řeší samotný proces odmrázování a provozní postupy. Hlava IV popisuje správné zásady kvality a školení personálu. Z těchto předpisů jsou důležité termíny a informace uvedeny v následujících podkapitolách.

2.1 The Clean Aircraft Concept (CAC)

V první řadě je třeba určit, kdy je letadlo schopno bezpečně vzlétnout. Tím se zabývá Clean Aircraft Concept v rámci dokumentu 9640. Letadlo nesmí vzlétnout za přítomnosti ledu, sněhu nebo námrazy na povrchu letadla či jiných kritických místech. Na to je třeba dát zvýšený pozor především, pokud nastanou podmínky způsobující namrzání letadla na zemi. The Clean Aircraft Concept určuje nutný stav letadla pro vzlet za těchto podmínek. Letadlo musí být bez jakékoliv povrchové kontaminace a nesmí být narušeny jeho aerodynamické vlastnosti. (1)

Pro dodržení Clean Aircraft Concept bylo vyvinuto několik technik. Jedná se především o adekvátní odmrázení a následnou aplikaci protinámrazové tekutiny, což poskytuje tu nejlepší ochranu proti kontaminaci. Dále je třeba provést vizuální či fyzickou kontrolu, která určí, zda byl odmrázovací proces účinný a letadlo tudíž splňuje Clean Aircraft Concept. Kontrola se provádí primárně na křídlech, ocasních plochách, trupu a pohyblivých částech letadla. Dále je nezbytná kontrola snímačů a čidel letových dat, pitot-statického systému a úhlu náběhu, pohonných jednotek, veškerých vstupů a výstupů a podvozku společně s podvozkovými šachtami (1)

2.2 Holdover Time

ICAO definuje Holdover Time (HOT) jako odhadnutý čas, po který zabrání protinámrazová tekutina vytvoření ledu, námrazy a sněhu na ošetřených částech povrchu letadla.

V praxi to znamená, že doba od počátku nanášení protinámrazové kapaliny a odletem ošetřeného letadla je omezena. Počátek HOT se mění podle užitých odmrazovacích procedur, jak bude vysvětleno v kapitole 5.2. (1)

K odstranění veškerých nečistot dojde při De-icingu, po tomto procesu splňuje letadlo Clean Aircraft Concept. Dále se však musí zaručit dodržení HOT, které zajistí ochranu letadla do času vzletu. HOT ovlivňuje několik proměnných, zejména teplota okolí a povrchu letadla, srážky a obsah vlhkosti ve vzduchu, typ a množství srážek, relativní vlhkost vzduchu a rychlost a směr větru. Dále je HOT ovlivňován typem aplikované odmrazovací/protinámrazové kapaliny, její koncentrací a teplotou. (1)

Kvůli této závislosti na mnoha proměnných se nedá HOT jednoznačně určit. Řídí se proto podle tabulek, které udávají HOT v závislosti na počasí a teplotě. Tabulky se mění podle používaných protinámrazových kapalin a typu povrchu letadla a jsou pravidelně upravovány a aktualizovány. Kompletní přehled lze najít v Holdover Time Guidelines, který vydává Federal Aviation Administration (FAA). Alternativou FAA je Transport Canada (TC), která také vydává vlastní verzi HOT tabulek. (2) Příklad tabulky s Holdover Time, která je užívána na letišti Praha/Ruzyně, uvádí Obrázek 1.

	podíl kapaliny typu ISO II ve vodě	Mráz ^b	Mrznoucí mlha	Sníh, resp. sněhová dt ¹	Mrznoucí mrholení ^c	Slabý mrznoucí déšť	Déšť na studených namočených křídlech	Jiné ^e		
Nad -3 °C (27 °F)	100 /0		35 min až 1 h 30 min	20 min až 45 min	30 min až 55 min	15 min až 30 min	5 min až 40 min	Pro tyto doby trvanlivosti neexistují žádné směrnice		
	75/25		25 min až 1 hod	15 min až 30 min	20 min až 45 min	10 min až 25 min	5 min až 25 min			
	50/50		15 min až 30 min	5 min až 15 min	5 min až 15 min	5 min až 10 min				
pod -3 °C do -14 °C (27 až 7 °F)	100/0		20 min až 1 h 5 min	15 min až 30 min	20 min až 45 min	10 min až 20 min ^d				
	75 %		25 min až 1 h	15 min až 30 min	20 min až 45 min	10 min až 25 min ^d				
	50 %		15 min až 30 min	5 min až 15 min	5 min až 15 min	5 min až 10 min				
pod -14 °C až -25 °C (7 až -13 °F)	100 %			10 min až 35 min	15 min až 30 min					
Pod -25 °C (-13 °F)	100 %		Kapaliny Typu II se mohou používat při teplotách pod -25 °C (-13 °F) za předpokladu, že bod mrazu kapaliny je nejméně o 7 °C (13 °F) pod aktuální hodnotou OAT a jsou splněna kritéria aerodynamické přijatelnosti. Pokud nelze použít kapalinu Typu II, je možné uvažovat o použití kapaliny typu I.							

Obrázek 1 HOT tabulka užívána na LKPR

Zdroj: odborné konzultace na LKPR (3)

V současné době existuje The Liquid Water Equivalent System (LWES), což je automatizovaný systém kontrolující počasí v reálném čase. LWES z nasbíraných dat vypočítá HOT a informaci následně zašle pilotovi. HOT vygenerovaný pomocí tohoto systému je přesnější než odhadovaná hodnota pomocí tabulek. (1)

2.3 Odmrazovací/protinámrazové zařízení

Z hlediska provozní bezpečnosti jsou na letištích, kde existuje nebezpečí tvorby námrazy, nezbytná odmrázovací/protinámrazové zařízení (De-icing/Anti-icing facilities). Tato zařízení odpovídají provozním požadavkům letiště na efektivní provoz a zároveň na vysokou úroveň provozní bezpečnosti. Na každém odmrázovacím/protinámrazovém zařízení jsou vyznačeny příčky pro zastavení letadel, na kterých se provádí odmrázování. Při návrhu je třeba zohlednit vhodné umístění vzhledem k poloze letiště, přizpůsobení typům letadel, životnímu prostředí a uživatelům letiště, vše v souladu s platnou legislativou. Velikost zařízení je taková, aby kapacita odpovídala maximální provozní špičce, kterou je řízení letového provozu schopno řídit. To je ovlivněno především kombinacemi meteorologických podmínek na daném letišti, typy ošetřovaných letadel a používanými odmrázovacími metodami a procedurami. Dále je vhodné minimalizovat doby mezi odmrázováním a vzletem a zajistit možnost předjíždění. Bez možnosti předjíždění by letadlo, které je momentálně odmrázováno, blokovalo cestu letadlům, která není potřeba odmrázit, a mohou pojíždět rovnou na vzlet. To by mohlo mít za následek snížení kapacity systému. (4)

Jeden z nejdůležitějších faktorů je umístění zařízení na letišti. Ideální umístění je takové, které minimalizuje dobu pojíždění a zaručí dodržení HOT. Doba pojíždění se však může měnit a k tomu je třeba přihlížet. Proto je dobré umístit zařízení tak, aby bylo zaručeno dodržení HOT, a k tomu navíc časová rezerva. Delší dobu se například pojíždí během zimního období. (1)

Délka odmrázování závisí na velikosti letadla, což znamená, že větší letadla mají méně času na pojíždění. Je-li na daném letišti frekventovaný provoz letadel kategorie E a vyšší, je vhodné umístit odmrázovací zařízení co nejbližší prahu dráhy. (3) Dle předpisu L14 jsou kategorie letadel rozděleny, jak uvádí Tabulka 1.

Dále je důležité zohlednit vliv procedur na životní prostředí. Z toho důvodu je třeba umístit odmrázovací/protinámrazové zařízení tak, aby mohla protinámrazová kapalina dobře odtékat do kanalizace. Z provozního hlediska se musí umístění přizpůsobit provozně/bezpečnostním a navigačně/přibližovacím světelným povolením. Pokud by se nebral ohled na tyto aspekty, mohlo by dojít ke kolizi na zemi, nebo například k dezorientaci pilota během přistání. (4)

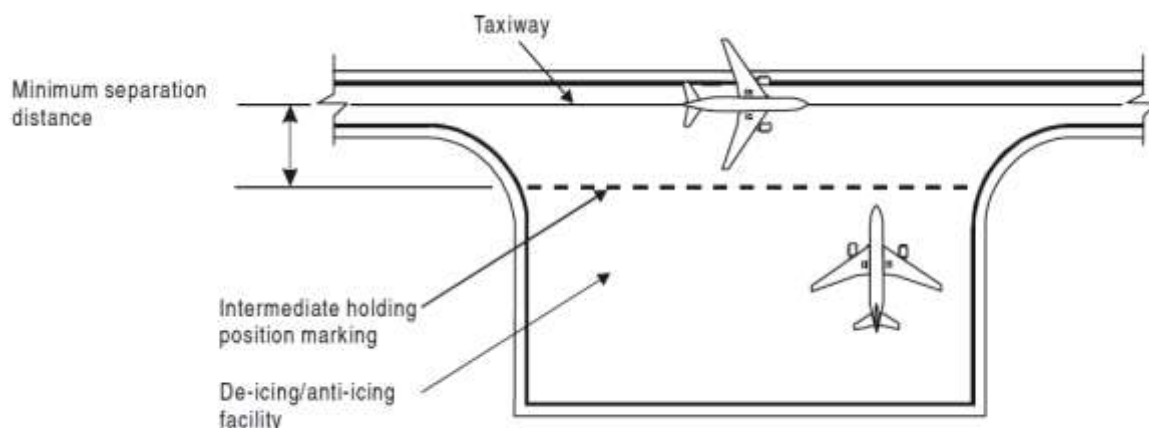
Kódové písmeno	Rozpětí křídel	Vnější rozchod kol hlavního podvozku
A	Až do, ale ne včetně 15 m	Až do, ale ne včetně 4,5 m
B	Od 15 m až do, ale ne včetně 24 m	Od 4,5 m až do, ale ne včetně 6 m
C	Od 24 m až do, ale ne včetně 36 m	Od 6 m až do, ale ne včetně 9 m
D	Od 36 m až do, ale ne včetně 52 m	Od 9 m až do, ale ne včetně 14 m
E	Od 52 m až do, ale ne včetně 65 m	Od 9 m až do, ale ne včetně 14 m
F	Od 65 m až do, ale ne včetně 80 m	Od 14 m až do, ale ne včetně 16 m
G	Od 80 m	Od 16 m

Tabulka 1 Klasifikace letadel

Zdroj: Annex 14 (5)

Podle umístění se odmrazovací/protinámrazové zařízení dělí na centralizované a necentralizované. To, který způsob se na určitém letišti používá, ovlivňuje především design letiště. Centralizované (Terminal De-icing) odmrazovací/protinámrazové zařízení se nachází přímo u terminálu letiště. Používá se v případě, že jeho provoz nezpůsobí zpoždění, kongesce nebo dlouhé fronty a také musí být zaručeno dodržení HOT. Necentralizované (Off-Terminal de-icing) odmrazovací/protinámrazové zařízení se umísťují vedle pojízděcích drah. Jejich výhodou je širší možnost výběru umístění, dále díky řidší infrastruktuře v okolí pojízděcích drah, na rozdíl od infrastruktury u terminálu, je daleko snazší skladování a distribuce odmrazovacích/protinámrazových tekutin. Nevýhodou je však riziko tvoření front letadel, což by vedlo k neefektivnímu provozu. Je tedy třeba zajistit možnost předjíždění, z tohoto důvodu jsou zavedeny odstupny mezi odmrazovacím/protinámrazovým zařízením a pojízděcí drahou. Navíc je příhodné, aby pojízděcí dráhy měly co nejpřímější trajektorii s minimem křížení, kvůli urychlení pohybu letadel a zároveň zachování úrovně provozní bezpečnosti. Odlehlá (Remote pad De-icing) protinámrazová/odmrazovací zařízení jsou lokalizovaná poblíž odboček na RWY nebo podél odlehlých pojízděcích drah. K jejich vybudování se přistupuje, pokud často dochází k překročení HOT, při pojíždění z centralizovaného či necentralizovaného zařízení. (4)

Obrázek 2 uvádí příklad protinámrazového zařízení, Tabulka 2 udává minimální vzdálenost mezi pojízděcí drahou a příčkou zastavení odmrazovacího stání v závislosti na kategorii ošetřovaných letadel. (4)



Obrázek 2 Protinámrazové/odmrazovací zařízení
Zdroj: Aerodrome design manual (4)

Code letter	Clearance (m)
A	3.0
B	3.0
C	4.5
D	7.5
E	7.5
F	7.5

Tabulka 2 Minimální vzdálenost zastavovací příčky a osy TWY dle kapacity letadla
Zdroj: Aerodrome Design Manual (4)

Aby odmrazovací/protinámrazové zařízení mohla efektivně a bezpečně pracovat, je možné, že bude potřeba zřízení speciálních tras a míst na stání pro obslužná vozidla. Důvodem je pohyb obslužných vozidel, který by mohl narušit plynulý provoz letiště, případně způsobit srážku s jinými obslužnými vozidly a také možné prodloužení příjezdové doby hasičského záchranného sboru v případě pohotovosti. Těmto faktorům by měly obslužné cesty a místa na stání vyhovět a navíc brát v potaz faktory životního prostředí, což v tomto případě znamená správný management vypouštění odmrazovacích/protinámrazových tekutin a pohybu po ploše. To se zajistí pomocí A-SMGCS (Advanced Surface Movement Guidance and Control System) značení. A-SMGCS je systém zajišťující směřování, vedení a sledování letadel a ostatních vozidel za účelem udržení plynulosti provozu na letišti za všech meteorologických podmínek a zachování úrovně provozní bezpečnosti. (6)

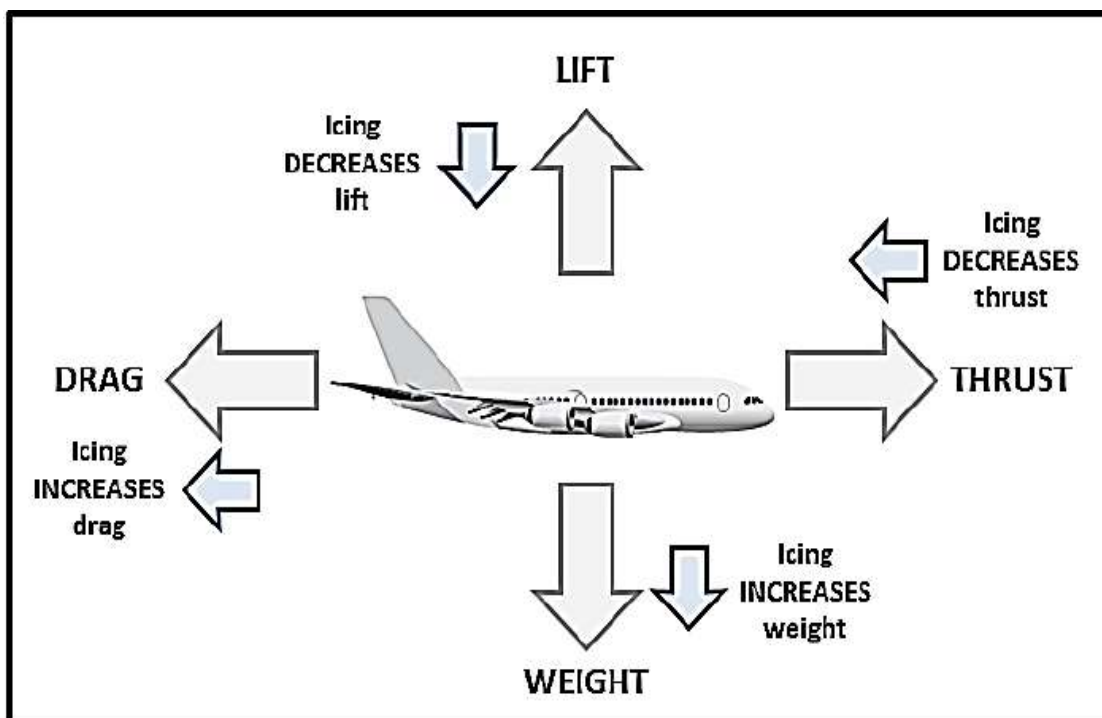
Velikost odmrazovacího/protinámrazového zařízení je ovlivněna především velikostí letadel, množstvím letadel, meteorologickými podmínkami, typem a kapacitou užívaného vybavení, frekvencí odletů a odmrazovací metodou. Celková velikost zařízení se dá odhadnout pomocí počtu letadel vyžadujících ošetření v daný čas. Dále by měl být také brán v potaz čas přepravy obslužných vozidel mezi odmrazovacím/protinámrazovým zařízením a skladem odmrazovacích/protinámrazových tekutin. (1)

3 Námraza na letadle

Jakákoliv usazenina ledu, sněhu, nebo námraza na důležitých částech povrchu letadla má významný vliv na snížení aerodynamického vztlaku a zvýšení odporu. Dále se také usazeniny mohou dostat do mechanismu pohyblivých částí letadel a tak zabránit jejich funkci. Ke kontaminaci letadla dochází kvůli meteorologickým podmínkám. Námraza nemusí být vždy symetrická. Například může dojít k nánosu vody větrem, obzvláště pokud se v okolí letadla vyskytuje reziduální voda. Kvůli tomu je třeba letadlo sledovat pro pozdější odmrazení a informace o kontaminaci podat odmrazovací posádce. (1)

3.1 Vliv námrazy na síly působící na letadlo

Již pětimilimetrová vrstva námrazy, pokrývající horní plochu křídla, může součinitel vztlaku snížit až o 33%, kritický úhel náběhu schýlit ze 17° na 13° a odpor zvýšit až o 40%. S takovou kontaminací se rapidně snižuje výkon letadla, protože vlivem námrazy dojde ke zvýšení hmotnosti, zvýšení pádové rychlosti, snížení vztlaku, snížení stability a možnosti kontroly, snížení tahu a zvýšení odporu. Hlavní parametr ovlivňující tyto letové charakteristiky je hladkost povrchu, která je námrazou narušena. Námraza zabraňuje správnému proudění vzduchu, tím dochází k odtržení mezní vrstvy již při menším náběhu. Obrázek 3 zobrazuje síly působící na letadlo za letu, Obrázek 4 ilustruje narušení proudění větru z důvodu námrazy.



Obrázek 3 Síly působící na letadlo za letu

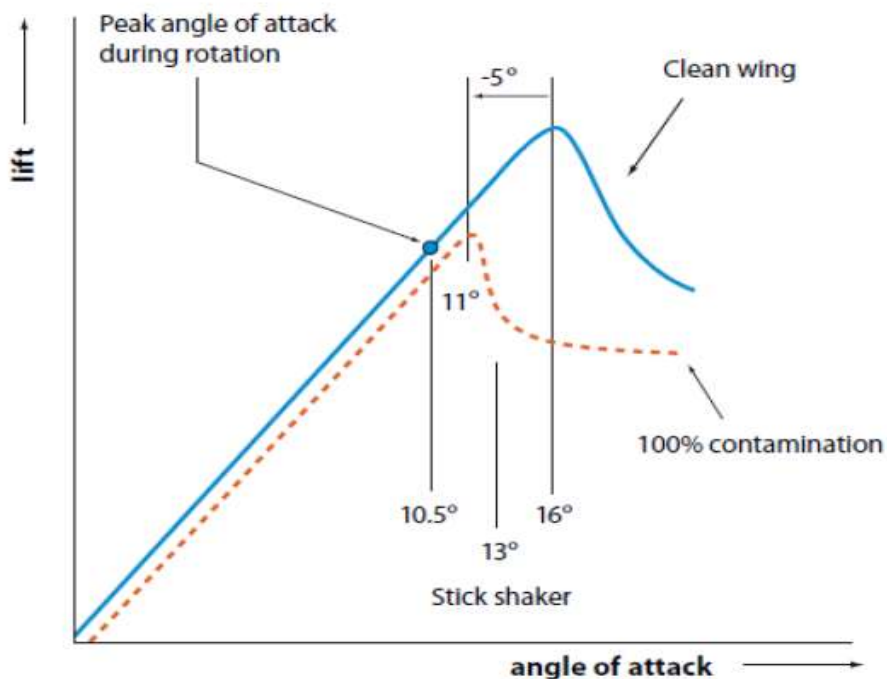
Zdroj: *Manual of Aircraft Ground De-icing/Anti-icing Operations (1)*



Obrázek 4 Proudění vzduchu na namrzlém křídle

Zdroj: www.boeing.com/commercial/aeromagazine/aero_08/deice_fig01.html. (7)

Takto narušené proudění snižuje vztakovou čáru a tím i pádovou rychlost, což je minimální rychlost, které musí letadlo dosáhnout, aby bylo schopno udržovat horizontální hladinu letu. Vztaková čára vyjadřuje závislost součinitele vztlaku a úhlu náběhu křídla. Nejdůležitější je kritický úhel náběhu, což je maximální vztlak a úhel náběhu, kterého lze u daného křídla dosáhnout. (8) Vztakovou čáru zobrazuje Obrázek 5.



Obrázek 5 Graf vztakové čáry v závislosti na součiniteli vztlaku a úhlu náběhu

Zdroj: *Safe Cold Weather Operations* (9)

Ke kontaminaci nedochází jen na křídlech, ale také na trupu letadla, podvozku, motorových gondolách a ocasních plochách. V těchto případech není přímo ovlivněn vztlak, značně se však zvyšuje odpor. Námraza na pohyblivé mechanizaci podvozku, kontrolních a manipulačních prvcích, může částečně, či úplně narušit pilotovu kontrolu nad letadlem. Dále může dojít ke ztrátě komunikace a v případě námrazy na pitot-statických trubcích či jiných senzorech hrozí měření zkreslených dat o rychlosti letu, výkonu motorů a úhlu náběhu. Kromě těchto rizik se také může

stát, že se před vzletem uvolní led z povrchu letadla a dojde k jeho nasátí motorem, což by vedlo k jeho fyzickému poškození. (9)

3.2 Důsledky nedostatečného odmrazení

Pokud letadlo vzlétne za nedodržení Clean Aircraft Concept, existuje vysoká pravděpodobnost vzniku události. Jedním z největších mezníků v historii, ukazující nutnost zajištění CAC, se stala letecká nehoda letu Air Ontario 1636 roku 1989 na kanadském letišti Dryden Regional. Po špatném odstranění sněhu před odletem se letadlo krátce po vzletu zřítilo do lesa. Po vyšetření nehody bylo zjištěno, že nehodu zavinila tenká vrstva sněhu na horní straně křídla, která nebyla před vzletem odstraněna z důvodu zanedbání údržby a letové Anti-icing systémy ji nebyly schopny odstranit. (10)

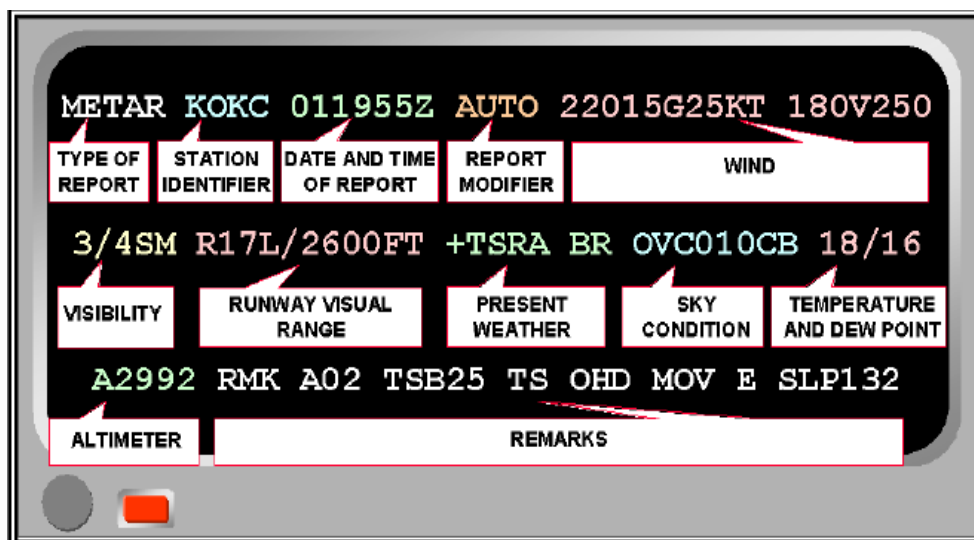
Další příklad poukazuje na nutnost kvalitní celkové kontroly letadla před vzletem. Po 17 hodinovém stání na ploše letiště blízko Edinburghu se v roce 2001 letounu Shorts SD3-60 za špatných meteorologických podmínek dostal sníh do vstupních otvorů turbovrtulových motorů. Pilot o kontaminaci vnitřku motorů nevěděl a s letadlem vzlétl. Po několika minutách letu však díky Anti-icing systému letadla sníh roztál a následně vyřadil oba motory. Let skončil neúspěšným pokusem o přistání na vodní hladině. (11)

4 Meteorologie

Jeden z hlavních faktorů, který může způsobit nedostatečné odmrazení letadla, je počasí. Kromě způsobení samotné námrazy může také prodloužit čas poježdění a tím oddálit čas vzletu, což vede ke zvýšení nebezpečí znovuvytvoření námrazy, pokud dojde k překročení Holdover Time. Aby se nebezpečné situace způsobené špatným počasím co nejlépe eliminovaly, jsou na letištích zřízeny meteorologické stanice, které mají za úkol zajistit aktuální a přesná meteorologická data.

4.1 METAR/SPECI

METAR (Meteorological Terminal Air Report) je název pro pravidelné kódované zprávy z meteorologických stanic umístěných na letištích. Zprávy jsou vydávány jednou či dvakrát za hodinu vždy v celou, případně v celou a v půl. V případě výrazné změny počasí se vydává zpráva SPECI (Special Weather Report), která funguje na stejném kódovacím principu. Kódovací formát obsahuje tělo a poznámky. Tělo zprávy tvoří typ zprávy, ICAO kód letiště, datum a čas vydání zprávy, způsob generování, směr a rychlost větru, viditelnost, dráhová dohlednost, současné počasí, oblačnost, teplota a rosný bod a výška. (12) Obrázek 6 zobrazuje příklad METAR zprávy.



Obrázek 6 Zpráva meteorologické stanice
Zdroj: Aviation Weather Service (12)

4.2 Podmínky vzniku námrazy na zemi

Obecně je námraza ledová usazenina, která vzniká převážně zmrazením kapek kouřma, mlhy nebo deště, zpravidla se současně probíhající sublimací, na letadle na místech s teplotou povrchu pod bodem mrazu. (1)

Hlavní podmínky vzniku námrazy jsou teplota a vlhkost vzduchu. Obecně platí, že se námraza na zemi vytváří, klesne-li venkovní teplota vzduchu pod $+3^{\circ}\text{C}$ a zároveň je přítomna viditelná

vlhkost v jakékoliv formě nebo je-li dráha kontaminovaná stojící vodou, rozbředlým sněhem, ledem nebo sněhem. Dále mohou být podmínky vytvoření námrazy při pojiždění stanoveny přímo výrobcem letadla. (1)

Námraza může vzniknout zmrazením reziduální vody, desublimací vodní páry do formy ledu a přeměnou podchlazených vodních kapek při kontaktu s pevnou překážkou. (13)

4.3 Druhy námrazy

Jinovatka je krystalická námraza v podobě tenké, bíle usazeniny, která vzniká pomocí desublimace, klesne-li teplota okolí pod 0°C a vlhkost vzduchu se pohybuje v okolí rosného bodu. Tato námraza vzniká i beze srážek a za normální viditelnosti, velmi často se vytváří za jasných nocí. (14)

Krystalická námraza je usazenina ledu, vytvořená pomocí působení mlhy nebo srážek kapének na objektech s teplotou pod bodem mrazu nebo těsně nad ní. Jelikož jsou kapénky malé, mrznou téměř okamžitě a vytváří směs částic ledu a v nich uzavřeného vzduchu. Usazenina je hrubá, krystalická, neprůhledná a křehká. (15)

Čistý led má podobu povlaku ledu, někdy se pro něj také používá termín glazurový led. Led je průsvitný a může být hrudkovitý i hladký a velmi pevný. Vzniká pomocí dopadu srážek podchlazených vodních kapek či kapének na povrch letadla, kde vytvoří povlak a mrzne. Čistý led představuje největší hrozbu, jelikož se může vyskytovat v poměrně tlustých vrstvách a díky jeho pevnosti je náročné ho odstranit. (15)

4.4 Meteorologické jevy způsobující námrazu na letadle

Je několik meteorologických jevů, při kterých je třeba odmrazení letadla. Tyto jevy vzniknou, jestliže jsou splněny podmínky vytvoření námrazy. Navíc způsobují další kontaminaci letadla, což má vliv na HOT a na samotný proces odmrazování a pojiždění.

Mrznoucí mlha je suspenze četných miniaturních částic ledu ve vzduchu, díky vyšší vlhkosti se drží při zemi a snižuje dohlednost, většinou pod 1 km. Mrznoucí mlha vytváří na letadle krystalickou námrazu a má za následek potřebu De-icingu i Anti-icingu. (15)

Ledové krystaly jsou výsledkem působení mrazivé mlhy nebo mrazivého počasí. Tvoří se na povrchu letadla a tím způsobují jeho kontaminaci, většinou v podobě krystalické námrazy nebo čistého ledu. Jedná se však o nejméně závažnou kontaminaci, neboť se námraza tvoří v poměrně tenkých a křehkých vrstvách a lze ji snadno odstranit. (14)

Sníh je tvořen srážkami krystalů ledu, jednotlivých nebo aglomerovaných, které vznikají v oblacích. Sníh, sněhová zrna, sněhové pelety a kroupy se liší velikostí ledových částic,

na odmrazování to však nemá velký vliv. Co skutečně ovlivňuje odmrazování a HOT je intenzita těchto srážek. Pokud je sněžení intenzivní, prodlužuje De-icing, Anti-icing, HOT, dobu pojiždění a snižuje dohlednost. (15)

Mrholení je tvořeno srážkami vody, kdy jsou kapky v průměru menší než 0,5 mm. Pokud jsou vodní kapénky podchlazené a teplota okolí neklesne pod -8°C , vznikne mrznoucí mrholení. Hlavní nebezpečí tohoto jevu je vytvoření povlaku čistého ledu na povrchu letadla. Kromě povrchu letadla se čistý led vytváří i na povrchu vozovky, což vede k delší době pojiždění letadel. (15)

Mrznoucí déšť je tvořen srážkami, při kterých padají podchlazené vodní kapky, které zmrznou při dopadu na povrch letadla a vytváří vrstvu čistého ledu. Rychlost vytváření ledu závisí na intenzitě srážek a teplotě okolí i povrchu letadla. Na rozdíl od mrznoucího mrholení se led vytváří rychleji a ve větší míře, což způsobuje větší náročnost odmrazování, zkrácení HOT a prodloužení doby pojiždění. (15)

Při plnění letadla je třeba dát pozor na teplotu paliva. Jestliže letadlo obsahuje chladné palivo a teplota povrchu je 0°C a nižší, začne se při dešti, nebo je-li křídlo mokré, vytvářet povlak čistého ledu i při okolní teplotě až do 15°C . Tento jev na křídle je podle ICAO nazván Cold-soaked Wing. (1)

5 Proces odmrazování

V případě, že jsou splněny podmínky vzniku námrazy, musí každé letadlo před odletem projít inspekcí a je-li třeba následným odmrazením a protinámrazovým ošetřením. Odmrazování se provádí na protinámrazových zařízeních, kde je zřízeno stání pro letadla a potřebná plocha pro pohyb odmrazovacích vozidel. Důležitým aspektem efektivního odmrazení je kvalitně proškolený personál a trvalé zajištění dobrého stavu vybavení letiště.

5.1 Odmrazovací/protinámrazový program

Aby byla zachována provozní bezpečnost, efektivita a integrita při odmrazování, vydalo ICAO v rámci dokumentu 9640 obecný program, který slouží jako vodítko pro každé letiště. Plán managementu koordinuje zaměstnance a určuje jejich zodpovědnost, dále také implementuje vodítka z manuálů. Účelem plánu je efektivní kontrola nad celkovým procesem a jeho řízením.

Provozovatel letadla by měl specifikovat odmrazovací/protinámrazové procedury pro každý typ obsluhovaných letadel a informace poskytnout personálu zodpovědnému za odmrazování. Pro každý specifický typ by měl být personál dostatečně vyškolen. (1)

HOT tabulky slouží především pilotům, kterým doporučují čas nejpozdějšího vzletu. Tento bod odmrazovacího programu lze nahradit LWES, pokud je na daném letišti implementován. Výsledné rozhodnutí nejpozdějšího vzletu je však na kapitánovi letadla. Může se stát, že bude kapitán situaci považovat za bezpečnou a vzlétnout i v případě, že byl HOT překročen a naopak. (1)

Clean Aircraft Concept je nezbytnou součástí programu a je důležité ho dodržovat. Před každým vzletem, pokud hrozí riziko námrazy, by se proto měla provádět vizuální a přístrojová kontrola kontaminace. Další kontroly by se však měly provádět i po De-icingu až do okamžiku vzletu. Může se stát, že letadlo odletí i přes vypršení HOT, nesmí však dojít ke kontaminaci. (1)

Komunikace mezi posádkami letadla a pozemními pracovníky je velice důležitá. Z důvodu velkého množství leteckých provozovatelů služeb působících na letišti je nezbytné používat standardizovanou frazeologii. Kritická je jak koordinace letadel, tak informovanost kapitána o použitých tekutinách a podmínkách, ze kterých se odhaduje HOT. Komunikace začíná ještě před počátkem odmrazování a trvá až do samotného vzletu letadla. Aby komunikace, stejně jako celý odmrazovací proces, probíhala bez problému, je třeba kvalitně vyškoleného personálu, především pozemní obsluhy, posádky letadla a dispečinku. (1)

Poslední částí programu ICAO dokumentu 9640 jsou De-icing/Anti-icing manuály, plán pro případ nouze a ohlašovací systém. (1)

5.2 Odmrazovací procedury

Existují dvě procedury, které se používají k dekontaminaci letadla od ledu a námrazy, one-step De-icing a two-step De-icing. Ideálně by letiště měla využívat two-step De-icing, neboť poskytuje lepší ochranu, na druhou stranu je ale metoda náročnější na využití prostory a čas v porovnání s one-step De-icing metodou.

One-step De-icing/Anti-icing se provádí pomocí zahřáté protinámrazové tekutiny. Tekutina se nanese na povrch letadla a odstraní námrazu, poté zůstane na povrchu a poskytne ochranu proti dalšímu namrzání. Pokud je použit one-step De-icing, HOT začíná v momentě počátku procedury. (1)

Two-step De-icing/Anti-icing je procedura skládající se ze dvou kroků. Nejprve je letadlo odmrazeno a následně ošetřeno protinámrazovou tekutinou. Na rozdíl od první metody se tedy De-icing a Anti-icing provádí zvlášť. Při této proceduře začíná HOT společně s Anti-icingem. (1)

5.3 De-icing

Existuje několik způsobů, kterými lze provést De-icing a zajistit tak Clean Aircraft Concept. Rozdíl je nejen v ceně metod, ale také v jejich dopadu na životní prostředí. Tyto metody jsou chemické, pneumatické nebo mechanické. Alternativou De-icingu může být umístění letadla do zatepleného hangáru.

Chemická metoda De-icingu se provádí pomocí protinámrazové tekutiny, která je nanášena pomocí rozprašovacích trysek obslužných vozidel na horní stranu křídel, v případě potřeby na horní část draku. Nesmí se však nanášet na kabinu pilota, kvůli narušení výhledu při pojiždění, a rovněž na okna trupu, jelikož hrozí popraskání z důvodu prudké změny teploty. Tato metoda De-icingu je finančně poměrně náročná. Používání protinámrazových tekutin má navíc negativní vliv na životní prostředí, především kvůli skladování a recyklaci. V mnoha případech mrznoucího deště, mrholení, silného sněžení nebo jiných podmínek obsahujících vysoký obsah vody, nejsou odmrazovací/protinámrazové procedury dostatečně efektivní na to, aby mohlo být letadlo bezpečně provozováno. Stejně je tomu při velmi nízkých teplotách (pod -30°C), kdy protinámrazové tekutiny přestávají účinkovat a je nutné využít jinou metodu De-icingu. (16)

Odmrazování pomocí stlačeného vzduchu je vhodnou alternativou odmrazování, která je méně finančně náročná a šetrná k životnímu prostředí. Tato metoda je založena na principu vysoce stlačeného vzduchu nebo kombinaci vzduchu a tekutiny, nebo na nanášení vysokého obsahu vzduchu při nízkém tlaku. Efektivita této metody závisí na několika proměnných, například na rychlosti proudu větru, teplotě proudu větru, zkušenostech a výcviku obsluhy a na teplotě okolí i dalších meteorologických činitelích. (16)

Námraza lze odstranit i fyzicky, mechanická metoda je finančně nenáročná a šetrná k životnímu prostředí. Musí se však dbát na to, aby byla šetrná také k povrchu letadla a nedošlo k jeho poškození. K mechanickému odstranění námrazy se používají lana, košťata nebo škrabky, a to pouze v případě malých letadel. (16)

Nejlepší metodou pro zajištění prevence před namrznutím je zateplený hangár. V tomto případě v podstatě nehrozí riziko kontaminace a letadlo může v případě potřeby podstoupit proces Anti-icingu bez nutnosti De-icingu. V případě vhodného prostoru lze Anti-icing provést uvnitř hangáru. Nevýhodou provozu zatepleného hangáru je náročnost na prostor a energii. (16)

5.4 Anti-icing

Anti-icing je proces, při kterém dochází k ošetření již čistého povrchu letadla za účelem dočasné ochrany před další možnou kontaminací. Tekutina se nanáší stejně, jako je tomu u chemické metody De-icingu, při Anti-icingu se však používá jiný typ kapaliny. U obou procedur začíná HOT společně s nanášením tekutiny (Anti-Icing) a je zde proto velmi důležitá komunikace mezi věží, odmrazovací posádkou a posádkou letadla. (1)

Typ odmrazovací kapaliny 1 je založen většinou na glykolové bázi. Před rozprášením se kapalina často ředí vodou, dále se přimíchávají přísady snižující povrchové napětí, přísady proti korozi, smáčedla a často také oranžové barvivo. Díky nižší viskozitě, která klesá s teplotou, se oproti kapalinám 2-4 typ 1 užívá spíše pro De-icing, právě z důvodu nutnosti zahřátí na vyšší teploty. (1)

Typ odmrazovací kapaliny 2-4 se používá pro Anti-icing a jsou do něho přidány příměsi pro zvýšení viskozity, smáčedla, voda, přísady proti korozi a barvivo (pro typ 2 žluté, pro typ 3 světle žluté a pro typ 4 zelené). Díky nanesení tekutiny o vyšší viskozitě se vytvoří ochranný, protinámrazový povlak na povrchu letadla, který zaručuje lepší ochranu oproti typu 1. Pro Anti-icing se kapaliny nemusí zahřívát a ředit by se měly pouze při vyšších teplotách okolí a nízkých srážkách. (1)

5.5 Detektory námrazy

Kontrola kontaminace letadla by měla být prováděna v pravidelných intervalech po celou dobu odmrazování až do okamžiku vzletu. Kromě vizuální kontroly se využívají detektory, které jsou umístěny na letišti i na letadle. (1)

Provozovatelé letišť umisťují na infrastrukturu letiště kamerový systém, jehož účelem je detekce a indikace námrazy na letadle. Kamerový systém může být umístěn na strategických místech na letišti, odmrazovacích stání a ideálně na odmrazovacích vozech. Účelem systému je zhodnocení úrovně kontaminace letadla před počátkem i během odmrazování. Při procesu

odmrazování probíhá komunikace mezi odmrazovacím vozem a osobou dispečinku, či softwarem obsluhujícím kamery. Tímto způsobem je obsluze odmrazovacího vozu sděleno, jak bude odmrazování probíhat. Po odmrazování je před odjezdem letadlo opět zkontrolováno pomocí kamerového systému. (1)

Letadlo může být vybaveno několika typy detektorů. Mezi nejpoužívanější patří senzory vizuální, mechanické, pneumatické, frekvenční a radioaktivní. Jejich účelem je detekovat kontaminaci letadla během předletové i letové fáze a podávat informace pilotům. Jestliže letadlo detekuje námrazu, zobrazí zprávu pilotovi a zároveň je schopno se samo námrazy do jisté míry zbavit. Tyto letadlové odmrazovací systémy slouží především jako prevence vytvoření námrazy za letu. Jedním z příkladů takového systému jsou elektrické obvody zabudované v křídle, které generují teplo a zabraňují tak vytváření námrazy. (17)

5.6 Parametry ovlivňující nedodržení Holdover Time

Od počátku HOT je posádka časově omezena a měla by co nejrychleji a nejbezpečněji dojet na práh dráhy a vzlétnout. Existuje však několik faktorů, které mohou pilotům tento úkol zkomplikovat. Některé lze předvídat a některé nikoliv.

Mezi předvídatelné faktory patří velikost letadla. Jak již bylo zmíněno v kapitole 2.3, větší letadla potřebují delší čas na odmrazování a jelikož HOT začíná při počátku Anti-icingu, může nastat situace, kdy vyprší HOT ještě před ukončením odmrazování. To hrozí zejména u letadel kategorie E, kdy je doba odmrazování 20 i více minut. Pokud při odmrazování těchto letadel nastává například mrznoucí déšť za teploty pod -3°C , je odhadovaný HOT 10-20 minut. S tímto předvídatelným faktorem může letiště kalkulovat a problém včas vyřešit. Pro efektivní fungování je do jisté míry vyžadována predikce počasí. Za tímto účelem jsou na letištní infrastruktuře rozmístěny meteorologické stanice. Pokud se například očekává, že déšť brzy ustane, problém lze eliminovat posunutím času odletu. Dále může počasí zkomplikovat pilotovi ovládání letadla silným větrem nebo snížit viditelnost. V tomto případě se může zvýšit čas pojiždění, ale v tolerovatelných hranicích, díky A-SMGCS. (3)

Mezi nepředvídatelné situace patří například srážka s jiným objektem či situace stavu nouze. Při událostech tohoto typu je částečně či celkově pozastaven provoz a ke vzletu tak nedojde z bezpečnostních důvodů. (3)

6 Analýza současného stavu

Letiště Václava Havla Praha je největší mezinárodní letiště v České republice. V roce 2017 odbavilo celkem 15 415 001 cestujících, což představuje téměř 18% nárůst oproti roku 2016. V tomto roce byl již loňský počet překonán a je očekáván další rekord, který je odhadován na 17 milionů odbavených cestujících za rok. Momentálně na letišti působí celkem 69 pravidelných dopravců s lety do 163 destinací. Na letišti jsou v současné době 2 dráhy, RWY 06/24 a RWY 12/30. Pro standardní provoz se využívá RWY 06/24, RWY 12/30 se využívá pouze, pokud meteorologické či technické podmínky neumožňují provoz na RWY 06/24. Současně se na LKPR nachází celkem 9 ploch určených k odmrazování letadel. Provoz je však přizpůsoben vzletům z dráhy 24, tudíž jsou většinou využívány odmrazovací zařízení blízko této RWY a ostatní jsou v provozu jen v mimořádných případech. (18) (19)

6.1 A-CDM (Airport Collaborative Decision Making)

A-CDM je letištní koordinační systém vytvořený Evropskou organizací EUROCONTROL. Účelem A-CDM je vylepšení letištních procesů pomocí synchronizace složek, predikce událostí a maximálního využití zdrojů. Hlavním zaměřením je efektivní pohyb letadel po letištních plochách, obzvláště v meziletových a předletových fázích, zlepšení výměny informací o letu, pravidelnosti a snížení emisí a hluku. Odmrazování letadel patří do předletové fáze, tudíž se zodpovědné letištní složky řídí postupy A-CDM. (20) Letiště Praha/Ruzyně je jedním ze 17 evropských letišť, které využívají A-CDM, a ročně díky tomu ušetří desítky milionů korun. (21)

Jeden z hlavních faktorů je synchronizace čtyř letištních složek, letiště, leteckých dopravců, handlingových společností (GHA) a řízení letového provozu (ŘLP). Synchronizace spočívá v dodržování stejných postupů a jejich načasování. K tomu je velice důležitá komunikace mezi jednotlivými složkami. Predikce událostí spočívá v efektivním plánování provozu, k čemuž jsou zavedeny tyto základní časové údaje:

-TOBT (Target Off-Block Time) je cílový čas ukončení pozemního odbavení letadla. Je stanoven po domluvě GHA a letové posádky a značí připravenost ke spuštění motorů a následnému Push-Backu či pojíždění.

-TSAT (Target Start-Up Approval Time) je cílový čas vydání povolení ke spuštění motorů. TSAT je závislý především na TOBT, místě a době odmrazování a datech vložených GHA v aktuální situaci.

-TTOT (Target Take-Off Time) je cílový čas vzletu.

Účelem těchto veličin je zajištění plynulosti a ekonomičnosti provozu. Stejně jako u ostatních letištních procesů, i na odmrazování je implementováno A-CDM, jak je popsáno v kapitole 6.2. (22)

6.2 Odmrazování na LKPR

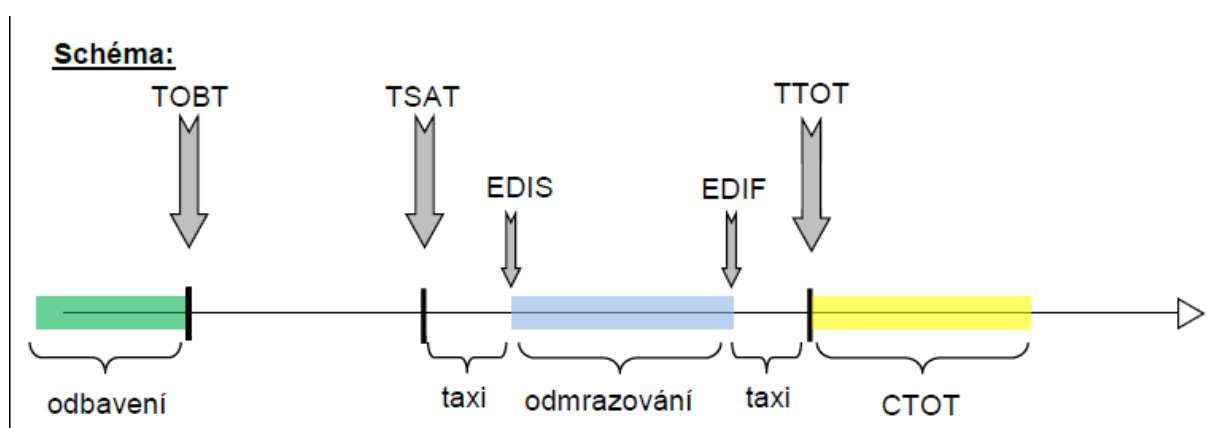
Zajištění organizace při odmrazování na LKPR probíhá v souladu s postupy A-CDM dle LP-PP-030D/2011. Pořadí, v jakém budou letadla odmrazována, určuje ŘLP a konkrétní odmrazovací zařízení určuje De-icing supervizor provádějící odmrazování. (23)

Jelikož je odmrazování součástí A-CDM, má GHA svého De-icing supervizora. Ten je povinen oznamovat pro lety, za jejichž odmrazování je zodpovědný, skutečný čas obsazení odmrazovacího místa (Actual De-icing Start- ADIS), skutečný čas uvolnění odmrazovacího místa (Actual De-icing Finish- ADIF), případně skutečný čas zahájení a ukončení odmrazování a dobu, případně změnu doby, obsazení odmrazovacího stání (Estimated De-icing Time- EDIT). (24)

ŘLP oproti tomu plánuje odhadovaný čas obsazení (EDIS) a uvolnění (EDIF) odmrazovacího stání daným letem. Výjimku tvoří odbavovací plochy JIH a VÝCHOD, kde je odmrazování součástí odbavení letu, požadavek tedy není zadán do A-CDM. (24)

Pokud si posádka letadla žádá odmrazení, předá požadavek handlingové agentuře provádějící odmrazování. GHA po konzultaci s posádkou letadla zadá do centrální provozní databáze letiště Praha/Ruzyně alespoň 25 minut před TOBT místo, úroveň a dobu trvání odmrazení. Tyto informace poté ŘLP zohlední při výpočtu variabilní doby poježdění. (24)

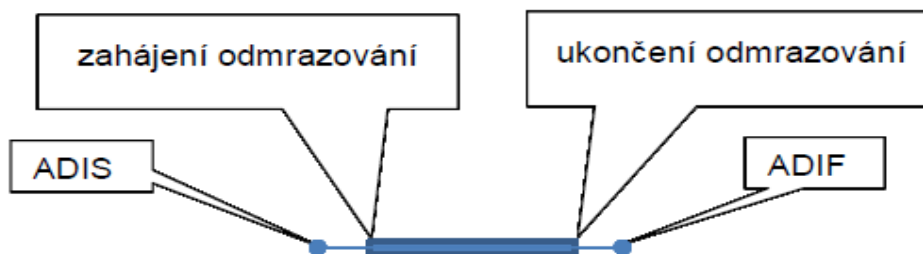
Obrázek 7 zobrazuje schéma logiky plánování odmrazování.



Obrázek 7 Logika plánování dle A-CDM
Zdroj: Směrnice A-CDM (24)

Na LKPR se uplatňují dva různé plánovací postupy. Plánování na DA1, 2, 3 a 6 určí De-icing supervizor odhadovaný čas délky odmrazování (EDIT), následně určí ŘLP odhadovaný čas

obsazení a uvolnění odmrazovacího stání EDIS a EDIF. Poté oznámí De-icing supervizor skutečný čas obsazení a uvolnění odmrazovacího stání. (24) Obrázek 8 zobrazuje schéma plánování na DA1, 2, 3 a 6.



Obrázek 8 Logika plánování odmrazování na DA1,2, 3 a 6
Zdroj: Směrnice A-CDM (24)

Oproti tomu na DA4 a 5 oznámí De-icing supervizor odhadovanou dobu, po kterou bude prováděno odmrazování, včetně přesunu. ŘLP poté určí předpokládaný čas zahájení a ukončení odmrazování a následně De-icing supervizor oznámí skutečný čas zahájení a ukončení odmrazování. (24) Schéma je zobrazeno na následujícím Obrázek 9.



Obrázek 9 Logika plánování odmrazování na DA4 a 5
Zdroj: Směrnice A-CDM (24)

6.3 Odmrazovací zařízení na LKPR

Na letišti Praha/Ruzyně se v současné době využívají necentralizovaná a odlehlá odmrazovací zařízení. Zařízení jsou rozdělena mezi handlingové společnosti, které spolu mohou spolupracovat a rozdělovat si práci.

Nynější infrastruktura odmrazovacích zařízení na LKPR se skládá z De-icing area 1 na TWY Z před RWY 24, De-icing area 2 na TWY Z na úrovni TWY AA, De-icing area 3 na TWY AA, De-icing area 4 v prostoru stání 50 a 51 na odbavovací ploše SEVER, De-icing area 5 v prostoru stání 58 na odbavovací ploše SEVER a De-icing area 6 v prostoru stání 62 a 63 na odbavovací ploše SEVER. V mimořádných případech lze využít i TWY J na úrovni stání 53 a 54, odbavovací plochu VÝCHOD a prostor stání S1-S9 na odbavovací ploše JIH. Tabulka 3 znázorňuje kapacitu a provozní omezení na De-icing areas 1-6. (23)

Odmrazovací zařízení	Počet odmrazovacích stání	Maximální rozpětí křídel (m)	Maximální délka trupu (m)
De-icing area 1	1	65	-
De-icing area 2	1	80	-
De-icing area 3	1	52	-
De-icing area 4	3	36/36/52	-/-/55
De-icing area 5	3	65/36/36	71/-/-
De-icing area 6	2	36/36	39/50

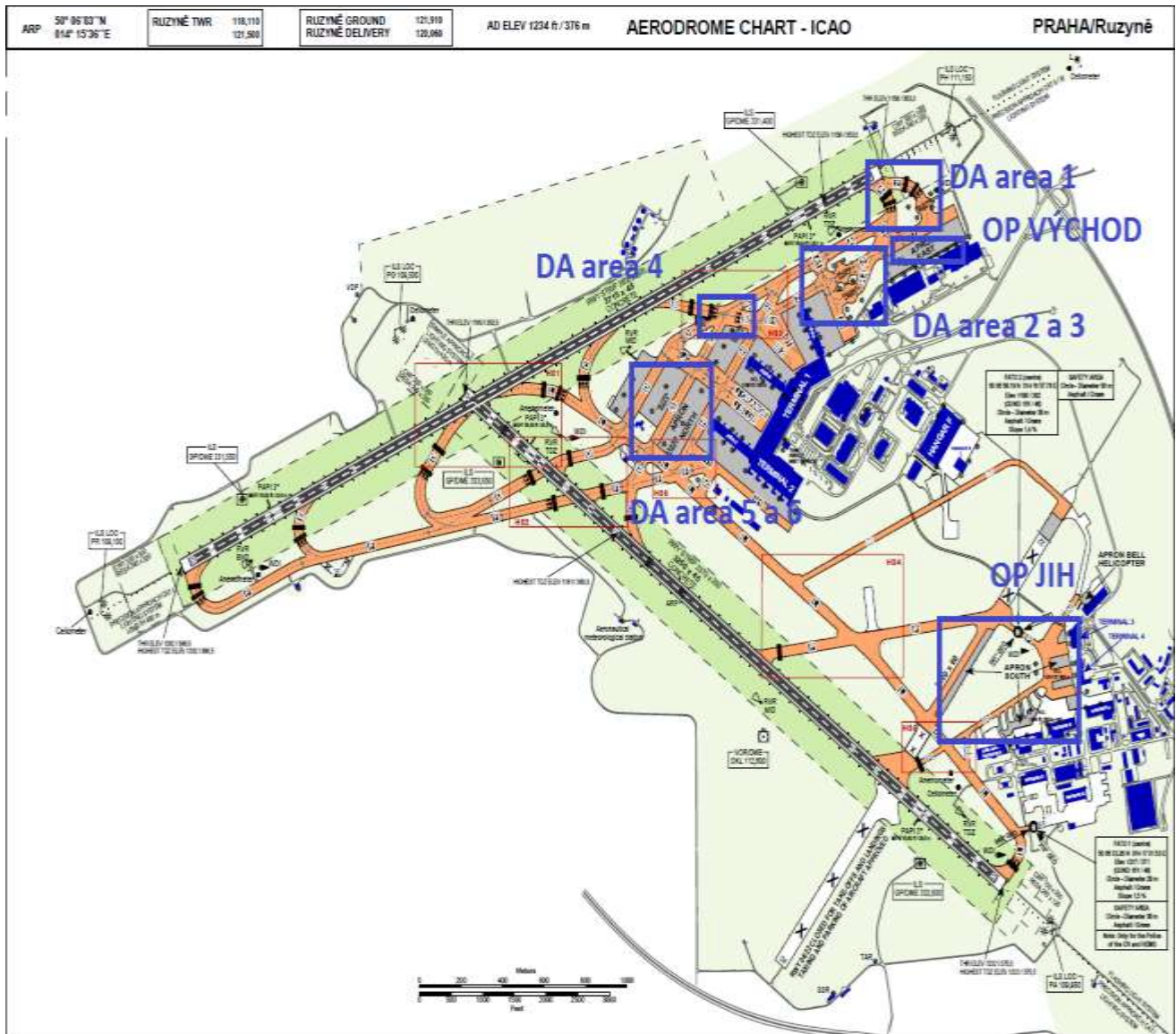
Tabulka 3 Přehled odmrazovacích/protinámrazových zařízení na LKPR

Zdroj: Vlastní tvorba dle směrnice LP-SM-009F/2011 (23)

TWY J se využívá pouze v mimořádných případech a v daném úseku je možno odmrazovat pouze jedno letadlo, s maximálním rozpětím křídel 36 m a délkou trupu 44,5 m, v daný čas. Na odbavovací ploše VÝCHOD je možno odmrazovat letadla přímo na odbavovacích stáních a primárně se zde odmrazují letadla, která zde byla odbavena. V případě obsazených ostatních stání je však možné odmrazovat na této ploše i letadla, která zde odbavena nebyla. Odbavovací plocha JIH je omezena pouze pro letadla o maximální vzletové hmotnosti do 13 000 kg. Plocha se využívá jen v mimořádných případech, letadlům je doporučeno přejet za účelem odmrazení do areálu SEVER. (23)

Přehled protinámrazových zařízení v areálu letiště Praha/Ruzyně je znázorněn na Obrázek 10.

Organizace provádějící odmrazování letadel na letišti Praha/Ruzyně jsou Czech GH, s.r.o., Czech Airlines Handling, a.s. a Menzies Aviation (Czech), s.r.o.

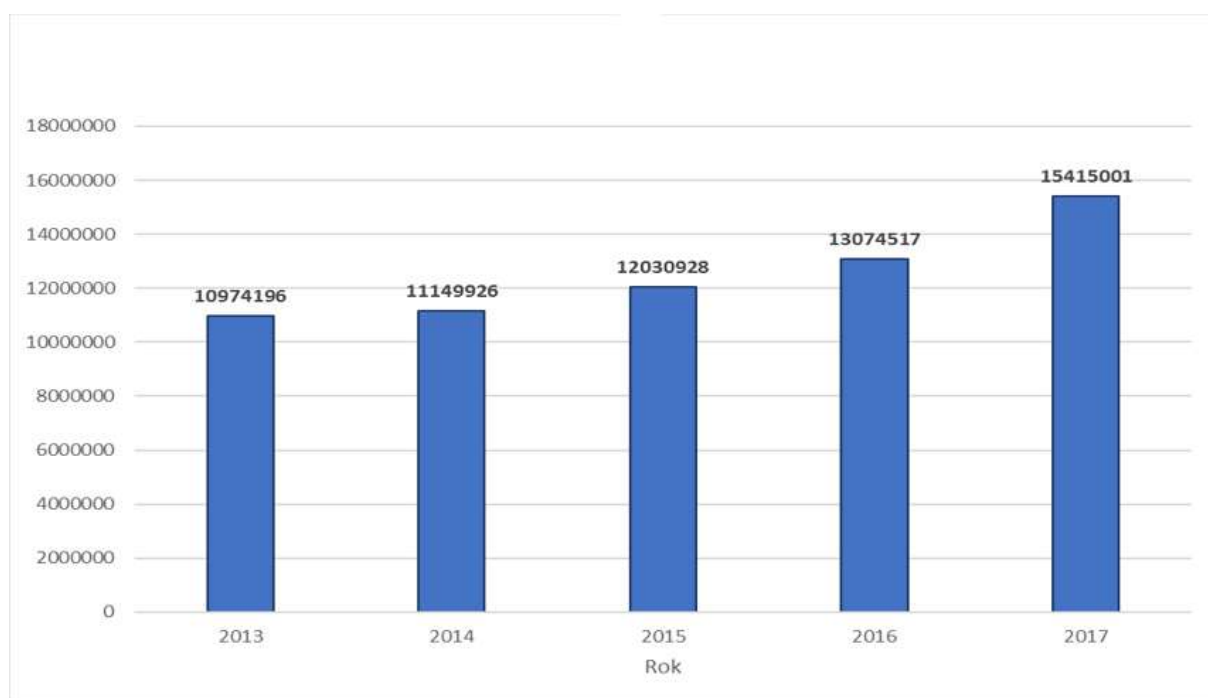


Obrázek 10 Rozmístění odmrazovacích/protinámrazových zařízení na LKPR
Zdroj: AIP (25)

7 Analýza budoucího stavu

Letiště Václava Havla Praha zaznamenalo v minulých letech rostoucí trend v počtu odbavených cestujících ročně. V roce 2017 dokonce dosáhlo rekordního nárůstu o 17,9 %. Časopis runway ve svém výročním speciálu napsal „*Význam a využití letecké dopravy pro přepravu cestujících neustále roste a letecký provoz v Evropě se má podle aktuálních prognóz v následujících 20 letech zdvojnásobit. Dnes Češi v průměru realizují 0,58 zahraničních cest ročně, z toho 40 % jich vycestuje letecky. V důsledku zvyšování životní úrovně lze ovšem předpokládat, že se toto číslo do 20 let navýší na 1,24 výjezdů na osobu a v kontextu celkového nárůstu letecké dopravy se kapacitní nároky Letiště Václava Havla Praha významně zvýší.*“ (21)

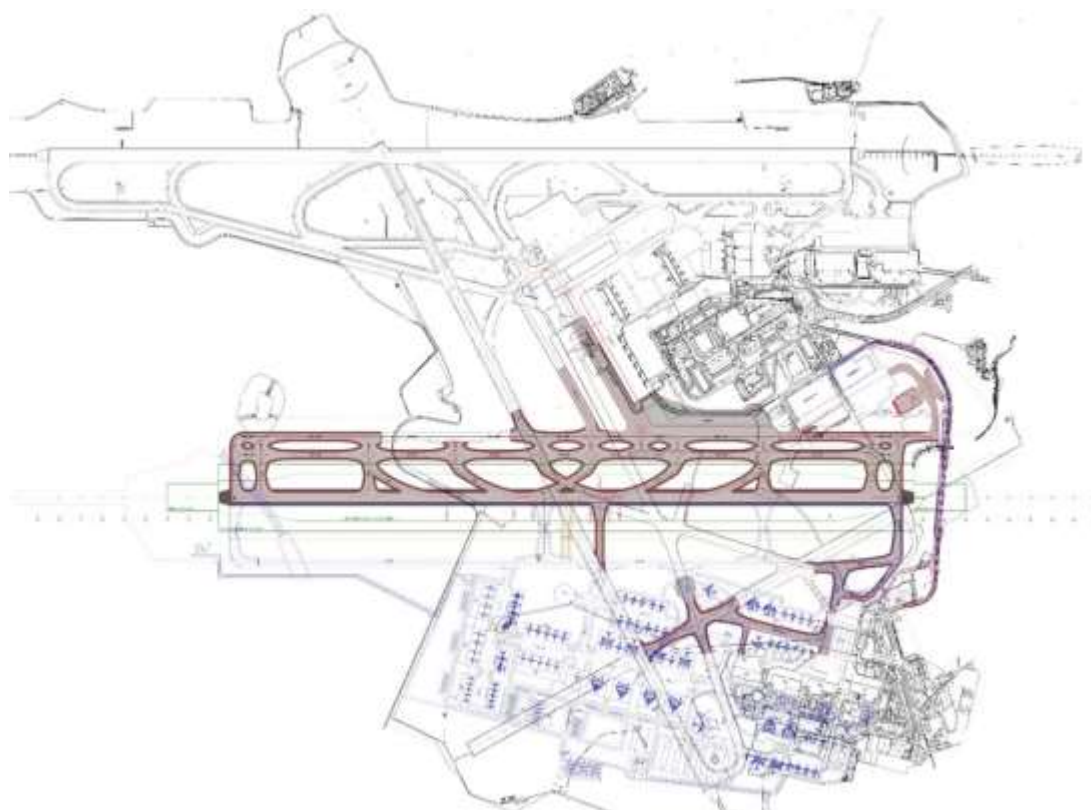
S rostoucím trendem je tedy plánován rozvoj pražského letiště. Je v plánu rozšíření Terminálu 2, které by mělo zvýšit kapacitu letiště na 21 milionů odbavených cestujících ročně, ve vzdálenější budoucnosti až na 28 milionů odbavených cestujících ročně. To se samozřejmě pojí i s rozšířením odbavovacích míst, dráhového systému a letištních služeb. (21) Statistika růstu počtu odbavených cestujících je znázorněna na následujícím Obrázek 11.



Obrázek 11 Vývoj počtu odbavených cestujících na letišti Praha za posledních 5 let
Zdroj: Letiště Praha a.s. (18)

7.1 Dráha 06R/24L

Dráhový systém na letišti Praha/Ruzyně se za posledních 50 let téměř nezměnil. Jelikož se do budoucna plánuje celková expanze letiště, je z důvodu efektivního navýšení kapacity letiště třeba přizpůsobit i dráhový systém. Z toho důvodu plánuje letiště rozšířit dráhový systém o RWY 06R/24L, která bude paralelní k dnešní RWY 06/24 (po rozšíření 06L/24R). Dráha bude postavena na místě dnešní RWY 04/22, která je mimo provoz a slouží pouze jako odstavná plocha pro parkování letadel. (18) Situace dráhového systému s novou paralelní drahou je zobrazena na Obrázek 12.



*Obrázek 12 Plánovaný systém paralelních drah na LKPR
Zdroj: Odborné konzultace na LKPR (3)*

Hlavním přínosem paralelního systému je zvýšení celkové kapacity pohybů (vzletů a přistání), což povede k uspokojování poptávky po letecké dopravě v budoucnu. Využívání dvou paralelních drah bude mít také pozitivní vliv na životní prostředí a utlumení provozu na RWY 12/30, které přinese snížení hlukového zatížení Kladenska a Prahy. (18)

Dle plánů letiště Praha bude RWY 06R/24L vzdálená od RWY 06L/24R 1525 m, aby mohl být zajištěn provoz na obou drahách současně. Vozovka dráhy, a stejně tak i technické vybavení, budou přizpůsobeny tak, aby vyhovovaly i kritickým typům letadel, což jsou například Airbus A380 nebo Boeing B747. V Tabulka 4 jsou znázorněny vyhlášené délky RWY 06R/24L (19)

Vyhlášené délky RWY	TORA (m)	TODA (m)	ASDA (m)	LDA (m)
06L	3100	3160	3100	3100
24R	3100	3160	3100	3100

*Tabulka 4 Vyhlášené délky RWY 06R/24L
Zdroj: Vlastní tvorba dle odborných konzultací na LKPR (3)*

7.2 Změna v užívání odmrazovacích zařízení

Jelikož je nynější infrastruktura odmrazovacích zařízení přizpůsobena současnému provozu, bude třeba ji rozšířit a přizpůsobit provozu budoucímu. Jedním z hlavních problémů dnešní infrastruktury je příliš velká vzdálenost běžně užívaných odmrazovacích zařízení a především malá kapacita, která by nevyhovovala budoucí kapacitě RWY 06R/24L a 06L/24R. (19)

V budoucnu dojde k výstavbě zcela nového odmrazovacího zařízení, úpravě a rozšíření dnes využívaných odmrazovacích zařízení a zrušení odmrazovacích ploch, které jsou využívány jen v mimořádných případech. Do roku 2025 se plánuje úprava nynější DA2 a 3 a počátek výstavby centrálního odmrazovacího stání, což bude stěžejní prvek odmrazovací infrastruktury po vybudování paralelní dráhy. V době provozu paralelního systému drah by se odmrazovací infrastruktura měla skládat z DA1, která bude oproti dnešní podobě přestavena a rozšířena, upravená DA2 a 3 a již hotové centrální odmrazovací stání. Oproti tomu bude zrušena DA4, 5 a 6 a odmrazování na OP VÝCHOD, OP JIH a TWY J. (3)

7.3 Centrální odmrazovací stání (COS)

Centrální odmrazovací stání bude nejdůležitějším prvkem odmrazovací infrastruktury v systému paralelních drah. COS bude situováno za západním okrajem odbavovací plochy C3 v areálu SEVER. COS je určeno pro odmrazování letů z RWY 06L, 06R a 24L, vzhledem k velké vzdálenosti DA1, 2 a 3 a těchto drah. Účelem tohoto stání je zkrácení pojížděcích dob po odmrazení, zvýšení kapacity odmrazování a možnost odmrazovat více letadel kódového písmene F, případně E a D. Mimo zimní sezónu bude COS sloužit jako odbavovací stání dopravních letadel. (26)

S výstavbou COS je také spjata výstavba nových pojížděcích drah za účelem zajištění plynulého provozu a efektivnosti v novém dráhovém systému. COS je plánováno ve tvaru obdélníku o rozměrech 113,5 m x 103,25 m. Všechna navržená stání jsou průjezdná, situovaná vedle sebe v jedné řadě kolmo na osu přilehlých pojížděcích drah. Místa mezi stáními budou dostačující pro pohyb obslužných vozidel. Na ploše je navrženo jedno odmrazovací stání pro letadla kódového písmene F, případně letadel kódového písmene E nebo D. Alternativně může být stání využito

pro odmrazování dvou letadel kódového písmene C ve stejný čas. (26) COS, společně s budoucími DA1,2 a 3 jsou zobrazeny na Obrázek 13.



*Obrázek 13 Vize budoucí infrastruktury odmrazovacích/protinámrazových zařízení
Zdroj: Odborné konzultace na LKPR (3)*

8 Zpracování meteorologických dat

K posouzení rizika letecké nehody způsobené nedostatečným odmrazením, o kterém pojednává Kapitola 10, je potřeba znát meteorologická data. Statistika výskytu meteorologických podmínek způsobující nutnost odmrazení letadla je proto nutnou součástí této práce. Letiště Praha/Ruzyně má zpracovaná data za období mezi lety 2005-2010. Vzhledem k důležitosti práce s aktuálními daty je nezbytnou součástí této studie zpracování veškerých dostupných dat z meteorologické stanice letiště Praha/Ruzyně, tedy až do roku 2015.

Podstatné meteorologické jevy jsou ty, které způsobují kontaminaci povrchu letadla. Tyto jevy jsou mimo jiné uvedeny v HOT tabulkách. Závažnost námrazy se liší podle typu srážek a teploty okolí. Vzhledem k nepatrnému výskytu srážek s $t < -14^{\circ}\text{C}$, které se v rámci HOT v případě sněžení neliší od $t < -3^{\circ}\text{C}$ a v kombinaci s mrznoucí mlhou se vyskytly za 4 roky pouze dvakrát, jsem tyto kombinace přiřadil ke sněhu, nebo mrznoucí mlze s $t \leq -3^{\circ}\text{C}$. Závažnost námrazy se bude dělit na námrazové jevy s okolní teplotou $T \leq -3^{\circ}\text{C}$ a $T > -3^{\circ}\text{C}$. Ve zprávách METAR a SPECI se teplota okolí kóduje společně s rosným bodem a ve stupních Celsia. Písmenem M před číselnou hodnotou se značí záporná teplota. Například M02/03 znamená teplotu okolí -2°C a momentální rosný bod 3°C .

S teplotou se porovnává druhý důležitý parametr, což je druh srážek či meteorologického jevu. Patří mezi ně mrznoucí mlha, mrznoucí mrholení, sníh a mrznoucí déšť. Způsob kódování počasí ve zprávách METAR/SPECI zobrazuje následující Tabulka 5.

Kódování se tvoří kombinacemi ze sloupců 1-5. Důležité jsou tedy kombinace FZFG (mrznoucí mlha), FZDZ (mrznoucí mrholení), SN (sníh) a FZRA (mrznoucí déšť). Výskyt SG (sněhová zrna), SHSN (sprcha sněhu) a SNRA (déšť se sněhem) jsem zohlednil společně se sněhem, neboť se v tabulce HOT řadí do stejné kategorie.

QUALIFIER		WEATHER PHENOMENA							
INTENSITY OR PROXIMITY	DESCRIPTOR	PRECIPITATION		OBSCURATION		OTHER			
1	2	3		4		5			
-	Light	MI	Shallow	DZ	Drizzle	BR	Mist	PO	Dust/Sand Whirls
	Moderate	PR	Partial	RA	Rain	FG	Fog	SQ	Squalls
+	Heavy	BC	Patches	SN	Snow	FU	Smoke	FC	Funnel Cloud, Tornado or Waterspout ⁴
VC	In the Vicinity	DR	Low Drifting	SG	Snow Grains	VA	Volcanic Ash	SS	Sandstorm
		BL	Blowing	IC	Ice Crystals (Diamond Dust)	DU	Widespread Dust	DS	Duststorm
		SH	Shower(s)	PL	Ice Pellets	SA	Sand		
		TS	Thunderstorms	GR	Hail	HZ	Haze		
		FZ	Freezing	GS	Small Hail and/or Snow Pellets	PY	Spray		
				UP	Unknown Precipitation				

Tabulka 5 Kódování meteorologických jevů
Zdroj: Aviation Weather Service (12)

Statistiky za období zima 2011-2012, 2012-2013, 2013-2014, 2014-2015 jsou uvedeny v příloze a celkové shrnutí je uvedeno v Tabulka 6.

Absolutní výskyt	Nov11-14	Dec11-14	Jan12-15	Feb12-15	Mar12-15	AVG 2011-2015
SN(SG,SHSN,SNRA), T>-3°C	43	232	372	234	147	1028
SN(SG,SHSN,SNRA), T<=-3°C	0	93	286	296	91	766
FZDZ, T>-3°C	7	29	4	23	0	63
FZDZ, T<=-3°C	0	0	28	0	0	28
FZFG, T>-3°C	184	55	11	2	12	264
FZFG, T<=-3°C	80	76	24	0	5	185
FZRA, T>-3	1	23	3	6	0	33
SUMA	315	508	728	561	255	2367
Počet případů	5760	5952	5952	5376	5952	28992
Relativní výskyt (%)	Nov11-14	Dec11-14	Jan12-15	Feb12-15	Mar12-15	AVG 2011-2015
SN(SG,SHSN,SNRA), T>-3°C	0,75	3,90	6,25	4,35	2,47	3,55
SN(SG,SHSN,SNRA), T<=-3°C	0,00	1,56	4,81	5,51	1,53	2,64
FZDZ, T>-3°C	0,12	0,49	0,07	0,43	0,00	0,22
FZDZ, T<=-3°C	0,00	0,00	0,47	0,00	0,00	0,10
FZFG, T>-3°C	3,19	0,92	0,18	0,04	0,20	0,91
FZFG, T<=-3°C	1,39	1,28	0,40	0,00	0,08	0,64
FZRA, T>-3	0,02	0,39	0,05	0,11	0,00	0,11
SUMA	5,47	8,53	12,23	10,44	4,28	8,16

Tabulka 6 Statistika ze zpráv METAR, období zima 2011-2015

Zdroj: Vlastní tvorba

Ze statistiky je zřejmé, že jevy tvořící námrazu se vyskytovaly v 8,16 % za období zima 2011-2015. Bez ohledu na teplotu má největší podíl na námrazových jevech sníh, na druhém místě mrznoucí mlha, poté mrznoucí mrholení a nejmenší podíl má mrznoucí déšť. Statistika procentuálního výskytu a přibližného výskytu jevů v hodinách je uvedena v Tabulka 7.

Výskyt jevů	Celkový podíl zima 2011-2015 (%)	Podíl v námrazových jevech (%)	Přibližný počet výskytu (h)
SN	6,19	75,9	1794,60
FZDZ	0,32	3,9	92,77
FZFG	1,55	18,9	449,38
FZRA	0,11	1,3	31,90
Celkem	8,16	100	2365,75

Tabulka 7 Procentuální a hodinový výskyt počasí způsobující námrazu

Zdroj: Vlastní tvorba

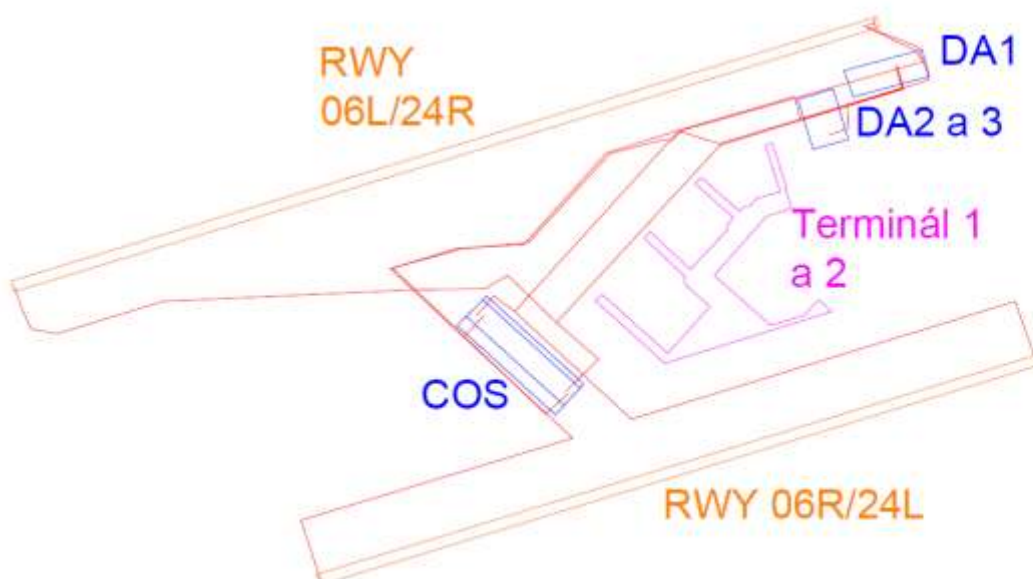
9 Doby pojiždění v rámci Holdover Time

Důležitým aspektem je porovnání pojižděcích dob letadel s Holdover Time. Vzhledem k tomu, že HOT je podle tabulek pouze odhadovaná, intervalová hodnota a nedá se přesně určit, je třeba alespoň přibližně stanovit, v jakých mezích HOT se pojižděcí doby nachází. Doby pojiždění je třeba určit z COS a DA2 a 3. Vzhledem k tomu, že DA1 je určena výhradně pro RWY 24R, nejsou pojižděcí doby z tohoto odmrazovacího/protinámrazového zařízení brány v potaz.

9.1 Výpočet pojižděcích dob

Doba pojiždění z odmrazovacího stání na prahy drah je závislá na rychlosti pojiždění letadel a vzdálenosti podle vzorce $t = \frac{v}{s}$, kde t je doba pojiždění, v rychlost letadla a s vzdálenost.

Dle informací, získaných z konzultace na letišti Praha a.s., je průměrná rychlost letadel při pojiždění 7,72 m/s. Vzdálenost odmrazovacích stání a prahů drah jsem získal pomocí měření v programu AutoCAD. Z důvodu přísných nároků pro zajištění provozní bezpečnosti jsou brány v úvahu nejdelší vzdálenosti. Mapa, na které jsou znázorněny pojižděcí trasy, je zobrazena na Obrázek 14.



Obrázek 14 Zobrazení nejdelších pojižděcích tras v rámci paralelního dráhového systému
Zdroj: Vlastní tvorba

Přehled změřených vzdáleností je zobrazen v Tabulka 8.

Pojíždění z DA 2 a 3	Nejdelší vzdálenost (m)
24 R	948
24 L	4780
06 R	5150
06 L	4510
Pojíždění z COS	Nejdelší vzdálenost (m)
24 R	3890
24 L	2890
06 R	2240
06 L	2990

*Tabulka 8 Délky nejdelších pojížděcích tras z DA2, 3 a COS
Zdroj: Vlastní tvorba*

Kromě výpočtu dob pojíždění z již uvedeného vzorce je třeba rozdělit pojížděcí doby podle velikosti letadel. Další důležitou informací získanou z konzultace na letišti Praha je průměrná doba odmrazování letadel. Ta činí 8 minut pro letadla kódového písmene C a 20 minut pro letadla kódového písmene E/F. Tuto dobu je třeba přičíst k času pojíždění letadel dle odpovídající kapacity, kvůli následnému porovnání s HOT. Pojížděcí doby jsou uvedeny v Tabulka 9.

Pojíždění z DA 2 a 3	Doba pojíždění k.p.C	Doba pojíždění k.p. E/F
24 R	10:02	22:02
24 L	18:19	30:19
06 R	19:07	31:07
06 L	17:44	29:44
Pojíždění z COS	Doba pojíždění k.p.C	Doba pojíždění k.p. E/F
24 R	16:23	28:23
24 L	14:14	26:14
06 R	12:50	24:50
06 L	14:27	26:27

*Tabulka 9 Pojížděcí doby z DA2, 3 a COS
Zdroj: Vlastní tvorba*

9.2 Porovnání pojížděcích dob s Holdover Time

Jestliže jsou známy pojížděcí doby, lze určit, zda budou letadla zvládat včas pohyby mezi odmrazovacími stání a prahy drah v rámci HOT. Opět je potřeba rozlišit letadla podle kapacity, kvůli rozdílné době pojíždění. HOT je interval, proto je třeba brát v potaz minimální a maximální hodnotu. Výsledkem jsou doby, které zbývají do vypršení HOT, případně jsou červeně znázorněny doby, o kolik byl HOT překročen. Porovnání pojížděcích dob s HOT z COS znázorňuje Tabulka 10, z DA2 a 3 jsou hodnoty zobrazeny v Tabulka 11.

Pojezd z COS, k.p. C	SN(SG,SHS N,SNRA), T>-3°C	SN(SG,SHS N,SNRA), T<=-3°C	FZDZ, T>-3°C	FZDZ, T<=-3°C	FZFG, T>-3°C	FZFG, T<=-3°C	FZRA, T>-3	Děšť na studených namočených křídlech
Maximální HOT	0:45:00	0:30:00	0:55:00	0:45:00	1:30:00	1:05:00	0:30:00	0:40:00
24 R	0:28:37	0:13:37	0:38:37	0:28:37	1:13:37	0:48:37	0:13:37	0:23:37
24 L	0:30:46	0:15:46	0:40:46	0:30:46	1:15:46	0:50:46	0:15:46	0:25:46
06 R	0:32:10	0:17:10	0:42:10	0:32:10	1:17:10	0:52:10	0:17:10	0:27:10
06 L	0:30:33	0:15:33	0:40:33	0:30:33	1:15:33	0:50:33	0:15:33	0:25:33
Minimální HOT	0:20:00	0:15:00	0:30:00	0:20:00	0:35:00	0:20:00	0:15:00	0:05:00
24 R	0:03:37	-0:01:23	0:13:37	0:03:37	0:18:37	0:03:37	-0:01:23	-0:11:23
24 L	0:05:46	0:00:46	0:15:46	0:05:46	0:20:46	0:05:46	0:00:46	-0:09:14
06 R	0:07:10	0:02:10	0:17:10	0:07:10	0:22:10	0:07:10	0:02:10	-0:07:50
06 L	0:05:33	0:00:33	0:15:33	0:05:33	0:20:33	0:05:33	0:00:33	-0:09:27
Pojezd z COS, k.p. E/F	SN(SG,SHS N,SNRA), T>-3°C	SN(SG,SHS N,SNRA), T<=-3°C	FZDZ, T>-3°C	FZDZ, T<=-3°C	FZFG, T>-3°C	FZFG, T<=-3°C	FZRA, T>-3	Děšť na studených namočených křídlech
Maximální HOT	0:45:00	0:30:00	0:55:00	0:45:00	1:30:00	1:05:00	0:30:00	0:40:00
24 R	0:16:37	0:01:37	0:26:37	0:16:37	1:01:37	0:36:37	0:01:37	0:11:37
24 L	0:18:46	0:03:46	0:28:46	0:18:46	1:03:46	0:38:46	0:03:46	0:13:46
06 R	0:20:10	0:05:10	0:30:10	0:20:10	1:05:10	0:40:10	0:05:10	0:15:10
06 L	0:18:33	0:03:33	0:28:33	0:18:33	1:03:33	0:38:33	0:03:33	0:13:33
Minimální HOT	0:20:00	0:15:00	0:30:00	0:20:00	0:35:00	0:20:00	0:15:00	0:05:00
24 R	-0:08:23	-0:13:23	0:01:37	-0:08:23	0:06:37	-0:08:23	-0:13:23	-0:23:23
24 L	-0:06:14	-0:11:14	0:03:46	-0:06:14	0:08:46	-0:06:14	-0:11:14	-0:21:14
06 R	-0:04:50	-0:09:50	0:05:10	-0:04:50	0:10:10	-0:04:50	-0:09:50	-0:19:50
06 L	-0:06:27	-0:11:27	0:03:33	-0:06:27	0:08:33	-0:06:27	-0:11:27	-0:21:27

Tabulka 10 Porovnání maximální a minimální hodnoty HOT s pojížděcími doby z COS dle kapacit
Zdroj: Vlastní tvorba

Z tabulky je zřejmé, že v případě maximální hodnoty HOT je možný neomezený provoz z COS pro všechny kapacity. Naopak v případě minimální hodnoty HOT je u letadel kódového písmene C v případě sněhu a mrznoucího deště omezit provoz mezi COS a RWY 24R a v případě Cold-soaked Wing efektu je třeba úplně přerušit provoz. U letadel kódového písmene E/F je možný neomezený provoz pouze v případech mrznoucího mrholení a mrznoucí mlhy s $t > -3^{\circ}\text{C}$, všechny ostatní případy neumožňují provoz ani na jedné RWY.

Pojezd z DA2 a 3, k.p. C	SN(SG,SHSN,SNRA), T>-3°C	SN(SG,SHSN,SNRA), T<=-3°C	FZDZ, T>-3°C	FZDZ, T<=-3°C	FZFG, T>-3°C	FZFG, T<=-3°C	FZRA, T>-3	Déšť na studených namočených křídlech
Maximální HOT	0:45:00	0:30:00	0:55:00	0:45:00	1:30:00	1:05:00	0:30:00	0:40:00
24 R	0:34:58	0:19:58	0:44:58	0:34:58	1:19:58	0:54:58	0:19:58	0:29:58
24 L	0:26:41	0:11:41	0:36:41	0:26:41	1:11:41	0:46:41	0:11:41	0:21:41
06 R	0:25:53	0:10:53	0:35:53	0:25:53	1:10:53	0:45:53	0:10:53	0:20:53
06 L	0:27:16	0:12:16	0:37:16	0:27:16	1:12:16	0:47:16	0:12:16	0:22:16
Minimální HOT	0:20:00	0:15:00	0:30:00	0:20:00	0:35:00	0:20:00	0:15:00	0:05:00
24 R	0:09:58	0:04:58	0:19:58	0:09:58	0:24:58	0:09:58	0:04:58	-0:05:02
24 L	0:01:41	-0:03:19	0:11:41	0:01:41	0:16:41	0:01:41	-0:03:19	-0:13:19
06 R	0:00:53	-0:04:07	0:10:53	0:00:53	0:15:53	0:00:53	-0:04:07	-0:14:07
06 L	0:02:16	-0:02:44	0:12:16	0:02:16	0:17:16	0:02:16	-0:02:44	-0:12:44
Pojezd z DA2 a 3, k.p. E/F	SN(SG,SHSN,SNRA), T>-3°C	SN(SG,SHSN,SNRA), T<=-3°C	FZDZ, T>-3°C	FZDZ, T<=-3°C	FZFG, T>-3°C	FZFG, T<=-3°C	FZRA, T>-3	Déšť na studených namočených křídlech
Maximální HOT	0:45:00	0:30:00	0:55:00	0:45:00	1:30:00	1:05:00	0:30:00	0:40:00
24 R	0:22:58	0:07:58	0:32:58	0:22:58	1:07:58	0:42:58	0:07:58	0:17:58
24 L	0:14:41	-0:00:19	0:24:41	0:14:41	0:59:41	0:34:41	-0:00:19	0:09:41
06 R	0:13:53	-0:01:07	0:23:53	0:13:53	0:58:53	0:33:53	-0:01:07	0:08:53
06 L	0:15:16	0:00:16	0:25:16	0:15:16	1:00:16	0:35:16	0:00:16	0:10:16
Minimální HOT	0:20:00	0:15:00	0:30:00	0:20:00	0:35:00	0:20:00	0:15:00	0:05:00
24 R	-0:02:02	-0:07:02	0:07:58	-0:02:02	0:12:58	-0:02:02	-0:07:02	-0:17:02
24 L	-0:10:19	-0:15:19	-0:15:19	-0:10:19	0:04:41	-0:10:19	-0:15:19	-0:25:19
06 R	-0:11:07	-0:16:07	-0:16:07	-0:11:07	0:03:53	-0:11:07	-0:16:07	-0:26:07
06 L	-0:09:44	-0:14:44	0:00:16	-0:09:44	0:05:16	-0:09:44	-0:14:44	-0:24:44

Tabulka 11 Porovnání maximální a minimální hodnoty HOT s pojižděcími doby z DA2 a 3 dle kapacit
Zdroj: Vlastní tvorba

Pojiždění z DA2 a 3 může v rámci maximálních hodnot HOT probíhat neomezeně ve všech případech, kromě pojezdů letadel kódového písmene E/F na RWY 24L a 06R za sněhu, kdy $t \leq -3^\circ\text{C}$, a mrznoucího deště, kdy je třeba provoz zakázat úplně. Z hlediska minimálních hodnot HOT je u letadel kódového písmene C třeba omezit provoz za sněhu, kdy $t \leq -3^\circ\text{C}$, a mrznoucího deště na RWY 24L, 06R a 06L. Za nastání Cold-soaked Wing efektu je třeba omezit provoz na všechny RWY u všech kapacit. Pro letadla kódového písmene E/F může být neomezený

provoz pouze v případech mrznoucí mlhy, kdy $t > -3^{\circ}\text{C}$, na všechny RWY. V případě mrznoucího mrhnutí, kdy $t > -3^{\circ}\text{C}$, je možný pro letadla k.p. E/F provoz pouze na RWY 24R a 06L.

10 Závěrečné posouzení

V kontextu letecké dopravy je provozní bezpečnost podle ICAO dokumentu 9859 definována jako stav, kdy pravděpodobnost újmy na zdraví osob či poškození majetku je snížena a udržována na nebo pod přijatelnou úroveň pomocí průběžného zjišťování a identifikace nebezpečí a řízení bezpečnostních rizik. (27) ICAO dokument 9859 slouží jako doporučení a škály hodnocení se mohou podle situace a potřeb společnosti lišit. V rámci této práce je tedy třeba určit, kdy bude zachována provozní bezpečnost provozu letadel při a po odmrazovacím procesu.

10.1 Řízení bezpečnostního rizika

Řízení bezpečnostního rizika lze rozdělit do tří fází. V první fázi probíhá zjištění či identifikace nebezpečí. Ve druhé fázi je třeba vyhodnotit a zmírnit případná rizika. Poslední fáze spočívá v posuzování účinnosti zmírnění rizika. Bezpečnostní riziko je třeba vnímat jako abstraktní pojem, jehož následek je ale fyzický. (27)

Nebezpečí je definováno jako okolnosti, či předmět, s potenciálem zapříčinit smrt, zranění osob, poškození zařízení nebo vybavení, ztrátu materiálu, nebo snížení schopnosti vykonávat předepsané a stanovené funkce nebo činnosti. V rámci letecké dopravy je nebezpečí zaměřeno na okolnosti, které mají za následek nebezpečný provoz letadel nebo užívaného vybavení, produktů a služeb. (27)

Riziko je možný výsledek uskutečnění nebezpečí. Aby se dalo riziko do jisté míry kalkulovat, lze jej chápat jako kombinaci pravděpodobnosti výskytu nebezpečné události a její závažnosti. Výsledkem je matice rizik. (27)

Pro zjištění či identifikaci nebezpečí existují tři metody. PRO-AKTIVNÍ, RE-AKTIVNÍ a PREDIKTIVNÍ. PRO-AKTIVNÍ metoda zjišťuje rizika na základě analýzy situací, procesů a neustálého vyhledávání nebezpečí v reálném čase. RE-AKTIVNÍ metoda vyšetřuje a analyzuje nebezpečí, která se již udála v minulosti. PREDIKTIVNÍ metoda naopak pomocí sběrů dat odhaduje potenciální nebezpečí, která by mohla nastat v budoucnu. (27)

Pravděpodobnost výskytu rizika určuje pravděpodobnost, četnost či frekvenci s jakou se uskuteční, případně uskutečnilo v minulosti. V matici vyhodnocení rizika nabývá hodnot 1-5. (27) Význam těchto hodnot je zobrazen v Tabulka 12.

Pravděpodobnost	Význam	Hodnota
Častá	Pravděpodobné, že se stane velmi často (stalo se často)	5
Občasná	Pravděpodobné, že se může občas stát (stalo se občas)	4
Časově vzdálená	Nepravděpodobné, ale možné, že se stane (stalo se zřídka)	3
Nepravděpodobná	Velmi nepravděpodobné, že by se stalo (nestalo se)	2
Extrémně nepravděpodobná	Téměř nemyslitelné, že by se stalo	1

*Tabulka 12 Klasifikace pravděpodobnosti rizika
Zdroj: Vlastní zpracování dle ICAO doc. 9859 (27)*

Vážnost rizika je definována jako rozsah nebo závažnost újmy, která vznikne jako následek nebezpečí. Vážnost by se měla určovat z hlediska největší možné újmy. V matici rizik je vážnost zobrazena pomocí písmen A-E. Význam členění vážnosti rizika je zobrazen v Tabulka 13. (27)

Vážnost	Význam	Hodnota
Katastrofická	Výsledkem je úmrtí nebo zničení vybavení	A
Nebezpečná	Rozsáhlé snížení míry bezpečnosti, snížení provozovatelovy schopnosti efektivního provozu, vážné zranění či poškození vybavení	B
Závažná	Významné snížení míry bezpečnosti, zhoršení provozovatelovy schopnosti vyrovnat se s nepříznivými provozními podmínkami, vážný incident nebo zranění osob	C
Méně závažná	Použití nouzových postupů, méně závažný incident	D
Zanedbatelná	Malé následky	E

*Tabulka 13 Klasifikace vážnosti rizika
Zdroj: Vlastní zpracování dle ICAO doc. 9859 (27)*

Matice hodnocení rizik stanovuje index rizika na základě vážnosti a pravděpodobnosti. Následně se určí tolerovatelnost rizika podle oblasti, ve které se riziko nachází. Matice je rozdělena do tří barevných oblastí. Červená je netolerovatelná a provoz v této oblasti by měl být zakázán. Žlutá oblast je tolerovatelná a provoz v této oblasti by měl být doprovázen opatřením pro snížení rizika na co nejmenší možnou úroveň. Často provoz v této oblasti zaleží na rozhodnutí managementu. Zelená oblast je přijatelná, kde jsou rizika nepravděpodobná nebo bez vážných následků. (27) Matice hodnocení rizik je zobrazena v Tabulka 14.

Pravděpodobnost rizika	Závažnost rizika				
	A	B	C	D	E
5	5A	5B	5C	5D	5E
4	4A	4B	4C	4D	4E
3	3A	3B	3C	3D	3E
2	2A	2B	2C	2D	2E
1	1A	1B	1C	1D	1E

*Tabulka 14 Matice hodnocení rizik
Zdroj: Vlastní zpracování dle ICAO doc. 9859 (27)*

10.2 Aplikování safety teorie v rámci této práce

Pro co nejpřesnější posouzení rizika letecké nehody způsobené nedostatečným odmrazením je třeba aplikovat znalosti z předchozí kapitoly. To znamená určit, v rámci problematiky této práce, nebezpečí a riziko. Je-li posuzována bezpečnost tak významné změny dráhového systému, jakou je nová paralelní dráha RWY, je třeba důkladně posoudit všechny aspekty. Jednoznačně zde vystupuje riziko významem převyšující všechna ostatní, tedy letecká nehoda na pohybové ploše. Nedostatečné odmrazení letadla je jednou z možných příčin letecké nehody a z velké části míří do oblasti odpovědnosti provozovatele letiště. Bezpečnostní posouzení se proto zaměřuje právě na část odpovědnosti provozovatele, tedy infrastrukturní návrh.

De-icing/Anti-icing je třeba, pokud došlo ke kontaminaci letadla nebo pokud hrozí, že k ní dojde před časem odletu. Pokud je letadlo kontaminované, ale nehrozí znovuvytvoření námrazy na letadle, provádí se pouze De-icing. Tato situace nastává, pokud bylo počasí způsobující námrazu v minulosti, ale nadále nepřetrvává. V tomto případě je třeba dbát na důkladnou prohlídku letadla a De-icing, přestože nejsou momentálně splněny podmínky způsobující námrazu. Anti-icing je třeba, hrozí-li kontaminace letadla při pojiždění. To se může stát jedině v případě, že jsou meteorologické podmínky způsobující námrazu splněny v reálném čase. De-icing i Anti-icing je třeba provést, pokud nastanou obě tyto situace najednou. Z toho lze usoudit, že nebezpečí nastává za splnění meteorologických podmínek vytvářejících námrazu. Dalším případem nebezpečí je špatné či nekvalitní odmrazení letadla. To může být důsledkem špatně proškoleného personálu nebo nekvalitního vybavení letiště. V tomto případě se dá nebezpečí kontrolovat pomocí řádného výcviku a údržby.

Při hledání rizik je třeba si uvědomit následky nebezpečí. V tomto případě následky počasí způsobujícího námrazu na provoz letadel. Jedním z příkladů je mrznoucí mlha, která snižuje

viditelnost a vytváří tak riziko RWY Incursion. Další příklad nebezpečí je mrznoucí déšť, jehož následkem je namrzlá vozovka. V tomto případě hrozí riziko události na letišti z důvodu nedostatečně odmrazené vozovky. Co ale spojuje všechny meteorologické podmínky způsobující námrazu je riziko nedostatečného odmrazení letadla, což se téměř jistě pojí s leteckou nehodou. Jelikož je účelem této práce posouzení rizika letecké nehody v důsledku nedostatečného odmrazení, bude se nadále zabývat pouze tímto rizikem.

10.3 Závěrečné posouzení rizika

Vzhledem k mnoha kombinacím meteorologických podmínek způsobující námrazu je třeba rozdělit nebezpečí, tedy rozdělit meteorologické podmínky způsobující námrazu podle druhu srážek a teploty, jak je tomu v HOT tabulkách. Dle statistiky ze zpráv METAR uvedené v kapitole 8 se nebezpečí vyskytovalo v 8,16 % za období zima 2011-2015.

V klasické metodice ICAO hodnocení by bylo riziko letecké nehody způsobené nedostatečným odmrazením letadla indexováno 1A v případě letecké nehody na RWY a 1B v případě letecké nehody na TWY či odbavovacích plochách. Z důvodu dostupnosti zpráv METAR a informací o budoucí infrastruktuře paralelního systému drah na LKPR je použita vlastní metodika hodnocení rizika. Takto vytvořená metoda zobrazuje širší škálu hodnocení a detailnější přehled o situaci při pojíždění na letištní infrastruktuře.

Pravděpodobnost rizika určuje doba pojíždění v porovnání s HOT, vycházející z tabulek v kapitole 9.2. V klasické metodice hodnocení je vždy pravděpodobnost jako extrémně nepravděpodobná. V této práci se však problematika řeší jinou metodou. Pravděpodobnost nedostatečného odmrazení je určena jako pravděpodobnost propadnutí HOT. Je třeba si uvědomit, že HOT je odhadovaná hodnota a nelze ji přesně určit. Pokud je pojížděcí doba letadla menší než minimální hodnota HOT, pravděpodobnost nedostatečného odmrazení je téměř nemyslitelná. Pokud se doba pojíždění vyskytuje v rámci intervalu HOT, lze přibližně odhadnout pravděpodobnost konce účinnosti protinámrazové kapaliny. Pokud pojížděcí doba letadla přesahuje maximální hodnotu HOT, je kontaminace letadla téměř jistá. Dle této úvahy byla stanovena pětistupňová škála pravděpodobností, jak uvádí Tabulka 15.

Pravděpodobnost rizika	Porovnání doby pojíždění s HOT
5	Pojížděcí doba > maximum HOT
4	Pojížděcí doba spíše k maximu HOT
3	Pojížděcí doba mezi minimem a maximem HOT
2	Pojížděcí doba spíše k minimu HOT
1	Pojížděcí doba < minimum HOT

*Tabulka 15 Pravděpodobnost rizika
Zdroj: Vlastní tvorba*

Určení závažnosti rizika se bude odvíjet od aktuálního počasí v daném čase. V klasické metodice je závažnost určena jako katastrofická v případě letecké nehody na vzletové a přistávací dráze a nebezpečná v případě letecké nehody na pojižděcí dráze či odbavovacích plochách. V metodice této práce se v případě uskutečnění rizika z pravděpodobnostního hlediska bude závažnost odvíjet od momentálních meteorologických podmínek. Zde se vychází ze znalostí meteorologie. Závažnost se bude zvyšovat podle rychlosti tvoření námrazy meteorologickým jevem a typu vytvořené námrazy. Tabulka 16 přiřazuje závažnost rizika meteorologickým jevům.

Závažnost	Meteorologický jev
A	Teploty pod -25°C
B	Děšť na studených namočených křídlech FZRA, $t < -3^{\circ}\text{C}$
C	FZRA, $t > -3^{\circ}\text{C}$ SN, $t < -3^{\circ}\text{C}$
D	SN, $t > -3^{\circ}\text{C}$ FZDZ $< -3^{\circ}\text{C}$ FZFG $< -3^{\circ}\text{C}$
E	FZFG $> -3^{\circ}\text{C}$ FZDZ $> -3^{\circ}\text{C}$

Tabulka 16 Závažnost rizika
Zdroj: Vlastní tvorba

Tabulka 17, Tabulka 18, Tabulka 19 a Tabulka 20 zobrazuje hodnocení a toleranci rizika nedostatečného odmrazení. Porovnává se provoz letadel z COS, DA2 a 3 pro kódová písmena C a E/F. Význam barev v tabulce je stejný, jako v klasické ICAO metodice hodnocení rizik. Červená pole značí netolerovatelný stav, žlutá tolerovatelný a zelená bezpečný.

Pojezd z COS, k.p. C	SN, $T > -3^{\circ}\text{C}$	SN, $T \leq -3^{\circ}\text{C}$	FZDZ, $T > -3^{\circ}\text{C}$	FZDZ, $T \leq -3^{\circ}\text{C}$	FZFG, $T > -3^{\circ}\text{C}$	FZFG, $T \leq -3^{\circ}\text{C}$	FZRA, $T > -3$	Děšť na studených namočených křídlech
24 R	1D	2C	1E	1D	1E	1D	2C	2B
24 L	1D	1C	1E	1D	1E	1D	1C	2B
06 R	1D	1C	1E	1D	1E	1D	1C	2B
06 L	1D	1C	1E	1D	1E	1D	1C	2B

Tabulka 17 Pojiždění z COS letadel k.p. C na RWY 06L/24R a 06R/24L
Zdroj: Vlastní tvorba

Pojezd z COS, k.p. E/F	SN, T>-3°C	SN, T<=-3°C	FZDZ, T>-3°C	FZDZ, T<=-3°C	FZFG, T>-3°C	FZFG, T<=-3°C	FZRA, T>-3	Děšť na studených namočených křídlech
24 R	3D	4C	1E	3D	1E	2D	4C	3B
24 L	2D	4C	1E	2D	1E	2D	4C	3B
06 R	2D	3C	1E	2D	1E	2D	3C	3B
06 L	2D	4C	1E	2D	1E	2D	4C	3B

Tabulka 18 Pojiždění COS letadel k.p. E/F na RWY 06L/24R a 06R/24L

Zdroj: Vlastní tvorba

Pojezd z DA2 a 3, k.p. C	SN, T>-3°C	SN, T<=-3°C	FZDZ, T>-3°C	FZDZ, T<=-3°C	FZFG, T>-3°C	FZFG, T<=-3°C	FZRA, T>-3	Děšť na studených namočených křídlech
24 R	1D	1C	1E	1D	1E	1D	1C	2B
24 L	1D	2C	1E	1D	1E	1D	2C	2B
06 R	1D	2C	1E	1D	1E	1D	2C	2B
06 L	1D	2C	1E	1D	1E	1D	2C	2B

Tabulka 19 Pojiždění z DA2 a 3 letadel k.p. C na RWY 06L/24R a 06R/24L

Zdroj: Vlastní tvorba

Pojezd z DA2 a 3, k.p. E/F	SN, T>-3°C	SN, T<=-3°C	FZDZ, T>-3°C	FZDZ, T<=-3°C	FZFG, T>-3°C	FZFG, T<=-3°C	FZRA, T>-3	Děšť na studených namočených křídlech
24 R	2D	3C	1E	2D	1E	2D	3C	3B
24 L	3D	5C	2E	3D	1E	2D	5C	4B
06 R	3D	5C	2E	3D	1E	2D	5C	4B
06 L	3D	4C	1E	3D	1E	2D	4C	4B

Tabulka 20 Pojiždění z DA2 a 3 letadel k.p. E/F na RWY 06L/24R a 06R/24L

Zdroj: Vlastní tvorba

Z tabulky je zřejmé výsledné hodnocení rizik. V tolerovatelných oblastech je třeba omezit provoz a v nepřijatelných oblastech je nutné provoz zakázat. Po porovnání informací vyplývajících z tabulek s odhadem z Kapitoly 9.2 je třeba konstatovat, že identifikace nebezpečí a rizik je daleko přesnější metoda.

Při porovnání výsledku hodnocení rizik a statistického výskytu meteorologických jevu způsobujících námrazu je třeba zakázat provoz z DA2 a 3 na RWY 24L a 06R celkem v 2,75 % za zimní období 2011-2015, což představuje zhruba 516 hodin. Vzhledem k tomu, že je toto odmrazovací/protinámrazové zařízení určeno pro RWY 24R, je zákaz přijatelný a nebude mít vliv na provoz letiště.

Jestliže bylo letadlo nekvalitně odmrazeno z důvodu zanedbání GHA (špatně proškolený personál, nekvalitní či porouchané vybavení), je kontaminace letadla jistá, tudíž se hodnocení shoduje s metodikou ICAO jako 1A na RWY a 1B na TWY či odbavovací ploše. Jako prevence tohoto nebezpečí musí být personál kvalitně a pravidelně školen a navíc je potřeba udržovat vybavení letiště sloužící k odmrazování v dobrém stavu.

11 Závěr

Zimní období je spojeno s mrazy a chladným počasím. Toto počasí komplikuje provoz v mnoha odvětvích po celém světě a letiště nejsou výjimkou. Stejně jako kdekoli jinde, i na letišti představuje mráz snížení efektivity provozu. Důvodem jsou ztížené podmínky pro provoz a s tím spojené náklady na vybavení, údržbu a zaměstnance. Jedním z aspektů ztěžující tyto podmínky je námraza tvořící se na letadlech, která v praxi představuje hrozbu s katastrofickými následky v podobě letecké nehody. Z toho důvodu je třeba letadlo před vzletem důkladně odmrazit a zajistit, aby do času vzletu nenamrzlo. K tomu je důležité vhodně vyřešit vybavení letiště, navrhnout infrastrukturu odmrazovacích zařízení a proškolit zaměstnance.

V dnešním provozu na letišti Praha/Ruzyně vše funguje na co nejvyšší úrovni provozní bezpečnosti. Do budoucna se plánuje nový paralelní dráhový systém, který letištní infrastrukturu značně změní. V práci byla analyzována současná i budoucí situace infrastruktury a s ní spojené pojiždění letadel z odmrazovacích stání na prahy drah. Následně byly vypočítány přibližné doby pojiždění letadel dle kapacity a porovnány s Holdover Time protinámrazových kapalin za účelem zjištění jeho možného propadnutí. Dále bylo třeba analyzovat stav počasí. K tomu byly v práci zpracovány data z letištní meteorologické stanice METAR za období 2010-2015. V poslední řadě bylo třeba určit závažnost a pravděpodobnost rizika letecké nehody z důvodu nedostatečného odmrazení letadla. K tomu byly použity data pojižděcích dob a data z letištní meteorologické stanice METAR.

Proces odmrazování probíhá na odmrazovacích zařízeních. Ty jsou strategicky rozmístěny po letišti. Důvodem je nutnost co nejkratší doby pojiždění z odmrazovacích zařízení na prahy drah. Míra odmrazení a použitá procedura závisí na počasí a s ním spojeným druhem námrazy. Existuje one-step De-icing a two-step De-icing, který je doprovázen Anti-icingem. Počátek HOT se liší podle metody a je třeba s tím počítat, neboť na správném počátku HOT závisí efektivní provedení celého procesu. Pokud jsou letadla kvalitně odmrazována, nedochází k překračování HOT a k nepředvídatelným situacím nebezpečí, může provoz na letišti fungovat při zachování vysoké úrovně provozní bezpečnosti i v zimním období.

V budoucím systému paralelních drah je stěžejní prvek odmrazovací infrastruktury centrální odmrazovací stání, které bude sloužit pro dráhu 06R/24L a 06L. Toto stání bude zcela nové a v dnešní době se na tomto místě odmrazování vůbec neprovádí. Je tedy důležité zhodnotit z hlediska provozní bezpečnosti jeho budoucí zahrnutí do odmrazovací infrastruktury letiště. Kromě COS je hodnocena i současná DA2, která bude v budoucím provozu zahrnuta také a obsluhovat především dráhu 06L/24R.

Po zpracování meteorologických dat a porovnání pojízďecích dob letadel byla provedena identifikace nebezpečí. Nebezpečí bylo identifikováno jako počasí způsobující namrznání letadla a nekvalitní odmrazení. Možné riziko tohoto nebezpečí je letecká nehoda způsobená nedostatečným odmrazením letadla, jehož posouzení je účelem této práce. K vyhodnocení rizika byla použita vlastní metoda, která principiálně funguje stejně, jako metoda ICAO, určení závažnosti a pravděpodobnosti rizika se však liší a odvíjí se, na rozdíl od metodiky ICAO, přímo z analyzovaných dat. Po vypracování tabulek a určení tolerance rizika za různých meteorologických podmínek bylo jasně znázorněno, na kterých odmrazovacích zařízeních je třeba v plánovaném systému paralelních drah provoz omezit či zakázat. Jedná se především o DA2 u letadel kódového písmene E a F.

V posouzení se často vyskytla žlutá oblast, která je sice tolerovatelná, ale rozhodně není ideální. Provoz v této oblasti je především na rozhodnutí managementu. Jedna možnost je v provozu pokračovat a počítat s případným rizikem a finanční ztrátou. Další možnost je přizpůsobit provoz provozním podmínkám a v případě nebezpečí zajistit určité postupy, které provoz omezí. Třetí možnost je investovat finanční prostředky do vylepšení infrastruktury.

Z mého pohledu je ideální druhá možnost, tedy přizpůsobit provoz provozním podmínkám. V takovém případě je třeba investovat určité finance, ale v přijatelné míře. Je třeba řádně proškolení personál a přesně určit podmínky, při kterých může odmrazování probíhat bez omezení a při kterých je naopak třeba bezpečnostních opatření. Tím se omezí nebezpečí závislé na procesu odmrazení. Navíc je třeba připomenout, že při studii byly z důvodu vysokých nároků na provozní bezpečnost brány v potaz nejhorší možné varianty (nejdelší možné trasy pojíždění, propadnutí HOT se netolerovalo).

Červená, nepřijatelná oblast nastává, pokud se opomine Cold-Soaked Wing, pouze v případě pojíždění z DA2 a 3 na RWY 06R/24L. Vzhledem k umístění zařízení je však zřejmé, že slouží pouze pro provoz na RWY 06R/24L. Lze tedy předpokládat, že provoz z DA2 a 3 se na RWY 06R/24L nikdy neuskuteční.

Je třeba věnovat zvýšenou pozornost Cold-Soaked Wing efektu. Jak už bylo zmíněno v kapitole 4.4. Tento jev je extrémně nebezpečný a těžce předvídatelný. Pokud jev nastane, je nutné zakázat provoz z DA2 a 3 i na RWY 06L. Navíc stojí za zmínku, že Cold-Soaked Wing efekt se ani jednou nevyskytl v přijatelné oblasti.

Co se týká COS, je třeba konstatovat, že je skutečně vhodně navrženo v rámci polohy na letišti. Zvýšené opatrnosti je třeba dbát pouze v případech mrznoucího deště a sněhu s okolní teplotou $t < -3^{\circ}\text{C}$. Tyto jevy se však vyskytují podle statistik ze zpráv METAR uvedené v Tabulka 6 pouze ve 2,75 %.

Po celkové analýze si dovoluji konstatovat, že odmrazování v systému paralelních drah je bezpečné a dle mého názoru by nemělo dojít k nedostatečnému odmrazení. Za přínos považuji promyšlení vlastní metodiky hodnocení rizika letecké nehody způsobené nedostatečným odmrazením letadla, která nabízí lepší a přehlednější škálovatelnost oproti klasické metodice ICAO. Dalším rizikem, na které by se má metodika dala aplikovat, je například událost na letišti způsobená namrzlou vozovkou. Zde by opět byla závažnost rizika závislá na počasí a pravděpodobnost by se odvíjela od času posledního protínámrazového ošetření vozovky.

Bibliografie

1. **ICAO.** *Manual of Aircraft Ground De-icing/Anti-icing operations.* 2018. Doc 6940.
2. **FAA.** *Holdover Time Guidelines.* 2017.
3. **Praha, Letiště, a.s.** *Odborné konzultace.* 2017.
4. **ICAO.** *Aerodrome Design Manual.* 2005. Doc 9157.
5. **ICAO.** *Annex 14-Aerodromes.* 2016.
6. **EUROCONTROL.** *ENROCONTROL Specifications for Advanced-Surface Movement Guidance and Control System Services.* 2018.
7. **Boeing.** Aero No.08. *www.boeing.com.* [Online] [Citace: 11. Červenec 2018.] http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/aero_08/deice_fig01.html.
8. **Brož, prof. Václav.** *Základy letu.*
9. **FOKKER.** *Safe Cold Weather Operation.* 2009.
10. **Channel, Smithsonian.** Youtube. [Online] 2012. <https://www.youtube.com/watch?v=i5EaKpM0Tew>.
11. **Branch, Air Accidents Investigaion.** *Aircraft Accident Report 2.* 2003.
12. **FAA.** *Aviation Weather Services.* 2016.
13. **Labyt.** *Meteorology for Aviation.* místo neznámé : ENAC, 2008.
14. **NASA.** *Aircraft Icing Glossary.*
15. **Skybrary.** Skybrary. *www.skybrary.aero.* [Online] <https://www.skybrary.aero/index.php/Icing>.
16. **International, SAE.** *International De/Anti-icing Procedures Section.* 2018. Doc AS6286/1.
17. **FD, Výuka na ČVUT.** *Palubní přístroje.*
18. **Letiště Praha, a.s.** Letiště Praha. <https://www.prg.aero>. [Online] Letiště Praha, a.s., 12. Srpen 2018. <https://www.prg.aero/udaje-o-spolecnosti>.
19. **Praha, Letiště.** *Safety studie D3.*
20. **Praha, Letiště, a.s.** *A-CDM postupy.* LP-PP-030D/2011.
21. **Praha, Letiště. a.s.** *Runway.*
22. **EUROCONTROL.** *Airport CDM implementation.* 2017.
23. **Praha, Letiště, a.s.** *Odmrazování Letadel na LKPR.* 2017. LP-SM-009F/2011.
24. **Praha, Letiště.** *Směrnice A-CDM.* LP-PP-030D/2011.
25. **AIP.** *Aeronautical Information Service.*
26. **Praha, Letiště, a.s.** *Technická zpráva COS.*
27. **ICAO.** *Safety Management Manual.* Doc 9859.

Seznam obrázků

Obrázek 1 HOT tabulka užívána na LKPR Zdroj: odborné konzultace na LKPR (3)	10
Obrázek 2 Protinámrazové/odmrazovací zařízení Zdroj: Aerodrome design manual (4)	13
Obrázek 3 Síly působící na letadlo za letu Zdroj: Manual of Aircraft Ground De-icing/Anti-icing Operations (1).....	15
Obrázek 4 Proudění vzduchu na namrzlém křídle Zdroj: www.boeing.com/commercial/aeromagazine/aero_08deice_fig01.html . (7).....	16
Obrázek 5 Graf vztlkové čáry v závislosti na součiniteli vzlaku a úhlu náběhu Zdroj: Safe Cold Weather Operations (9).....	16
Obrázek 6 Zpráva meteorologické stanice Zdroj: Aviation Weather Service (12).....	18
Obrázek 7 Logika plánování dle A-CDM Zdroj: Směrnice A-CDM (24).....	26
Obrázek 8 Logika plánování odmrazování na DA1,2, 3 a 6 Zdroj: Směrnice A-CDM (24)	27
Obrázek 9 Logika plánování odmrazování na DA4 a 5 Zdroj: Směrnice A-CDM (24)	27
Obrázek 10 Rozmístění odmrazovacích/protinámrazových zařízení na LKPR Zdroj: AIP (25).....	29
Obrázek 11 Vývoj počtu odbavených cestujících na letišti Praha za posledních 5 let Zdroj: Letiště Praha a.s. (18)	30
Obrázek 12 Plánovaný systém paralelních drah na LKPR Zdroj: Odborné konzultace na LKPR (3).....	31
Obrázek 13 Vize budoucí infrastruktury odmrazovacích/protinámrazových zařízení Zdroj: Odborné konzultace na LKPR (3)	33
Obrázek 14 Zobrazení nejdelších pojížděcích tras v rámci paralelního dráhového systému Zdroj: Vlastní tvorba	37

Seznam tabulek

Tabulka 1 Klasifikace letadel Zdroj: Annex 14 (5).....	12
Tabulka 2 Minimální vzdálenost zastavovací příčky a osy TWY dle kapacity letadla Zdroj: Aerodrome Design Manual (4).....	13
Tabulka 3 Přehled odmrazovacích/protinámrazových zařízení na LKPR Zdroj: Vlastní tvorba dle směrnice LP-SM-009F/2011 (23).....	28
Tabulka 4 Vyhlášené délky RWY 06R/24L Zdroj: Vlastní tvorba dle odborných konzultací na LKPR (3)	32
Tabulka 5 Kódování meteorologických jevů Zdroj: Aviation Weather Service (12)	35
Tabulka 6 Statistika ze zpráv METAR, období zima 2011-2015 Zdroj: Vlastní tvorba	36
Tabulka 7 Procentuální a hodinový výskyt počasí způsobující námrazu Zdroj: Vlastní tvorba	36
Tabulka 8 Délky nejdelších pojížděcích tras z DA2, 3 a COS Zdroj: Vlastní tvorba	38
Tabulka 9 Pojížděcí doby z DA2, 3 a COS Zdroj: Vlastní tvorba	38
Tabulka 10 Porovnání maximální a minimální hodnoty HOT s pojížděcími doby z COS dle kapacit Zdroj: Vlastní tvorba	39
Tabulka 11 Porovnání maximální a minimální hodnoty HOT s pojížděcími doby z DA2 a 3 dle kapacit Zdroj: Vlastní tvorba	40
Tabulka 12 Klasifikace pravděpodobnosti rizika Zdroj: Vlastní zpracování dle ICAO doc. 9859 (27)	43
Tabulka 13 Klasifikace vážnosti rizika Zdroj: Vlastní zpracování dle ICAO doc. 9859 (27)	43
Tabulka 14 Matice hodnocení rizik Zdroj: Vlastní zpracování dle ICAO doc. 9859 (27)	44
Tabulka 15 Pravděpodobnost rizika Zdroj: Vlastní tvorba	45
Tabulka 16 Závažnost rizika Zdroj: Vlastní tvorba	46
Tabulka 17 Pojíždění z COS letadel k.p. C na RWY 06L/24R a 06R/24L Zdroj: Vlastní tvorba	46
Tabulka 18 Pojíždění COS letadel k.p. E/F na RWY 06L/24R a 06R/24L Zdroj: Vlastní tvorba.....	47
Tabulka 19 Pojíždění z DA2 a 3 letadel k.p. C na RWY 06L/24R a 06R/24L Zdroj: Vlastní tvorba	47
Tabulka 20 Pojíždění z DA2 a 3 letadel k.p. E/F na RWY 06L/24R a 06R/24L Zdroj: Vlastní tvorba	47

Přílohy