



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**FAKULTA DOPRAVNÍ**

Bc. Jan Stupka

**Zefektivnění odmrazování na Letišti Václava Havla v  
Praze**

Diplomová práce

2020

**K621** .....**Ústav letecké dopravy**

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Bc. Jan Stupka**

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

**N 3710 – PL – Provoz a řízení letecké dopravy**

Název tématu (česky): **Zefektivnění odmrazování na Letišti Václava Havla  
v Praze**

Název tématu (anglicky): Improvement of De-icing at Vaclav Havel Airport in Prague

### **Zásady pro vypracování**

Při zpracování diplomové práce se řiďte následujícími pokyny:

- Aktuální situace na LKPR
- Faktory ovlivňující rychlost odmrazení
- Scénáře kritických situací pro odmrazování
- De-icing Manager
- Možnosti urychlení odmrazovacích procedur
- Výsledky



Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího diplomové práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: Manual of Aircraft Ground De/Anti-icing Operations (Doc. 9640)  
Provozní aspekty letišť - L. Kerner, L. Kulčák, V. Sýkora  
Postupy pro odmrazování - Czech Airlines Handling, a.s.

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Miroslav Špák**  
**Ing. Slobodan Stojíc**

Datum zadání diplomové práce: **27. července 2018**  
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce: **18. května 2020**

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

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



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

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.

Bc. Jan Stupka  
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 16. prosince 2019

## Poděkování

Zde bych rád poděkoval svému vedoucímu Ing. Miroslavu Špákovi, který mi ochotně poskytl rady a pomoc při zpracování celé diplomové práce. Poděkování si také právem zaslouží má rodina za veškerou podporu, ale také trpělivost při mém studiu na Fakultě dopravní.

## Prohlášení

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

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

Nemám závažný důvod proti užití tohoto 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 18. května 2020

podpis



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

ZEFEKTIVNĚNÍ ODMRAZOVÁNÍ NA LETIŠTI VÁCLAVA HAVLA V PRAZE

diplomová práce  
květen 2020  
Bc. Jan Stupka

## Abstrakt

Předmětem diplomové práce "Zefektivnění odmrazování na Letišti Václava Havla v Praze" je nalezení nedostatků tohoto procesu a navržení řešení, jak tyto slabá místa zlepšit. Hlavní částí této práce je popis zamýšleného fungování De-icing managera, což je počítačový nástroj, který řeší hned několik problémů současného odmrazování. Zároveň jsou na závěr práce popsány návrhy moderních trendů odmrazování, jakými jsou využití informačních LED tabulí, nebo simulátoru pro řidiče odmrazovacích vozů.

## Abstract

The subject of the master thesis „Improvement of de-icing at Vaclav Havel Airport in Prague“ is quest to find shortcomings and to propose solutions, how to improve these weaknesses. The main part of thesis is description of intended operation of the De-icing manager, which is computer tool, that solves several problems of current de-icing. At the end of thesis are described proposals of modern de-icing trends such as use of LED display boards or de-icing simulator.

## Klíčová slova

Odmrazování letadel na Letišti Praha, Zefektivnění odmrazování letadel, Nedostatky odmrazování letadel, De-icing manager

## Key words

Aircraft De-icing at Prague Airport, Improvement of Aircraft De-icing, Aircraft De-icing Weaknesses, De-icing Manager



# Obsah

<b>1</b>	<b>TEORETICKÝ ZÁKLAD .....</b>	<b>12</b>
1.1	ODMRAZOVÁNÍ – DE-ICING .....	14
1.2	PROTINÁMRAZOVÁ OCHRANA – ANTI-ICING .....	14
1.3	KAPALINY POUŽÍVANÉ K ODMRAZOVÁNÍ A PROTINÁMRAZOVÉMU OŠETŘENÍ.....	14
1.3.1	Čtyři standartní typy odmrazovacích kapalin.....	15
1.4	FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ PLYNULOST A RYCHLOST ODMRAZOVÁNÍ .....	16
1.4.1	Počasí .....	16
1.4.2	Způsob odmrazování.....	17
1.4.3	Zkušenost a výcvik pracovníků odmrazování.....	17
1.4.4	Velikost odmrazovaných letadel.....	18
<b>2</b>	<b>ODMRAZOVÁNÍ NA LETIŠTI VÁCLAVA HAVLA.....</b>	<b>19</b>
2.1	SOUČASNÉ KAPACITY STÁNÍ .....	19
2.1.1	Rozvoj kapacit odmrazovacích stání.....	20
2.2	HANDLINGOVÉ SPOLEČNOSTI.....	21
2.2.1	Czech Airlines Handling, a.s .....	21
2.2.2	Menzies Aviation (Czech), s.r.o.....	22
2.2.2.1	De-icing Pool .....	23
2.3	POSTUPY ODMRAZOVÁNÍ.....	24
2.3.1	Působnost CDM .....	24
2.3.1.1	Zprávy DPI a spolupráce s NMOC .....	26
2.4	FÁZE ODMRAZOVÁNÍ .....	29
2.5	NEDOSTATKY SOUČASNÝCH POSTUPŮ ODMRAZOVÁNÍ .....	29
<b>3</b>	<b>NAVRHOVANÉ ŘEŠENÍ .....</b>	<b>31</b>
3.1	DE-ICING MANAGER .....	31
3.1.1	Funkce De-icing managera .....	31
3.1.2	Posouzení aktuálního počasí a předpovědi .....	31
3.1.2.1	Vyhodnocení aktuálního počasí .....	32
3.1.2.1.1	Shrnutí .....	34
3.1.2.2	Vyhodnocení předpovědi.....	35
3.1.3	Upozornění letištních subjektů a případné svolání krizového štábu .....	37
3.1.4	Funkce automatického řazení letadel.....	38
3.1.4.1	Podmínky pro zahájení řazení.....	38
3.1.4.2	Vstupní a výstupní informace De-icing managera.....	39
3.1.4.3	Analýza a návrh stabilizace času EDIT .....	40
3.1.4.3.1	Průměrné odchylky .....	41
3.1.4.3.2	Procentuální přesnost času EDIT .....	42
3.1.4.3.3	Navrhované řešení, jak časy EDIT stabilizovat .....	44
3.1.4.4	Vývojový diagram chodu De-icing managera.....	46

3.1.4.5	Model statického řazení letadel na odmrazování .....	47
3.1.5	Nastavení preferencí .....	57
3.1.5.1	Manuální změny .....	58
3.1.5.2	Demonstrace aplikace metodiky řazení letů De-icing managerem .....	59
3.2	INFORMAČNÍ TABULE .....	62
3.2.1	Informační tabule využívané při odmrazování ve světě. ....	62
3.2.2	Možné varianty informačních LED tabulí .....	64
3.2.3	Návrh využívání informační tabule na Letišti Praha .....	65
3.2.3.1	Příjezd na odmrazovací stojánku .....	65
3.2.3.2	Příprava letounu na odmrazování .....	67
3.2.3.3	Průběh odmrazování – Jednostupňově .....	68
3.2.3.4	Průběh odmrazování – dvoustupňově .....	69
3.2.3.5	Konec odmrazování .....	70
3.3	DE-ICING SIMULATOR .....	72
3.3.1	Hardware a software .....	73
3.3.2	Využití VR technologie .....	76
3.4	SWOT ANALÝZA .....	77
<b>ZÁVĚR</b>	.....	<b>78</b>
<b>POUŽITÁ LITERATURA</b>	.....	<b>80</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ, DIAGRAMŮ A SCHÉMAT</b>	.....	<b>83</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b>	.....	<b>84</b>
<b>SEZNAM GRAFŮ</b>	.....	<b>85</b>
<b>PŘÍLOHY</b>	.....	<b>86</b>

## Seznam použitých zkratek

A-CDM	Airport Collaborative Decision Making	Letištní koordinace
ADEP	Aerodrome of Departure	Letiště odletu
ADES	Aerodrome of Destination	Letiště příletu
ADIT	Actual De-Icing Time	Skutečný čas odmrazování
AOBD	Actual Off Block Time	Aktuální čas ukončení odbavování
AOBT	Actual Off Block Time	Aktuální čas ukončení odbavování
ARCID	Aircraft Identification	Identifikace letadla
ARCTYP	Aircraft Type	Typ letadla
ATC / ŘLP	Air Traffic Control	Řízení letového provozu
CSAH	Czech Airlines Handling	Handling Českých aerolinií
CTOT	Calculated Take-Off Time	Vypočtený čas vzletu
DA	De-icing Area	Odmrazovací místo
DiM	De-icing Manager	De-icing Manager
DPI	Departure Planning Information Message	Zpráva o plánování odletu
EDIF	Estimated De-Icing Finish	Předpokládaný čas ukončení odmrazování
EDIS	Estimated De-Icing Start	Předpokládaný čas započetí odmrazování
EDIT	Estimated De-Icing Time	Předpokládaná doba odmrazování
EOBT	Estimated Off Block Time	Předpokládaný čas ukončení odbavování

EXOT	Estimated Taxi-Out Time	Předpokládaný čas pojíždění na vzlet
GHA	Ground Handling Agency	Handlingová společnost
HOT	Holdover Time	
IFPLID	Initial Flight Plan Identification	Prvotní identifikace letového plánu
LED	Light Emitting Diode	Elektroluminiscenční dioda
LVP	Low Visibility Procedures	Provozní postupy za snížené dohlednosti
MSG	Multi-Solution Gate	Víceúčelová brána
NMOC	Network Manager Operations Centre	Středisko řízení toku letového provozu
RA	Ramp Agent	Vedoucí pracovní odbavení
REG	Registration	Registrace
RWY	Runway	Vzletová a přistávací dráha
SID	Standard Instrument Departure	Standartní přístrojový odlet
SOBD	Scheduled Off Block Time	Naplánovaný čas ukončení odbavování
SOBT	Scheduled Off Block Time	Naplánovaný čas ukončení odbavování
SUM	Start-Up Manager	Start-Up Manager
TDIT	Target De-Icing Time	Cílový čas začátku odmrazení
TOBT	Target Off-Block Time	Cílový čas ukončení odbavení
TSAT	Target Start-Up Approval Time	Cílový čas povolení k vytlačení letadla
TTOT	Target Take-Off Time	Cílový čas vzletu

VIP

Very Important Person

Velmi důležitá osoba

## Úvod

Přesto, že zimní měsíce již nejsou tak chladné jako dříve, odmrazování letadel je stále nepostradatelnou součástí provozu letiště. Sníh a led negativně ovlivňuje aerodynamické vlastnosti letounů, a tak je nezbytné, aby byl před samotným vzletem odstraněn. Letectví se neustále vyvíjí, objevují se nové postupy a technologie a jinak tomu není ani v oblasti odmrazování, což bylo hlavním důvodem pro vznik této práce.

Na úplném jejím začátku budou zodpovězeny základní otázky odmrazování jako co vlastně odmrazování je, jaké existují způsoby odmrazování a také si shrneme hlavní faktory ovlivňující odmrazování. Tento základ bude popsán v první kapitole, aby si obrázek o celé problematice dokázal udělat i nezavěšený čtenář.

Jelikož se práce zaměřuje na odmrazování na Letišti Václava Havla v Praze, druhá kapitola se bude věnovat tomuto procesu ve vztahu právě k největšímu tuzemskému letišti. Bude popsána aktuální situace, což je zásadní pro nalezení a definování nedostatků současného odmrazování. Nastíněny budou také plány rozvoje letiště, jehož nejdiskutovanější částí je určitě paralelní přistávací a vzletová dráha k současné dráze 24/06. Tato stavba totiž bude vyžadovat rozšíření současných a výstavbu nových odmrazovacích stání.

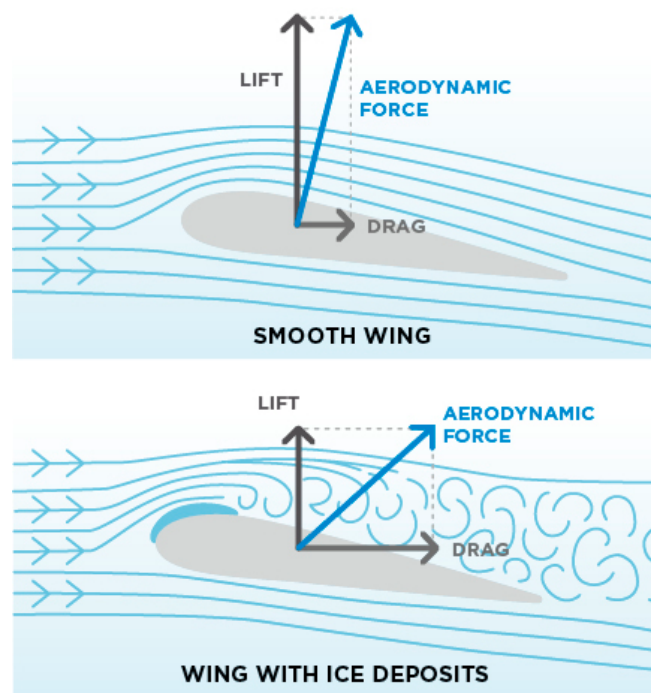
Tato diplomová práce si klade za cíl vytvoření kvalitních návrhů na zefektivnění odmrazování, jež by mohly být na pražském letišti v budoucnu zrealizovány. Tomu se také bude věnovat celá třetí a zároveň poslední kapitola, kde budou na základě definovaných nedostatků vytvořeny konkrétní návrhy, které jsou inspirovány moderními trendy využívanými na světových letištích. Ta jsou totiž nucena k udržení kapacit neustále proces vylepšovat, a jelikož každým rokem stoupá i počet odbavených letadel pražského letiště, bude i zde tlak zkvalitnění a zrychlení tak důležité služby, jakou odmrazování bezesporu je. Těmito navrhovanými vylepšeními jsou použití informačních LED tabulí během odmrazování, využití simulátoru pro řidiče odmrazovacích vozů, a především implementování programu De-icing manager do provozu letiště, který řeší hned několik stávajících nedostatků a je základem celé práce.

# 1 Teoretický základ

Během zimního provozu jsou dny, kdy je pro plynulý chod letiště odmrazování a protinámrazové ošetření letadel nezbytné. V této práci bude celý tento proces označován pouze jako odmrazování, ať už půjde odstranění námrazy či ochrany proti jejímu vzniku, pokud nebude potřeba tyto dvě fáze od sebe odlišit.

Kompletní proces zahrnuje odstranění námrazy či sněhu z povrchu letounu a vytvoření ochranné vrstvy, která chrání letadlo po dobu pojíždění na zemi a prvotní fáze vzletu - tj. do odpoutání od vzletové dráhy. Kontaminant v podobě zmrzlé vody je nutné odstranit především z ploch, jež vytvářejí vztlak nutný pro vzlet, také ze snímačů tlaku, úhlu náběhu, či ze skel pilotní kabiny. Odmrazování provádí handlingové společnosti, pokud to velitel letounu uzná za vhodné, jelikož finální rozhodnutí, zda bude odmrazovat je na něm.

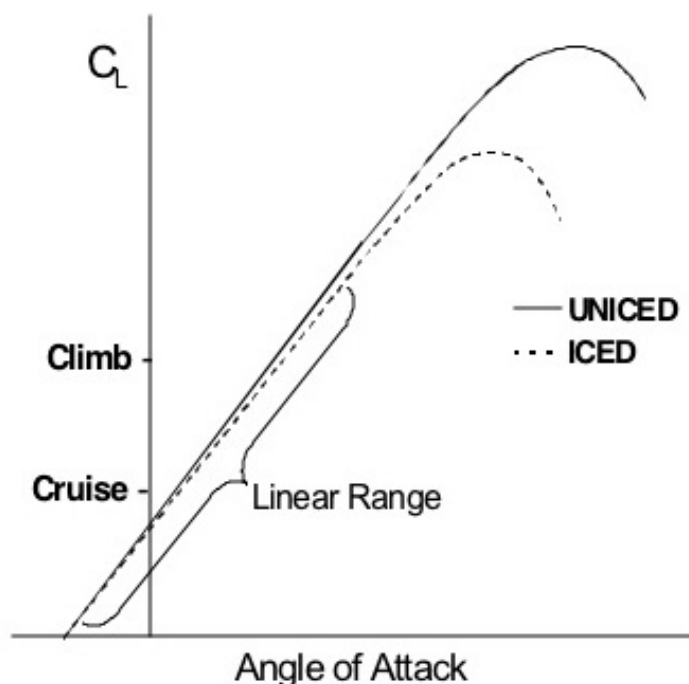
Námraza negativně ovlivňuje aerodynamické vlastnosti letounu a zvyšuje jeho váhu, čímž se prodlužuje vzletová vzdálenost a zvyšuje rychlost odpoutání. Za další velké nebezpečí především za IMC podmínek můžeme považovat námrazu na portech statického a celkového tlaku, které jsou vstupy pro aerometrické přístroje letounu jako jsou rychloměr, výškoměr a variometr.



Obrázek 1-1: Rozdíl mezi prouděním vzduchu kolem křídla s námrazou a bez

[1]

Na obrázku 1-1 je vidět rozdíl mezi křídlem bez kontaminantu, kde můžeme vidět laminární proudění kolem povrchu křídla, zatímco na spodní půlce obrázku je námraza na náběžné hraně, která přechází až na horní stranu křídla. Laminární proudění přechází vlivem námrazy, tudíž i změny tvaru křídla, v proudění turbulentní. To má za následek zvýšení odporu, snížení vztlaku a celkovou změnu výsledné aerodynamické síly.



Graf 1-1: Závislost součinitele vztlaku na úhlu náběhu

[24]

Graf 1-1 představuje závislost součinitele vztlaku na svislé ose označeného  $C_L$ , což je bezrozměrný koeficient a úhlu náběhu letounu. Výslednou křivku nazýváme vztlaková čára. Průběh této křivky je možné si představit jako letoun, který zpomaluje, a aby si zachoval potřebný vztlak zvětšuje se jeho úhel náběhu. Vrchol křivky nastává při kritickém úhlu náběhu a dochází k odtržení proudění a náhlému poklesu vztlaku. V obrázku je důležité porovnání profilu křídla zbaveného námrazy a křídla pokrytého kontaminantem a plyne z něj, že u profilu s námrazou dochází k odtrhávání proudnic znatelně dříve než u profilu čistého. Pokud je navíc pokrytí profilu nerovnoměrné, může vzniknout problém s ovladatelností letounu, a to jsou důvody, proč musí být led a sníh před vzletem odstraněn. [23][24]



## 1.1 Odmrazování – De-icing

Jedná se o odstranění nežádoucí ledové či sněhové pokrývky a po dokončení opět vzniká čistý povrch letounu. K tomuto odstranění se velmi často používané kapaliny zahřívají, aby odstranění proběhlo rychleji a za použití menšího množství kapaliny. Po tomto odstranění je sice také letoun chráněn proti vzniku nové námrazy, ale jeho hlavním účelem je pouze odstranění, jelikož v případě přetrvávajících přeháněk je čas ochrany velmi krátký.

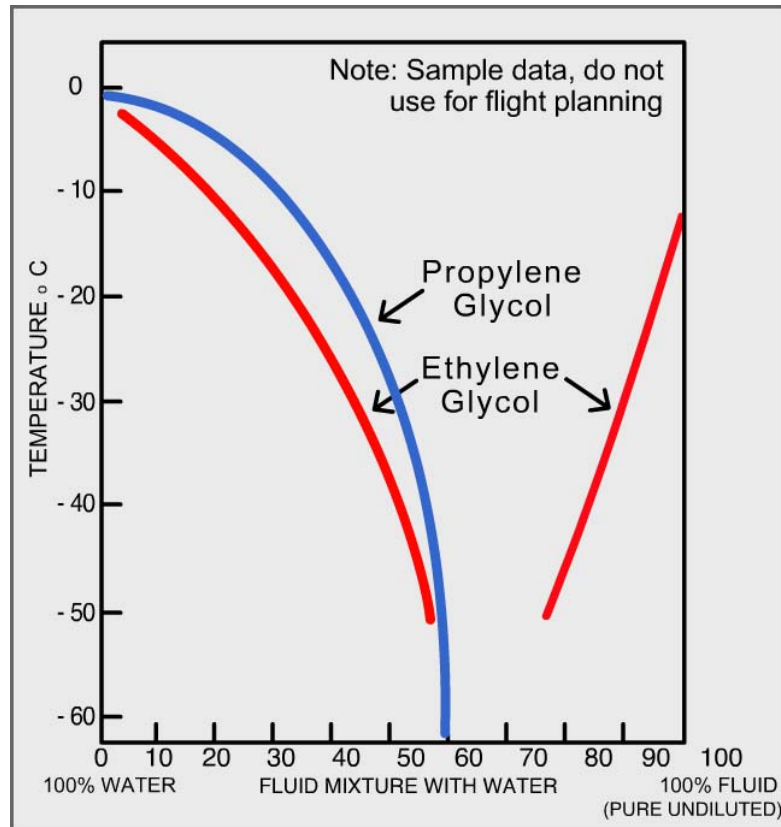
## 1.2 Protinámrazová ochrana – Anti-icing

Je procedura, díky které je povrch letounu chráněn vůči přilnutí nového kontaminantu k povrchu křídla. Kapaliny, které jsou aplikovány jako anti-icing fungují tak, že díky své vysoké viskozitě vytvoří ochrannou vrstvu, jež je při dané rychlosti vlivem proudícího vzduchu sfouknuta společně s absorbovaným kontaminantem. Tato ochrana je účinná, dokud nedojde určitému zředění kapaliny a letoun přestává být před námrazou chráněn. Čas, který definuje tento časový interval se nazývá Holdover time, zkráceně HOT, a odvíjí se od typu přeháněk, kapaliny a teploty okolního vzduchu. Kapaliny u anti-icingu zpravidla nebývají ohřívány, neboť se tím snižuje viskozita a degraduje jejich čas HOT.

Odmrazování může být také označeno jako **jednostupňové** či **dvoustupňové**. Záleží na tom, zda jsou použity kapaliny pro odstranění a ochranu na letoun obě(dvoustupňové), samozřejmě v daném pořadí, anebo je potřeba použití pouze jedné z nich(jednostupňové).

## 1.3 Kapaliny používané k odmrázování a protinámrazovému ošetření

Látky používané jako základ pro výrobu kapalin vhodných pro odstraňování zmrzlé vody z letounů jsou ethylenglykol a propylenglykol. Obě tyto látky jsou bezbarvé viskózní kapaliny nasládlé chuti a bývají v odmrázovacích kapalinách doplňovány tenzidy, inhibitory koroze, které jsou velmi důležité a samozřejmě dalšími vhodnými látkami. Často bývají obarvovány, což pomáhá pracovníkům při nanášení kapaliny na letoun, jelikož vidí, které části jsou již ošetřeny. Díky menší toxicitě a tím pádem menších ekologických dopadech jsou preferovány kapaliny na bázi propylenglykolu. [2][3]



Graf 1-2: Bod mrazu propylenglykolu a ethylenglykolu

[25]

Graf znázorňující vývoj bodu mrazu v závislosti na teplotě na svislé ose a procentuální koncentraci dané látky na ose horizontální. V případě propylenglykolu vidíme, že pokud má látka dostatečnou koncentraci její zamrznutí je téměř nemožné, jde pak pouze o to, jak rychle je zředěna při absorpci přeháněk vodou. U ethylenglykolu je hodnota bodu mrazu směrodatná pouze do  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  a zajímavé je, že největší odolnost vůči mrazu nemá látka ve 100 % koncentraci, nýbrž při zhruba 70 %. [25]

### 1.3.1 Čtyři standartní typy odmrazovacích kapalin

**Typ I** – Je druh kapaliny používaný především jako tzv. de-icing, jelikož jeho holdover time bývá zřetelně kratší než u ostatních typů. Ochranná vrstva typu I je po nanesení ze všech kapalin nejtenčí, není však limitována rychlostí při odpoutání letounu. [25]

**Typ II** – Tato kapalina s vysokou viskozitou může být používána jak pro odstraňování, tak pro ochranu, ale její vlastnosti jsou výhodné především jako ochrana proti námraze. Kvůli zmíněné viskozitě má limit pro minimální rychlost odpoutání 100 uzlů. Je hojně využívána v především v Evropě. [25]

**Typ III** – Z pohledu viskozity může být tato kapalina zařazena mezi typ I a typ II. Její využití je především pro menší letouny, jelikož rychlostní limit je stanoven na 60 uzlů, což je ale také důvodem, že není tolik využívána. [25]

**Typ IV** – Kapalina vlastnostmi velmi podobná typu II, včetně totožného limitu pro minimální rychlost. Pro vysokou hodnotu HOT je vhodná pro využití na letištích s častými velmi nízkými teplotami a přeháňkami. [25]

FLUID (ALL SAE)	FLUID COLOR	SAMPLE HOT FOR SNOW (HR:MIN)	MINIMUM ROTATION SPEED
TYPE I	RED-ORANGE	0:06 - 0:11	NO MINIMUM
TYPE II	CLEAR OR STRAW	0:20 - 0:45	100 KNOTS
TYPE III	YELLOW-GREEN	0:10 - 0:20	60 KNOTS
TYPE IV	EMERALD GREEN	0:35 - 1:15	100 KNOTS
<b>TIMES NOTED ARE IN HR:MIN FORMAT</b>			

Tabulka 1-1: Tabulka typů odmrazovacích kapalin

[25]

V příložené tabulce 1-1 jsou vidět rozdíly mezi jednotlivými kapalinami. Důležité jsou orientační časy HOT a také minimální rychlost rotace, neboť to jsou nejdůležitější informace potřebné pro vhodné využití kapaliny.

## 1.4 Faktory ovlivňující plynulost a rychlost odmrazování

V této kapitole si pojdme definovat faktory, které ovlivňují proces odmrazování. To je důležité pro to, abychom mohli odhalit slabá místa procesu a přijít s návrhy a inovacemi, které by průběh zrychlily a udělaly ho plynulejší. Těmito faktory jsou:

### 1.4.1 Počasí

Nejdůležitější a nejvíce omezující faktor je samozřejmě počasí. Na něm závisí délka odmrazování nejvíce a pokud jsou meteorologické podmínky extrémní, může se dostat do fáze, kdy už letouny odmrazovat nejdou, provoz musí být zastaven a čeká se pouze dokud

se počasí neumoudří. Je to také jeden z faktorů, se kterými nelze nic dělat, je ale potřeba být dobře připraven, nepodcenit předpověď počasí a mít k dispozici dostatečný počet pracovníků odmrazování.

### 1.4.2 Způsob odmrazování

Dalším důležitým faktorem je to, jaký způsob odmrazování je na používán, jelikož existujících metod, i když občas méně známých, je více než by se mohlo zdát.

- **Odmrazování pomocí kapaliny** – Ta se nanáší na povrch letounů pomocí nákladních vozů se speciálními nástavbami. V případě pražského letiště používají obě handlingové společnosti, anebo vozy speciálně postavené pro odmrazování. Novou experimentální formou je nanášení kapaliny tzv. zařízením MSG(Multi Solution Gate), které funguje na principu velké auto-myčky. Způsob odmrazování pomocí kapaliny je jediný, který nabízí také protinámrazovou ochranu. [4]
- **Infračervené odmrazování** – Další, rychlejší a také ekologičtější formou je odmrazování pomocí infračerveného záření. Je to metoda určená pouze pro odstranění kontaminantu. [5]
- **Mechanické odstranění námrazy** – způsob uváděný spíše pro zajímavost je odmrazování používané v dobách minulých. Jedná se o obyčejné mechanické odstranění ledu, které není tak precizní.

Nelze jednoznačně říci, který způsob odmrazování je ten nejefektivnější, museli bychom zohlednit provozní náklady, počet zimních dní, kdy je odmrazování potřeba, pořizovací cenu a další náklady a úspory s tím spojené. Navíc by se rozhodně vzhledem k počtu zimních měsíců nevyplatila změna aktuální metody, jelikož její doba návratnosti by dosahovala několika desítek let. Nejrozumnější tedy bude najít způsoby, jak vylepšit aktuální proces, vymyslet zlepšení, která nebudou stát příliš mnoho finančních prostředků, ale zefektivní odmrazování a zvýší jeho kapacity.

### 1.4.3 Zkušenost a výcvik pracovníků odmrazování

Je velmi důležité, aby především řidiči odmrazovacích strojů měli dostatečnou zručnost při odmrazování letadel, jelikož právě na nich závisí to, jak rychle bude letoun hotov a připraven k opuštění odmrazovacího stání. U pracovníků odmrazování je problém s tím, že je to pouze sezonní práce, zaměstnanci tedy dostávají smlouvy na jednu zimní sezónu a v létě musejí pracovat jinde, což má za následek velkou fluktuaci zaměstnanců. Každý podzim při nabírání

řidičů přichází několik nových, kteří se musí učit ovládat toto složitější vozidlo. Podmínkou pro přijetí je řidičský průkaz třídy C (nákladní vozidla nad 3,5 tuny).

#### 1.4.4 Velikost odmrazovaných letadel

V neposlední řadě je směrodatné, jak velké letadlo je podrobno tomuto procesu a obecně platí, že čím větší je letoun, tím složitější a delší je i samotné odmrazování. Odmrazování těch největších letadel trvá i několikanásobek toho, co by trvalo odmrazení letadla běžnější velikosti.

## 2 Odmrazování na Letišti Václava Havla

### 2.1 Současné kapacity stání

Během zimních měsíců, pokud to meteorologické podmínky vyžadují, probíhá odmrazování letounů, jejichž velitelé se pro tuto proceduru rozhodnou. Provádí se na několika odmrazovacích místech, která se nacházejí u stání letounů nebo na odmrazovacích stojánkách. Záleží na dráze, jež je právě v používání a podle toho se volí místo, kde bude letoun odmrazen.

Na těchto vyhrazených stáních určených přímo k odmrazování musí být vyřešený odtok odmrazovacích kapalin, tedy zdraví škodlivých látek, dále musí být stání dostatečně široká a dlouhá. Musí se na ně vměstnat i největší používaná dopravní letadla jako A380, B747 či AN-225.

Na pražském letišti je 6 odmrazovacích stojánek, kde odmrazování probíhají nejčastěji. Odmrazovat se ale může také na odbavovací ploše východ(east), části odbavovací plochy jih(south) a pojezdové dráze J na úrovni stání 53 a 54.



Obrázek 2-1: Mapa letiště s vyznačenými odmrazovacími plochami

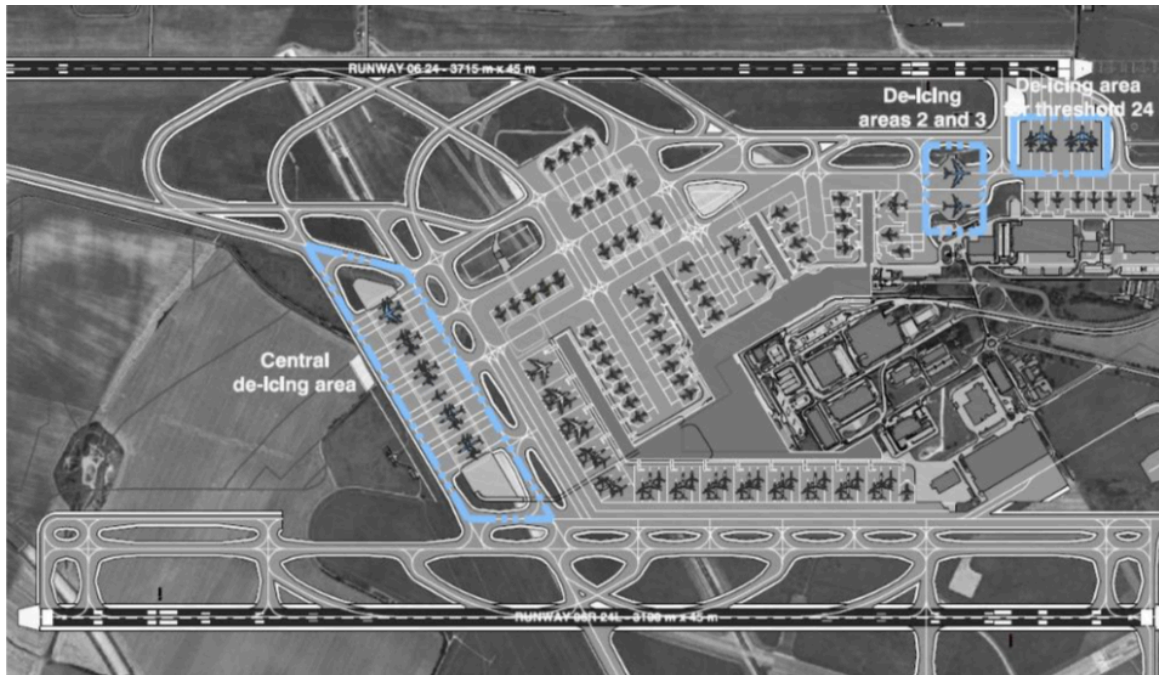
Ty jsou označeny a popsány fialovou barvou. [zdroj: mobilní aplikace Jeppesen FliteDeck Pro X]

Nejpoužívanějšími odmrazovacími stojánkami jsou 1, 2 a 3. Je to samozřejmě spojeno s tím, že nejvíce používaná dráha na pražském letišti je dráha 24, a je vždy velmi důležité, aby vzdálenost z místa odmrazování na práh dráhy, odkud bude započat vzlet, byla co možná nejkratší. Při velké nepřízni počasí se totiž čas, během kterého se musí letadlo dostat do vzduchu pohybuje v rámci jednotek minut a záleží na typu použité kapaliny a její koncentraci – to vše bude vysvětleno později.

### 2.1.1 Rozvoj kapacit odmrazovacích stání

Již dlouho se hovoří o dostavění paralelní vzletové a přistávací dráhy k dráze 24/06. Vzniknout by měla jižně od té stávající a její označení by tedy mělo být 24L/06R. Tato modernizace letiště v budoucnu bude zřejmě nutná, pokud nadále porostou počty odbavených letadel. Toto bude spojeno s rozšířením terminálů, protože ty nebudou již kapacitně vyhovovat tak velkému provozu. Ke změnám bude muset dojít také u infrastruktury, pojezděcích drah, stojánek a zároveň budou muset být vybudována nová stání pro odmrazování letadel, jelikož tato procedura nemůže být dělána kdekoliv. Je potřeba, aby bylo kolem stojánek více místa a také byl přizpůsoben odtok přírodě škodlivých kapalin používaných k odmrazování letadel. [7]

Nová odmrazovací stání musí být na výhodných místech vzhledem k rozmístění obou prahů dráhy. Snahou je udělat pojezdění mezi odmrazováním a vzletem letounu co nejkratší kvůli času HOT. Ten se totiž se silnějšími srážkami snižuje a pokud jsou opravdu silné, vzlet letounu může být úplně znemožněn. Na obrázku 2-2 můžete vidět budoucí rozmístění těchto odmrazovacích stání. Upraveno bude i stání s nynějším označením 1, což je na konceptu označeno jako „De-icing area for threshold 24“ – této stojánce přibude paralelní stání a celkově se rozšíří plocha k tomu určená. Stání 2 a 3 zůstávají na svém původním místě a zasahovat do nich není potřeba. [7]



Obrázek 2-2: Plánované rozmístění odmrazovacích míst po rozšíření letiště

Na obrázku je plán letiště po dostavbě paralelní dráhy ke stávající dráze 24/06 [7]

Jako hlavní změna je vznik tzv. „Central de-icing area“, což budou stojánky určené k odmrazování při použití dráhy 06L anebo k ní paralelní dráhy 06R/24L. Je zde využito nynější dráhy 12/30, ke které je přistavěna další betonová plocha. [7]

## 2.2 Handlingové společnosti

Na Letišti Václava Havla jsou dvě handlingové společnosti, mezi kterými si může dopravce vybrat a obě z nich samozřejmě také provádějí odmrazování letadel během zimních měsíců. Těmito společnostmi jsou **CSAH – tedy Czech Airlines Handling a.s. a Menzies Aviation s.r.o.**, což je česká odnož této globální firmy (dále pouze CSAH a Menzies). Každá z nich provádí odmrazování trochu jinak, respektive používá rozdílné vozy a techniku.

### 2.2.1 Czech Airlines Handling, a.s

Za největší rozdíl můžeme považovat, že CSAH používá jak kapalinu typu I, tak i kapalinu typu II. Typ I je používán na odmrazování již vzniklého ledové či sněhové pokrývky letounu(de-icing) a můžete jej ředit s vodou a zahřívat na určitou teplotu (55 – 80 °C). Typ II se pak používá jako ochrana před vznikem nového kontaminantu(anti-icing). Handling Českých Aerolinií používá k odmrazování sofistikovanější techniku obsluhovanou pouze jedním pracovníkem. Tyto vozy se nazývají Safeaero a jsou osazeny kabinou na hydraulickém rameni, ze které lze řídit i pohyb vozidla po zemi. Tuto techniku doplňuje



staršími vozy Volvo s nástavbou Vestergaard, které je nutné obsluhovat dvěma pracovníky – jeden řídí směr jízdy vozu a druhý ovládá pouze trysku, a tedy směřování proudu aplikované kapaliny. [1]



Obrázek 2-3: Odmrazovací stroj Safeaero společnosti CSAH

[zdroj: autor]

### 2.2.2 Menzies Aviation (Czech), s.r.o

Tato společnost využívá pouze vozy Volvo s nástavbou Vestergaard a k odmrazování i k ochraně vůči vzniku kontaminantu používá pouze kapalinu typu II. To je u této kapaliny největší výhodou, na druhou stranu, poměr této kapaliny s vodou může být použit pouze ve třech variantách a to 100/0, 75/25 a 50/50, což je v porovnání s typem I ekologicky i ekonomicky méně výhodné. Využívání typu II i pro odstraňování námrazy je největší rozdíl mezi společnostmi Menzies a CSAH.



Obrázek 2-4: Odmrazovací stroj Volvo společnosti Menzies

[9]

### 2.2.2.1 De-icing Pool

Takto nazvaný koncept spojený s odmrazovacími místy je prostředek k optimalizaci kapacit a je klíčový pro efektivní zapojení De-icing managera v provozu letišť. Počítá se vznikem nové pracovní pozice tzv. de-icing coordinadora, který by měl mít na starost přerozdělování odmrazovacích míst, komunikaci s handlingovými společnostmi a jejich ramp agenty a také právě práci s programem De-icing managerem. Jednalo by se o nediskriminační distribuci letů mezi pracovníky odmrazování obou handlingových společností rovnoměrně. Odmrazovací stání by již nerozdělovali supervisi odmrazování společností, v tomto případě, CSAH, a.s.(Czech Airlines handling) a Menzies s.r.o, ale de-icing coordinator, jenž by pracoval s naší aplikací. [8]

Vzniká zde ovšem problém, jelikož letecké společnosti mají objednané služby u daných handlingových agentur. Je proto nutné zařídit rovnoměrnou distribuci, aby přestala platit nynější pravidla, kdy si každá společnost poskytující odmrazování tzv. hraje na vlastním písečku, což snižuje celkovou kapacitu. Jediným řešením se zdá být dohoda mezi společnostmi. Musela by vzniknout smlouva, která by zajišťovala spolupráci mezi nimi, což bude skýtat mnohá úskalí jako například vytvoření společného objemu peněz, ze kterého se budou platit náklady a vkládat zisky, které se následně přerozdělí. Pomohlo by také sjednocení odmrazovacích kapalin, aby se nemuselo operovat zvlášť, ale mohly si společnosti vypomáhat. Pokud by například bylo potřeba odmrazit větší letoun typu Airbus A380, bylo by přínosem, kdyby to mohly provádět vozy obou společností zároveň. Sjednocování kapalin, ale není nezbytně nutné v daný moment, jelikož pokud by se projekt stal skutečností, kapacita se zvýší už jen rovnoměrnou distribucí mezi oba poskytovatele odmrazování. [8]

## 2.3 Postupy odmrazování

### 2.3.1 Působnost CDM

Proces odmrazování je součástí jednoho základního konceptuálního elementu CDM, a to konkrétně elementu s názvem „Postupy CDM za nepříznivých podmínek“. Pro pochopení aktuálního stavu je v následujících odstavcích popsán celý proces, tak jak nyní standardně probíhá.

Posádka během předletové prohlídky vyhodnotí situaci a podle množství kontaminantu na letounu se rozhodne pro odmrazování. Toto své rozhodnutí předá ramp agentovi, jenž je povinen ho nejpozději 25 minut před hodnotou TOBT zadat do systému A-CDM (airport collaborative decision making). Podmínka 25 minut je nutná, aby daný let nebyl znevýhodněn oproti ostatním, které jsou do systému zadány včas. Řídící letového provozu na věži pomocí nástroje SUM (start-up manager) spočítá TSAT (Target start up approval time), tedy optimální čas pro spouštění motorů. Ten je spočítán na základě zadaného TOBT/EOBT (času kdy je dokončeno odbavení letounu), požadavku velitele letounu na odmrazování, doby pojíždění a odmrazování a podle přiděleného CTOT. Na základě TSATu pak letadlo dostane od ŘLP povolení k nahazení motorů v daném čase  $\pm 5$  minut. Místo odmrazování pak určuje de-icing supervisor odmrazovací společnosti a zároveň vkládá předpokládaný čas odmrazování. [10]

Takový postup probíhá, pokud je odmrazování plánováno na standartních odmrazovacích stojánkách. Jestliže má být proces proveden na plochách Jih a Východ, je součástí odbavení a tím pádem se rovnou zohledňuje do zadané hodnoty TOBT. [10]

Pokud se posádka rozhodne pro odmrazování až v momentu, kdy není v kontaktu s ramp agentem, vyžádá si ho po frekvenci s příslušným stanovištěm řízení letového provozu, což bude v denních hodinách Ruzyně Ground (121,910 Mhz), to se telefonicky spojí s centrálním provozním dispečinkem (CDP), který předá informaci příslušné nasmlouvané odbavovací společnosti (Menzies/CSAH). Po koordinaci se opět telefonicky spojí dispečink s řízením letového provozu a současně zadává požadavek do systému. ŘLP pak oznámí odmrazovací stojánku posádce.



Obrázek 2-5: Grafické zobrazení výměny informací

Ta probíhá mezi jednotlivými pracovníky letiště, dokud je letoun stále u gatu [zdroj koláže: autor]

Pak dojde ke klasickému odbavení letounu, stejně jako během letních měsíců. Letadlo je natankováno, naboardováno, naloženo, je doplněna čistá voda a odčerpána ta odpadní. Jakmile jsou všichni cestující a jejich zavazadla na svém místě, obdrží posádka loadsheet, což je dokument obsahující informace o rozložení hmotnosti a z toho plynoucí polohy těžiště. Dochází také k finální domluvě mezi velitelem letadla a ramp agentem, jenž má odbavení letounu na starost. Po dokončení všech procedur, které posádka musí provést před prvním pohybem letounu, zažádá o pojiždění a po obdržení povolení taxuje na povolenou odmrazovací stojánku. Po zastavení se k letadlu připojuje přes sluchátka s mikrofonom opět ramp agent, u společnosti Menzies většinou ten stejný, který odbavoval letoun a u společnosti ČSAH pracovník, který zodpovídá za odmrazování. [10]

Tento člověk pouze sdělí posádce poměr odmrazovací kapaliny a vody a také začátek samotného odmrazování. To je důležité k výpočtu HOT – hold over time. Ten je závislý na typu odmrazovací kapaliny, teplotě a typu přeháněk. Pilot pak pomocí tabulky vypočítá čas, do kterého musí letoun vzlétnout. Nakonec RA udělá kontrolu letounu a řekne posádce, že je proces hotový. Ta udělá nutné úkony, vyžádá pojiždění a odjíždí pryč z DA. [10]



Obrázek 2-6: Grafické zobrazení výměny informací  
Výměna informací během odmrazování. [zdroj koláže: autor]

### 2.3.1.1 Zprávy DPI a spolupráce s NMOC

Pražské letiště v rámci systému A-CDM, stejně jako velká řada evropských letišť, spolupracuje se střediskem řízení toku letového provozu (NMOC), kterému poskytuje zprávy DPI (Departure planning information). Tyto zprávy jsou automaticky generovány na základě událostí spojených s daným letem jako například změna TOBT, TSAT atd. [10][11]

Zprávy DPI a v nich obsažená data a informace jsou centrem NMOC používána k vyhodnocování toku letového provozu, případně i přidělování odletových slotů – CTOT. Ty pak slouží k regulaci, aby se zamezilo zbytečným prostojeům na zemi a prodlužování času ve vzduchu (kvůli změnám tras z důvodu bezpečných rozstupů mezi letadly). [10][11]

Existuje pět typů zpráv DPI podle toho, kdy jsou odesílány:

Typ DPI zprávy	Čas, kdy je odesílána
P-DPI (Predicted DPI)	Po podání FPL
E-DPI (Early DPI)	180 – 120 minut před EOBT
T-DPI-t (Target DPI-Target)	120 – 30 minut před EOBT
T-DPI-s (Target DPI-Sequenced)	40 – 10 minut před EOBT
A-DPI (ATC DPI)	15 minut před EOBT
C-DPI (Cancel DPI)	Kdykoliv po odeslání DPI zprávy

*Tabulka 2-1: Převzatá tabulka s typy zpráv DPI*

[10]

Tyto typy zpráv poskytují různé informace, které jsou shrnuty v tabulce 2-2.

	E-DPI	T-DPI-t, T-DPI-s	A-DPI	C-DPI
DPISTATUS	Ano	Ano	Ano	Ano
ARCID	Ano	Ano	Ano	Ano
ADEP	Ano	Ano	Ano	Ano
ADES	Ano	Ano	Ano	Ano
EOBT	Ano	Ano	Ano	Ano
EOBD	Ano	Ano	Ano	Ano
TOBT	Ano	Ano	Ne	Ne
TSAT	Ne	Ano	Ne	Ne
TAXITIME	Ano	Ano	Ano	Ne
TTOT	Ano	Ano	Ano	Ne
SOBT	Ano	Ne	Ne	Ne
SOBD	Ano	Ne	Ne	Ne
AOBT	Ne	Ne	Ano	Ne
AOBD	Ne	Ne	Ano	Ne
SID	Ano	Ano	Ano	Ne
ARCTYP	Ne	Ne	Ne	Ne
REG	Ne	Ne	Ne	Ne
DEPSTATUS	Ano, pokud vyžádáno	Ano, pokud vyžádáno	Ano, pokud vyžádáno	Ano, pokud vyžádáno
IFPLID	Ne	Ne	Ne	Ne
ORIGIN	Ne	Ne	Ne	Ne

Tabulka 2-2: informace poskytované DPI zprávami [11]

## 2.4 Fáze odmrazování

Abychom si mohli lépe definovat nedostatky aktuálního odmrazování na Ruzyni, bude vhodné si odmrazování rozdělit do dvou fází:

1. **Přípravná fáze** – Vše, co musí proběhnout před příjezdem na odmrazovací stojánku.
2. **Výkonná fáze** – Tato fáze začíná příjezdem letounu na odmrazovací stojánku a končí jeho odjezdem po úspěšném odmrazování.

V obou těchto fázích můžeme najít prvky, jež mohou být vylepšeny, či nahrazeny. Snaha je taková, najít co možná nejrychlejší a nejefektivnější cestu pro vylepšení průběhu odmrazování od samotného počátku – tj. příchod počasí, u kterého je předpoklad pro vznik námrazy či sněhové pokrývky na povrchu letounu, až po úplný konec a tím je úspěšný vzlet. To je totiž moment, při kterém by na vztlakových a kontrolních plochách a trupu letadla neměla zůstat žádná odmrazovací kapalina a je tedy odkázáno na své protinámrazové systémy.

## 2.5 Nedostatky současných postupů odmrazování

### Nedostatky přípravné fáze odmrazování

Největším problémem jsou momentálně nedostatečně přesné časy EDIT, které odhadují supervizoři odmrazování jednotlivých handlingových společností. Ti mají na starosti také přidělení odmrazovacího místa. Další nevýhodou je to, že rozdělení letadel se striktně řídí tím, se kterou handlingovou společností mají aerolinky podepsanou smlouvu na odbavování letadel, a tedy i odmrazování. Z tohoto pak plynou zpoždění, jelikož jedni nestíhají, zatímco druhá společnost má na svých odmrazovacích stáních volno. Takový princip může vytvářet zpoždění letadel, i když by k němu při rovnoměrném rozdělování letů na odmrazovací stojánky nemuselo docházet.

Další komplikací bývají žádosti o odmrazování, které buďto chodí pozdě nebo dochází k pozdním změnám požadavků posádek. Je proto problém efektivně řadit letouny, když do poslední chvíle není jasné, které z letů budou mít o odmrazování zájem, a které ne. Bylo by proto žádoucí vymyslet postup, jak předejít zmatkům spojeným s objednávaním handlingových služeb – konkrétně s odmrazováním, aby letištní personál nebyl zaskočen náhlými změnami. Jsou sice daná pravidla dokdy musí posádka letadla nahlásit požadavek, ale ne zřídka se stává, že danou situaci přehodnotí na poslední chvíli. Tuto skutečnost navíc umocňuje fakt, že podmínka podání žádosti o odmrazování 25 minut před TOBT je



především u nízkonákladových dopravců těžko splnitelná kvůli jejich krátkým průletovým časům.

### **Shrnutí**

- Neefektivní rozdělování odmrazovacích míst
- Nekvalitní časy EDIT
- Pozdní nebo měnící žádosti pro odmrazování

### **Nedostatky výkonné fáze odmrazování**

Pokud se budeme bavit o fázi výkonné, zde dochází k největším časovým ztrátám, pokud stojánku obsluhuje jeden či více nových řidičů odmrazovacích vozů. Stroje Safeaero jsou ovládány pouze jedním pracovníkem, což znamená, že řídí pohyb celého vozu a zároveň nasměrování trysky, která nanáší odmrazovací kapalinu. Možnost natrénovat si odmrazování mimo reálný provoz, by jistě ocenili i řidiči strojů Volvo, kteří sice neřídí poježdění vozu kolem letounu, ale ovládají směr trysky a také polohu kabiny. Jejich výcvikové možnosti jsou v dnešní době velmi omezené a učí se především během plného provozu, kdy jsou instruováni zkušenějšími kolegy přímo v kabině odmrazovacího stroje.

Dalším vylepšením, které příliš neovlivní výsledný čas, ale udělá proces přehlednější pro posádky letounu a může mít úsporný účinek pro handlingové společnosti, je použití mobilních informačních tabulí. Ty by mohly zabraňovat nedorozumění mezi pozemním pracovníkem odmrazování a posádkami. Na normálních stání informační tabule pro letouny, kde se zobrazují směrodatné časy normálně fungují. Proč by tedy na podobném principu nemohly fungovat odmrazovací stání? Toto by také zlevnilo náklady na personál, protože by na letišti mohl být pouze jeden takový pracovník na více odmrazovacích míst a sloužil by pouze jako záloha.

### **Shrnutí**

- Nedostatečný výcvik řidičů odmrazovacích strojů
- Možná nepřehlednost předávaných informací při procesu odmrazování

## 3 Navrhované řešení

Navrhovaná řešení jsou rozdělena do dvou kategorií podle toho, který nedostatek řeší. V kapitole 3.1 jsou navrhovaná řešení fáze přípravné, zatímco nedostatky fáze výkonné jsou popsány v kapitolách 3.2 a 3.3.

### 3.1 De-Icing manager

Návrh počítačového nástroje, který by využívali především pracovníci, kteří mají na starosti přímo odmrazování jako De-icing supervisor nebo coordinator. Tento nástroj řeší všechny výše zmíněné nedostatky přípravné fáze. Jeho cílem je eliminování lidských chyb, větší stabilita vypočítávaných časů EDIT a efektivnější rozdělování odmrazovacích stojánek, což znamená zvýšení kapacity ošetřených letadel za stejný časový úsek a tím pádem omezení front před odmrazovacími stojánkami, menší spotřeba paliva letadel, ale také zvýšení plynulosti odletů i při tom nejhorším zimním počasí.

#### 3.1.1 Funkce De-icing managera

- Posuzování aktuálního počasí a předpovědi
- Upozornění letištních subjektů a případné svolání krizového štábu
- Automatické generování času EDIT
- Funkce automatického řazení

[12]

#### 3.1.2 Posouzení aktuálního počasí a předpovědi

Samotný program by měl sám i bez přispění jeho operátora vyhodnocovat aktuální situaci, aby mohl upozornit obsluhu, že se blíží počasí, které může mít v určité míře pravděpodobnosti předpoklad, že letadla budou před vzletem potřebovat ošetření odmrazovací kapalinou. Program by upozorňoval, jak na aktuální stav počasí, tak zároveň na předpověď blížícího se počasí, a to díky datům z meteoaplikace letiště.

Tato aplikace sdružuje všechny důležité meteoinformace jako zprávy METAR, TAF, SIGMET, SPECI, SNOWTAM atd. Bude tedy procházet tyto zprávy a z nich analyzovat potenciální nebezpečí, upozorňovat svého operátora (de-icing coordinatora) a také na základě tohoto vyhodnocení počasí bude další funkcí řazení letounů do sekvence na

odmrazování bez předchozí žádosti posádky (toto je popsáno níže v kapitole „Funkce automatického řazení letadel“. Letištní meteoaplikace dnes nepoužívá své prostředí k identifikaci stupně varování s ohledem na proces odmrazování, a proto byl vytvořen tento návrh.

Především zprávy METAR, nebo zpráva SPECI v případě náhlé změny, by byly používány k vyhodnocování aktuálního počasí, zatímco zpráva TAF jako eventuální riziko v nejbližších hodinách. Ten musí být pro potřeby upozornění na námrazu kombinován s předpovědí teploty poskytovanou aplikací Českým Hydrometeorologickým Ústavem.

### 3.1.2.1 Vyhodnocení aktuálního počasí

V okně pro aktuální počasí budou zobrazována níže popsaná upozornění.

Takové upozornění může být rozděleno do tří, respektive čtyř úrovní a to:

- **Nultý stupeň (bez varování)** – Pokud počasí bude nad 0 °C bez srážek, měla by se operátorovi objevit pouze tato hláška a barevné označení bude zelenou barvou.
- **1. stupeň varování** – Zde by mělo jít pouze o jednostupňové odmrazování (tzn. není potřeba ochrana proti námraze). Takové upozornění by bylo aktivováno v případě poklesu na 0 °C a níže, tedy za předpokladu vzniku jinovatky na křídlech letounů, která navíc mohou být podchlazena od studeného paliva, anebo 1 hodinu po pominutí upozornění na střední či silnou námrazu, jelikož na letadlech stále může být kontaminant k odstranění. Takové jevy budou spojovány s barvou žlutou
- **2. stupeň varování** – Toto varování se týká dvoustupňového odmrazování s dobou účinnosti 10 minut a více. Takovou výstrahou by byl personál letiště upozorněn při poklesu teploty na 3 °C a níže a výskytu srážek s výjimkou těch zmíněných níže u silné námrazy. Označení této střední úrovně výstrahy bude zvýrazněno barvou oranžovou. Zde je již zvednutá hranice pro nejvyšší teplotu, tedy 3 °C, jelikož se sněhové přeháňky mohou vyskytovat i při teplotě vyšší bodu mrazu.
- **3. stupeň varování** - Dvoustupňové odmrazování s dobou účinnosti 10 minut a méně. Poslední upozornění by bylo aktivováno v případě mrznoucího deště, který sice při vyšší teplotě než -3 °C není takovým problémem, nicméně pokud teplota poklesne pod -3 °C, tak již letoun nemůže být odmrazen, a tudíž ani nemůže opustit letiště. Velmi krátký HOT je pro tzv. „Snow Grains“ nebo „Snow Pellets“. Jevy definované jako „Other“ v posledním sloupci jsou – „Heavy snow, ice pellets, moderate and heavy freezing rain, small hail and hail“. U těch není žádný HOT, jelikož je při jejich výskytu ochrana kapalinou natolik neúčinná, že letouny operovat nemohou.

**TABLE 9: TYPE II HOLDOVER TIMES FOR CLARIANT SAFEWING MP II FLIGHT PLUS**

Outside Air Temperature <sup>1</sup>	Fluid Concentration Fluid/Water By % Volume	Freezing Fog or Ice Crystals	Snow, Snow Grains or Snow Pellets <sup>2,3</sup>	Freezing Drizzle <sup>4</sup>	Light Freezing Rain	Rain on Cold Soaked Wing <sup>5</sup>	Other <sup>6</sup>
-3 °C and above (27 °F and above)	100/0	2:40 - 4:00	0:50 - 1:50	1:25 - 2:00	0:45 - 1:00	0:15 - 2:00	CAUTION: No holdover time guidelines exist
	75/25	2:35 - 4:00	1:00 - 1:45	1:35 - 2:00	0:50 - 1:15	0:15 - 1:15	
	50/50	1:05 - 2:20	0:15 - 0:25	0:30 - 1:05	0:15 - 0:20		
below -3 to -8 °C (below 27 to 18 °F)	100/0	0:40 - 2:20	0:40 - 1:30	0:35 - 1:25	0:35 - 0:55		
	75/25	0:30 - 1:45	1:00 - 1:40	0:25 - 1:10	0:30 - 0:45		
below -8 to -14 °C (below 18 to 7 °F)	100/0	0:40 - 2:20	0:35 - 1:15	0:35 - 1:25 <sup>7</sup>	0:35 - 0:55 <sup>7</sup>		
	75/25	0:30 - 1:45	0:55 - 1:40	0:25 - 1:10 <sup>7</sup>	0:30 - 0:45 <sup>7</sup>		
below -14 to -18 °C (below 7 to 0 °F)	100/0	0:20 - 0:40	0:02 - 0:07				
below -18 to -25 °C (below 0 to -13 °F)	100/0	0:20 - 0:40	0:01 - 0:03				
below -25 to -29 °C (below -13 to -20 °F)	100/0	0:20 - 0:40	0:00 - 0:01				

Tabulka 3-1: Tabulka HOT

Tabulka pochází z de-icing manuálu společnosti Smartwings pro kapalinu Clariant Safewing MP II Flight Plus.

[26]

Grafické znázornění rozdělení upozornění, jenž bude aktivovat De-icing Manager v případě zhoršení počasí. Uvnitř modrého ohraničení jsou jevy, kterých se týká upozornění na silnou námrazu. Zbytek tabulky jsou jevy spojené s upozorněním na střední úroveň námrazy, tedy počasí, při kterém je potřeba odmrazovat dvoustupňově, ale doba HOT se pohybuje v desítkách minut.

Při rozdělení do těchto kategorií se vycházelo z tabulky pro kapalinu typu II výrobce CLARIANT, jehož kapaliny jsou používány na Letišti Praha. Jak bylo zmíněno, tak postupy společností i využívání daných typů kapalin nejsou jednotné, nicméně většina tabulek těchto kapalin se liší pouze v rámci jednotek minut, a proto byla vybrána jako ukázková ta pro Clariant Safewing MP II flight Plus.

### 3.1.2.1.1 Shrnutí

#### 1. Stupeň varování

≤ 0 °C, žádné srážky ani mlha s kratší dohledností než 1600 m,  
Nebo 1 hodina po deaktivaci dvou dalších stupňů varování

#### 2. Stupeň varování

≤ 3 °C v kombinaci s FZFG, nebo dohlednost menší než 1600 m  
≤ 3 °C, ≥ -14 °C v kombinaci s IC, SN, -SN, SG, GS, FZDZ, -FZRA, RA (kvůli možnosti namrzání srážek na podchlazených křídlech)

#### 3. Stupeň varování

≤ 3 °C v kombinaci s +SN, PL, FZRA, +FZRA, GR  
≤ -14 °C v kombinaci s SG, GS, FZDZ, -FZRA

Tabulka 3-2: Shrnutí stupňů varování

[zdroj: autor]

Pozn. Platí i pro modifikace těchto jevů, kdy je před daný kód přidán jeden z těchto popisu DR, BL, SH, TS – příklady: DRSN, SHGR nebo TSSN. Vyhodnocování funguje stejně ať už s modifikací nebo bez. Program pracuje pouze na základě jevů určených v tabulce nezávisle na tom, jak jsou modifikovány. [13]

#### Příklady:

**METAR LKPR 101430Z 27007KT 9999 FEW036 M03/M05 Q1024 NOSIG RMK REG QNH 1020=**

V tomto případě by program měl vyhodnotit, riziko mírné námrazy a aktivovat upozornění „1. stupeň varování“ a zvýraznit uživateli jev, který vyhodnotí jako riziko. Zde jde tedy o teplotu -3° C.

**METAR LKPR 111400Z 28006KT 9000 -SN OVC006 M01/M04 Q1021 NOSIG RMK REG QNH 1022=**

Zde je kódovaná zpráva upozorňující na mírné sněžení a teplotu -1 ° C. Toto musí program vyhodnotit jako stupeň středního nebezpečí námrazy, jelikož může být potřeba dvoustupňové odmrazování.

### 3.1.2.2 Vyhodnocení předpovědi

Použity budou opět všechny 3 stupně varování, aby operátor přehledně viděl barevně rozlišeno v kolik hodin bude jaké počasí. Využito bude časové osy, tedy principu letištní aplikace, na které budou barevně odlišené hodiny, kdy hrozí odmrazování. Platit by měla stejná logika jako u aktuálního počasí shrnutá v tabulce 3-2.

Uživatel si pak bude muset sám zvážit pravděpodobnost této předpovědi, jelikož program nebude rozlišovat mezi závažností indikátorů změny BECMG, FM nebo TEMPO, které navíc může být v kombinaci s PROB30 a PROB40. Toto už si bude muset vyhodnotit operátor, který bude muset znát co tyto zkratky znamenají, jelikož grafické zobrazení není dost možné odlišit. Aplikace tedy pouze vyznačí časové období, kdy mají takové změny nastat. Veškeré pravidla pro používání těchto indikátorů změny jsou k dispozici v leteckém předpisu L-3, týkající se Meteorologie, konkrétně v části Doplněk 5 - 3. [13]

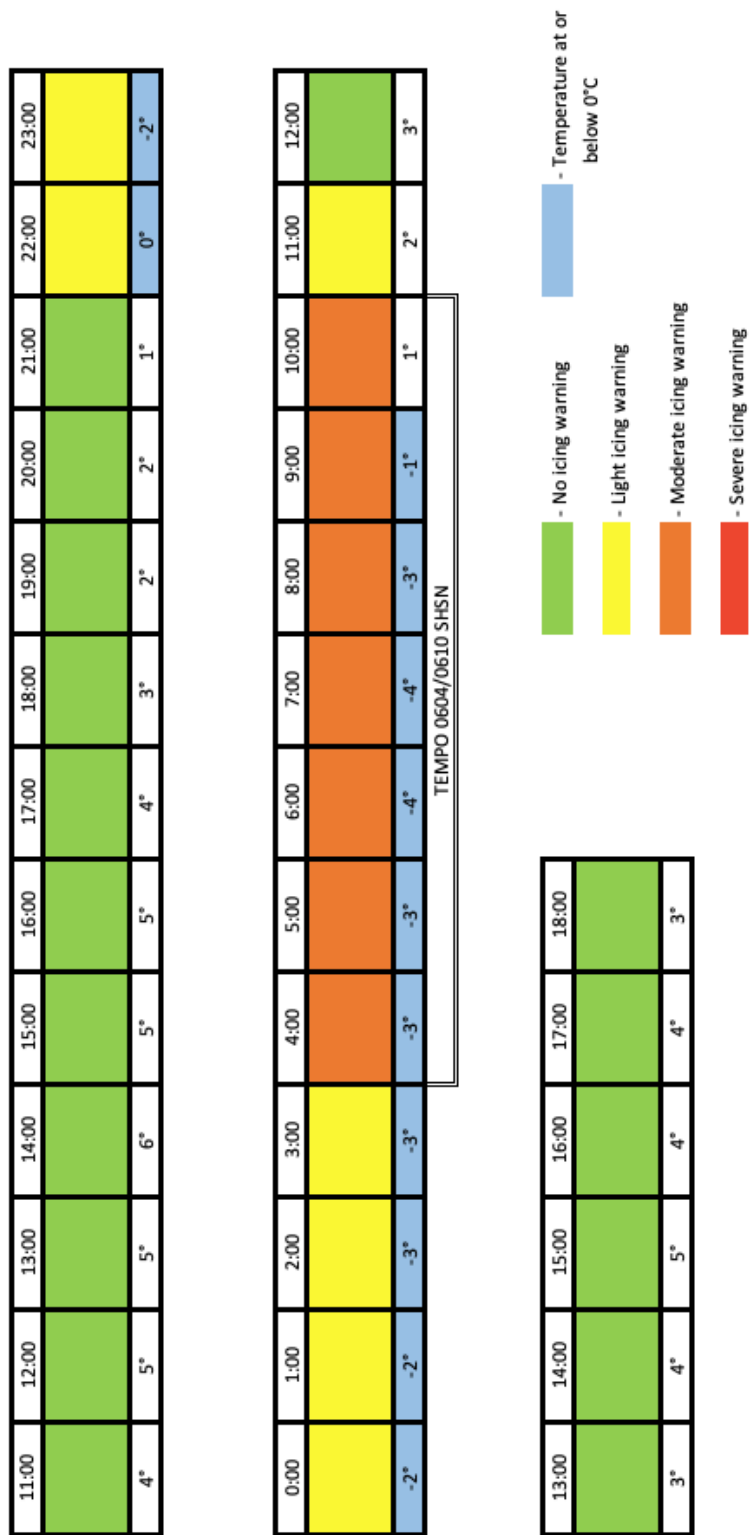
Dále by měla být využita také hodinová předpověď teplot na letišti, jelikož i když není předpovídaný žádný význačný meteorologický jev, je zde nebezpečí vzniku jinovatky na povrchu křídel v místech, kde jsou palivové nádrže, pokud teplota klesne pod 0°C. Toto pravidlo opět koresponduje s tabulkou 3-2. [13]

Program by měl umět přečíst vždy také časový údaj, který bývá buď na začátku TAFu, nebo za indikátorem změny. Ten bývá ve formátu DDHH/DDHH, tedy vždy den v měsíci a hodina odkdy začíná platit a za lomítkem den v měsíci a hodina, kdy platnost končí včetně obou časových údajů. [13]

Příklad:

```
TAF LKPR 051100Z 0512/0618 31010KT CAVOK TEMPO 0512/0515 9999
SCT030 BECMG 0515/0517 24008KT BECMG 0602/0604 9999 BKN018 TEMPO
0604/0610 BKN013 OVC020 SHSN BECMG 0612/0614 9999 SCT030=
```

V ukázkovém pražském TAFu můžeme vidět upozornění na „snow showers“ – tedy sněhové přeháňky. K tomuto TAFu byly přiřazeny i ukázkové hodnoty předpovědi teplot, aby mohlo být vytvořeno schéma, které by měl možnost zobrazit uživatel a měl tudíž větší přehled o počasí následujících hodin vzhledem k potřebě odmrazování.



Obrázek 3-1: Návrh schématu pro předpověď počasí

[zdroj: autor]

### 3.1.3 Upozornění letištních subjektů a případné svolání krizového štábu

Na základě vyhodnocení nebezpečí může být upozornění de-icing managera také impulzem pro varování některých letištních subjektů, či dokonce pro svolání krizového štábu. Při nejnižším úrovní upozornění, tedy při „žlutém“ 1. stupni varování, by nic takového nebylo potřeba. Během zhoršení předpovědi na střední úroveň, tedy „oranžový“ 2. stupeň varování, by již byly upozorněny všechny zúčastněné strany jako subjekty provádějící odmrazování, zástupce Letiště Praha, řízení letového provozu a další. Jelikož tyto meteorologické podmínky již mohou snižovat kapacity letiště a je nutné s tím počítat a připravit se. Poslední a nejvyšším upozorněním je „červený“ 3. stupeň varování, což by mělo pro letiště znamenat setkání zástupců všech stran, aby se probraly řešení, počty pracovníků, a to nejen odmrazování, ale také úklidové čety, které mají na starost odklizení sněhu z runwaye. Takové setkání, nazveme ho krizovým štábem, by mělo proběhnout minimálně 24 hodin dopředu (pokud je to možné), aby bylo možné reagovat na vzniklou situaci. Může se ale stát, že přijde změna v horizontu kratším 24 hodin nebo i náhle bez předchozí předpovědi a krizový štáb je svolán i v návaznosti na tuto situaci. De-icing manager proto vydá upozornění a de-icing coordinator pak elektronicky, nebo telefonicky upozorní všechny, kterých se to týká.

#### Shrnutí

1. Stupeň varování	Žádná reakce
2. Stupeň varování	Dává podnět k upozornění zúčastněných stran na základě vyhodnocení počasí
3. Stupeň varování	Dává podnět ke svolání tzv. krizového štábu (ideálně) 24 hodin dopředu, nebo v návaznosti na aktuální změny v počasí

Tabulka 3-3: Shrnutí reakcí

[zdroj: autor]

#### Složení krizového štábu:

- Řízení letového provozu
- Meteoslužba LKPR
- V Praze bázovaní dopravci (Smartwings a Ryanair)
- Handlingové společnosti provádějící odmrazování
- Provozovatel Letiště Praha



### 3.1.4 Funkce automatického řazení letadel

Nutno podotknout, že De-icing manager nemá konkurovat Start-up managerovi, který využívají pro řazení řídicí letové provozu, nýbrž má usnadnit práci těm, kteří mají na starost odmrazování. DiM bude tvořit statické řazení letadel, které bude začínat zpracovávat 2 hodiny před jejich plánovaným časem EOBT. K tomuto řazení samozřejmě bude muset platit podmínka zhoršeného počasí, a to podle pravidel popsanych v kapitole 3.1.4.1. Podmínka oněch dvou hodin je velmi důležitá, neboť to je čas, kdy jsou zpravidla lety slotovány, tedy je jim přidělen čas CTOT.

Díky tomuto dřívějšímu řazení by měl mít coordinator či supervisor odmrazování větší přehled o provozu, jenž bude v nejbližších hodinách na letišti probíhat a výstup z něj budou mít k dispozici řídicí letového provozu. De-icing manager by neuměl počítat se všemi potřebnými proměnnými jakými jsou například LVP postupy, rozstupy kvůli turbulenci v úplavu aj., a proto je pouze doplňujícím nástrojem pro zefektivnění procesu, eliminaci slabých míst a větší možnost predikce provozu v horizontu nejbližších hodin. Může například upozornit na to, že při provozu jak v ranní, tak v odpolední špičce, je riziko při zhoršeném počasí propadání odletových slotů z důvodu nedostatečné kapacity odmrazování vyšší a nebude možné stihnout odmrazit všechny lety. To by zajišťovalo možnost včasné reakce na vzniklou situaci.

Jak již bylo řečeno, jeho hlavní náplní má být statické řazení letadel do tohoto pořadníku a poté by do toho měly především vstupovat už jen další dvě proměnné a to:

- Změna TTOT, resp. CTOT – Tyto časy mohou být změněny například na základě změny TOBT nebo EOBT.
- Počasí – nelze s jistotou předpovědět vývoj počasí, a tedy ani na 100 % nevíme, zda se bude odmrazovat nebo ne.

#### 3.1.4.1 Podmínky pro zahájení řazení

Vyhodnocení předpovědi počasí by mělo také do jisté míry pomoci s pozdními žádostmi o odmrazování. Jsou zde prostoje s nahlášením požadavku na odmrazování, čímž dochází ke zmatkům. Správný postup by měl být takový, že posádka informuje ramp agenta nejpozději 25 minut před časem TOBT. Z různých důvodů tomu tak často není, i když je podle stavu počasí evidentní, že odmrazování bude potřeba. Velké problémy s tímto limitem 25 minut mohou mít nízkonákladoví dopravci a je otázka, zda by nebylo na místě zkrátit tuto podmínku z 25 na 20 minut, a to právě především kvůli krátkým průletovým časům těchto aerolinek.

Na základě vyhodnocení počasí, respektive vzniku upozornění bude automaticky započato řazení letadel do sekvence na odmrazování. Asi nemá smysl, aby toto fungovalo u nejnižší úrovně varování (1.stupeň varování), tedy s jednou výjimkou, a to v ranních hodinách při prvních odletech, kdy jsou po mrazivé noci jinovatkou omrzlá křídla letounů – tedy například v intervalu, kdy začínají první ranní odlety až hodinu či dvě po svítání, kdy je již většina letadel, které byly přes noc na letišti pryč. Navíc začíná působit slunce, jež ohřívá povrchy letadel.

Takové opatření má smysl především u meteorologických jevů, u kterých je potřeba dvoustupňového odmrazování, tedy ochrana před nějakým typem přeháňky způsobující vznik kontaminantu na povrchu letounu. Z tohoto důvodu by program automaticky řadil, pokud by úroveň varování dosáhla 2. a 3. stupně varování, jelikož při těch panuje předpoklad, že odmrazování budou potřebovat všechny, nebo alespoň většina odlétajících letadel.

#### **Shrnutí případů, kdy De-icing manager začíná řadit:**

- 1. stupeň varování – pouze ranní odlety
- 2. stupeň varování
- 3. stupeň varování

#### **3.1.4.2 Vstupní a výstupní informace De-icing managera**

Aby mohl De-icing manager efektivně letadla řadit, potřebuje si umět spočítat čas potřebný k pojiždění na odmrazovací stojánku a také délku samotného procesu. K tomu je potřeba, aby měl aktuální informace o plánovaných odletech, stáních letadel a přidělených slotech. Také je potřeba, aby šlo navolit počet míst pro odmrazování, která jsou k dispozici, počet odmrazovacích strojů té dané handlingové společnosti, a aby program zvládl vzít počasí z letištní meteoaplikace, kde jsou sdruženy všechny informace o počasí a vyhodnotil si, zda půjde o jedno či dvoustupňové odmrazování (samozřejmě s možností změny uživatelem).

#### **Shrnutí:**

##### Vstupní informace

- Předpověď počasí
- Informace z letových plánů (EOBT atd.)
- Informace ze systému LP (odbavovací stání, TTOT, CTOT atd.)
- Informace o aktuálních kapacitách odmrazovacích stání

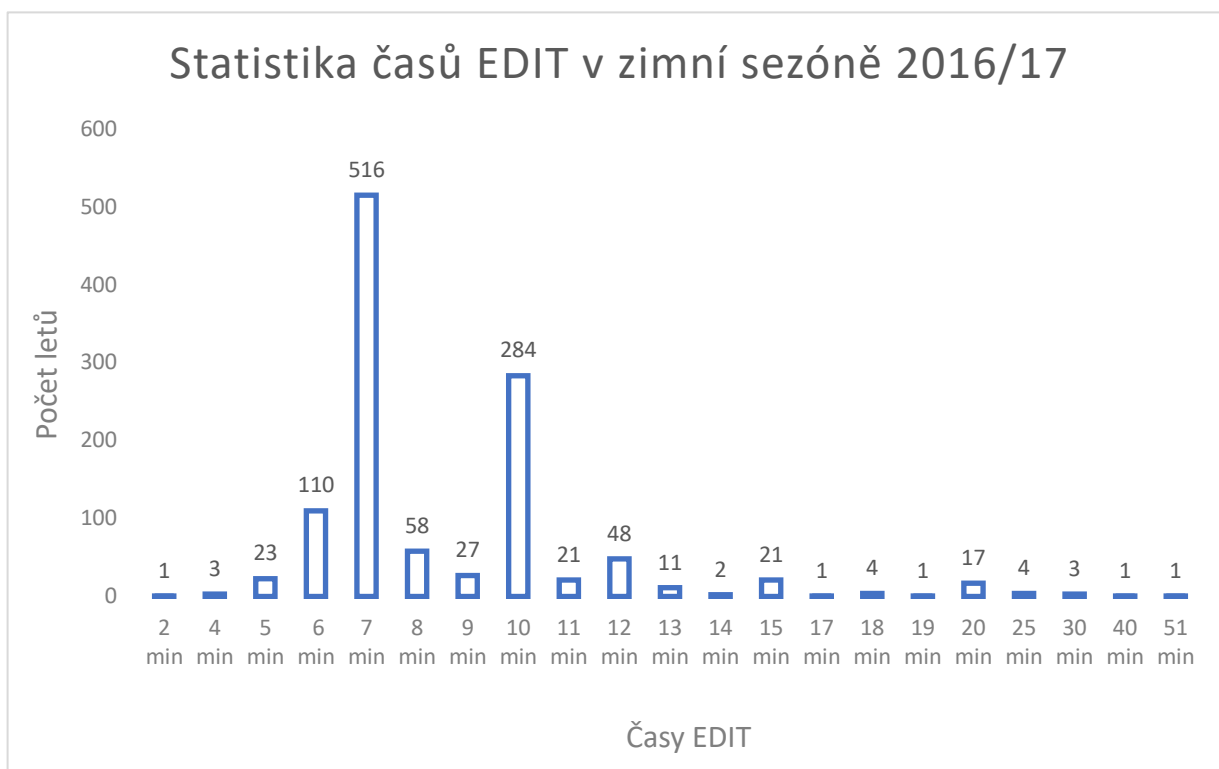
## Výstupní informace

- Sekvence řazení letů založená na:
  - EDIT
  - EDIS
  - Odmrazovací stojance

### 3.1.4.3 Analýza a návrh stabilizace času EDIT

Důležitým krokem je pokusit se stabilizovat časy EDIT, aby nevznikaly velké rozdíly mezi předpokládaným časem odmrazování a časem, který pak odmrazování reálně zabere. Nynější praxe supervisorů odmrazování, kdy nejsou přesně určená pravidla pro přidělení času EDIT, obsahuje nedostatky, které vedou k nestabilním časům EDIT. K dispozici pro tuto analýzu jsou data z jedné zimní sezóny, které obsahují více než tisíc letů, jenž byly odmrazeny a jsou známe jejich časy EDIT i ADIT.

Nejprve si pomocí následujícího grafu ukažme, jaké časy EDIT byly za dané časové období jednotlivým letům nejčastěji přidělovány.



Graf 3-1: Statistika EDITů

Graf znázorňující přiřazované časy EDIT, které se předpokládají při vložení do systému a počet letů, které daný EDIT dostaly po čas hlavní části zimní sezóny 2016/2017 – prosinec, leden, únor. [zdroj: autor]

Celkový počet odmrazovaných letů od začátku prosince roku 2016 do konce měsíce února roku 2017 činil 1162. Z toho největší počet byly letadla typu Airbus A320 family a Boeing 737 NG, což činí 926 letů. Tyto letadla jsou velikostně velmi podobná, proto byly ze statistiky odebrány ostatní typy, jelikož by v analýze tvořily zbytečné výkyvy. Průměrná doba odmrazování větších letadel typu B747 a A380 je mnohem delší než u zmíněných typů a zároveň byla nutnost vyjmout i menší letouny, protože tam se časy odmrazování pohybují v menších hodnotách. Všechna tyto data jsou k dispozici v Příloze 1, která je vzhledem k počtu dat k dispozici v elektronické podobě.

Ze statistiky pro letouny kategorie C (v našem případě pouze letadla typu A320 family a B737 NG) byly odstraněny také extrémní hodnoty a ponechány pouze ty nejméně frekventované, které jsou navíc rozděleny do dvou skupin, kde jako hranice je vzata hodnota 10 minut, tedy:

- Lety s časem EDIT 6-9 minut
- Lety s časem EDIT 10-12 minut

#### 3.1.4.3.1 Průměrné odchylky

Při následném porovnání hodnot EDIT a ADIT bylo zjištěno že časy ADIT, tedy reálná hodnota odmrazování byla u první skupiny v průměru 2,07 minuty delší než čas EDIT. Prvotně přidělený čas EDIT bývá updatován při nahazování motorů daného letadla. Ten se potom liší už jen průměrně o +1,32 minuty.

#### Shrnutí

Lety s přiděleným časem EDIT 6-9 minut

Průměrná odchylka prvně přiděleného času EDIT	+ 2,07 minuty
Průměrná odchylka updatovaného času EDIT	+ 1,32 minuty

Tabulka 3-4: Shrnutí průměrných odchylek časů EDIT 6-9 minut

[Zdroj: autor]

U druhé skupiny letů, tedy těch, kde letadlo strávilo na odmrazovací stojánce 10 minut a více je čas EDIT delší o 0,075 minuty, což se jeví jako relativně přesný předpoklad. Průměrný rozdíl mezi updatovaným časem EDIT a ADIT je paradoxně větší a to 0,163 minut.

## Shrnutí

Lety s přiděleným časem EDIT 10-12 minut

Průměrná odchylka prvně přiděleného času EDIT	+ 0,075 minuty
Průměrná odchylka updatovaného času EDIT	+ 0,163 minut

*Tabulka 3-5: Shrnutí průměrných odchylek časů EDIT 10-12 minut*

*[Zdroj: autor]*

Z dlouhodobějšího hlediska mohou časy EDIT působit velice přesně, nicméně pokud se podíváme na počty nepřesných EDITů, tak tato statistika již tak optimisticky nevypadá. Je proto nutné zkoumat odchylky jednotlivě, a ne jako celek.

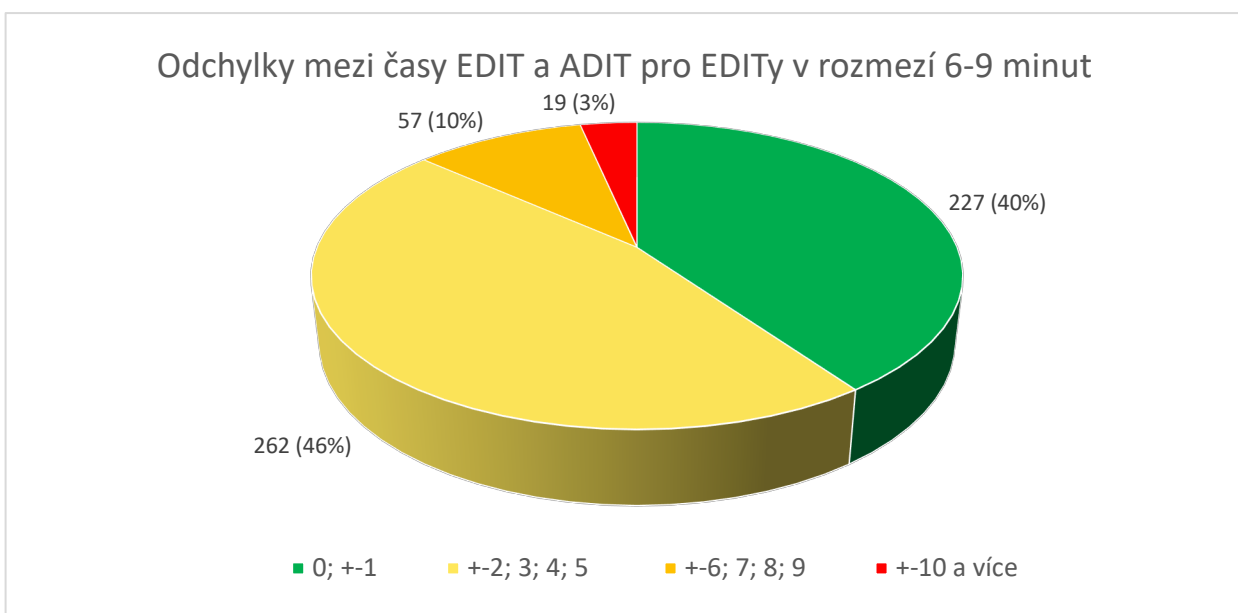
### 3.1.4.3.2 Procentuální přesnost času EDIT

Jak již bylo řečeno statistika celkového průměru odchylek není směrodatná, v této části se proto podívejme na přesnost přidělených EDITů jednotlivě. Důležitou hodnotou je procentuální přesnost této předpovědi. Z následujících grafů můžeme vyvodit, že časy EDIT nejsou katastrofálně nepřesné, nicméně. úspěšnost takové předpovědi se pohybuje jen kolem 50 %. Tudíž je zde velký prostor pro zlepšení, které by znamenalo lepší využití kapacity odmrazování a zmenšení zpoždění. Odchylky nyní rozdělíme do 4 kategorií:

- Přesné – odchylka v rámci +/- 1 minuty
- Mírná odchylka – odchylka v rámci +/- 2 až 5 minut
- Středně velká odchylka – odchylka v rámci +/- 6 až 9 minut
- Velká odchylka – odchylka v rámci +/- 10 minut a více

Jako velmi přesný odhad můžeme považovat lety s chybou 1 minuty a v grafu jsou označeny zelenou barvou. Tento odhad můžeme nazvat jako tzv. „cílovou přesnost“, které chceme dosahovat po implementaci návrhu na zlepšení. Větší nepřesnosti jsou pak odstupňovány na barevné škále od žluté po červenou.

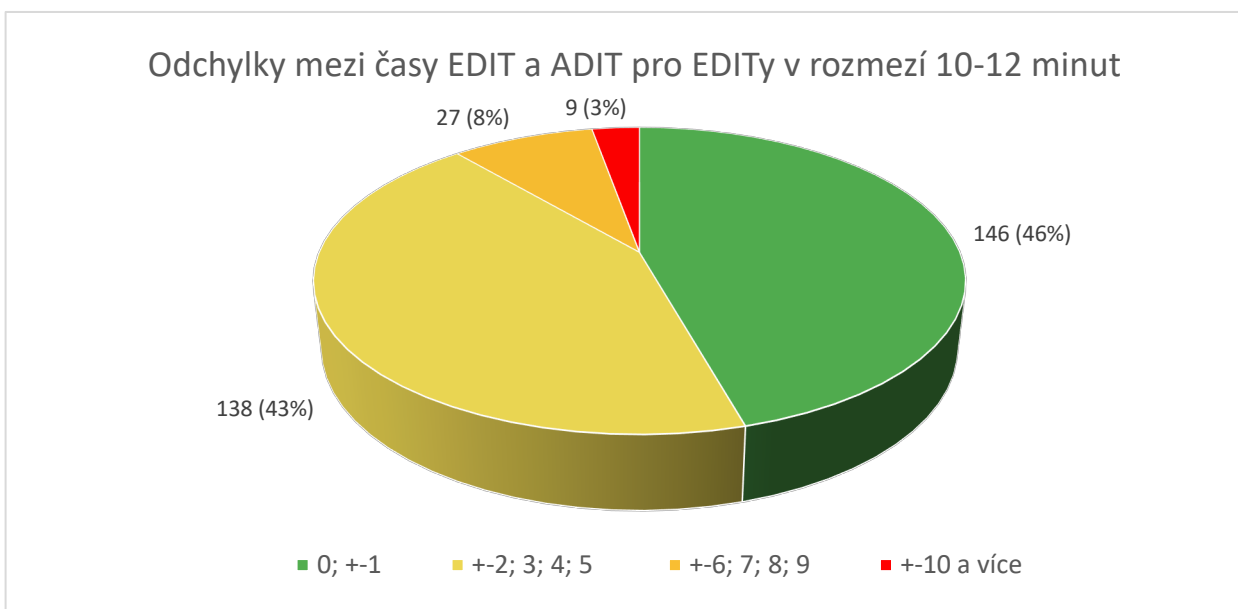
Graf letů s přiděleným časem EDIT 6-9 minut:



Graf 3-2: Graf procentuální přesnosti časů EDIT (6-9 minut)

[zdroj: autor]

Lety s přiděleným časem EDIT 10-12 minut



Graf 3-3: Graf procentuální přesnosti časů EDIT (10-12 minut)

[zdroj: autor]

Jak si můžeme všimnout, tak oba grafy jsou velmi podobné a 40 % respektive 46 % byla v daném časovém úseku přesnost časů EDIT. Velkou část grafu, srovnatelnou se zelenou, je mírná odchylka, kde už bohužel dochází k nepřesnostem a zbylá část lehce převyšující v součtu 10 % (oranžová a červená barva) znázorňuje časy EDIT, jež jsou velmi vzdáleny skutečným časům odmrazování.

#### 3.1.4.3.3 Navrhované řešení, jak časy EDIT stabilizovat

Řešením může být automatický výpočet času EDIT na základě aktuálního počasí, kde je potřeba především znát tyto informace:

- Aktuální/předpověď počasí
- Typ letounu
- Pracovní kapacity odmrazovacích společností

Počasí je zjišťováno k času CTOT/TTOT daného letu a podle něj se vyhodnocuje typ odmrazování. Rozlišovat bude jednostupňové a dvoustupňové odmrazování. Další důležitou informací, ze které bude program vycházet, je velikost letounu, ta je také, jak už bylo řečeno, k určení potřebného času klíčová. A třetí proměnnou je v tomto případě počet vozů, které má v daný moment letiště k dispozici. Program by vycházel tedy s jasně daných tabulek, které by byly vyhotoveny na základě jak zkušenosti pracovníků, tak i sesbíraných dat. K tomu bude právě potřeba získat počasí k daným dnům, kdy se odmrazovalo a jaké obsazení odmrazovacími stroji měly jednotlivé stojánky k dispozici.

Podobně automatizovaný systém mají také na letišti Heathrow v Londýně, kde na základě těchto informací přidělují časy EDIT. To může sloužit jako inspirace při vytváření pravidel pro pražské letiště.

De-icing Condition	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
MET Condition	Light			Medium				Severe		
A388	15	17	19	21	23	25	30	35	45	50
B741										
B742										
B743										
B744										
B748										
B74F										
B74N										
B74R										
B74S										
B74Y										

Tabulka 3-6: Ukázková tabulka pocházející z Heathrow

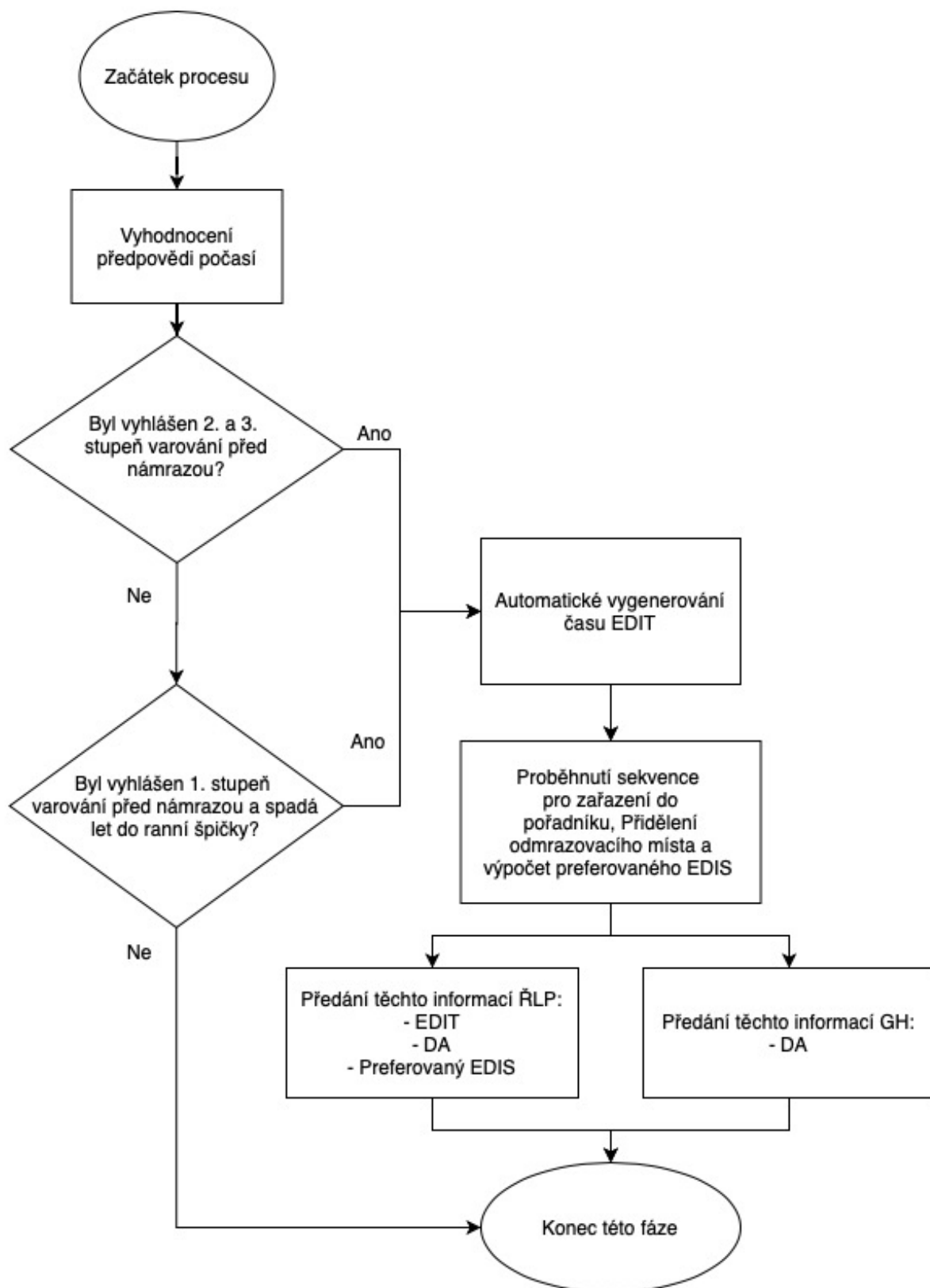
Tato ukázková tabulka 3-6 je používána pro daný počet odmrazovacích strojů a je určena pro ty největší používané dopravní letadla světa – Airbus A380 a Boeing 747 v různých verzích. V horní části je výběr předdefinovaného počasí a podle toho, které nastane je určen předpokládaný čas odmrazování v minutách.

Samozřejmě občas je potřeba i po automatickém výpočtu s časem pracovat, měl by proto program umět porovnávat posléze vložené časy ADIT posledních odmrazovaných letounů s jejich předpokladem, které vkládají pracovníci, jenž komunikují s posádkami letadel a za úkol mají také zapisování skutečných informací do letištního systému. Buď by do procesu přidělování mohl vstoupit de-icing coordinator, anebo by program updatoval EDITy sám, což se nazývá tzv. „machine learning“ mechanismus.

Pokud by například zjistil, že se poslední 3 časy EDIT odchylují o +2 minuty a více anebo v opačném případě o -2 minuty a více, tak z této odchylky by udělal průměr a polovinu z něj by přidal/ubral následnému letounu, který ještě nebyl odmrazován. Jde o to abychom slepě nepřidávali či neubírali minuty získané z rozdílu časů EDIT a ADIT, ale zase není dobré slepě stavět na tabulkových hodnotách, pokud se situace evidentně vyvíjí jinak.



### 3.1.4.4 Vývojový diagram chodu De-icing managera



Obrázek 3-2: Vývojový diagram De-icing managera

[zdroj: autor]

De-icing manager bude neustále vyhodnocovat nové předpovědi a na jejich základě, bude zpracovávat jednotlivé lety. Let by měl být zpracováván, jakmile je přidělen čas CTOT, které bývají zpravidla vydávány nejdříve 2 hodiny před EOBT, a zároveň je v době jeho odletu předpovídáno zhoršené počasí na úrovni 2. a 3. stupně varování. V případě, že let nemá přidělený čas CTOT, vychází se z času TTOT. [10]

Dalším případem, kdy De-icing manager začíná lety řadit do sekvence je 1. stupeň upozornění v kombinaci s odletovou ranní špičkou, kdy bývají odmrazovány letouny, které v Praze stráví noc a na jejich povrchu se vytvoří jinovatka. Tuto odletovou špičku by si podle statistik odletů definoval de-icing coordinator.

Jestliže je alespoň u jedné z těchto podmínek kladná odpověď, je pro let vypočítán EDIT, a to na základě potřebných informací, tedy typu letounu, předpovědi a kapacitách odmrazovacích společností. Poté proběhne sekvence pro zařazení a když program vyhodnotí kam v pořadníku a na jakou stojánku bude nejlepší let zařadit, vypočítá preferovaný EDIS.

Jakmile má program všechny potřebné informace může je začít distribuovat všem účastníkům pozemního provozu na letišti. Pro řízení letového provozu je důležitý EDIT a taky přidělená stojánka. DiM plánuje odmrazování na nějaký čas, a proto ŘLP informuje i o preferovaném čase EDIS a potom je na nich, jak moc ho budou respektovat, jelikož používají k výpočtu pojíždění svůj program – SUM. Handlingové společnosti je sdělena plánovaná odmrazovací stojánka.

Tímto krokem prvotní fáze vytváření pořadníku končí a níže jsou popsány všechny potřebné postupy a detaily chodu De-icing managera.

#### 3.1.4.5 Model statického řazení letadel na odmrazování

##### **Postup De-icing managera:**

- 1. Výpočet času odmrazování (EDIT) a času pojíždění (EXOT)** – Čas EDIT musí být v současném provozu vložen do systému A-CDM supervizorem odmrazování, zatímco program De-icing manager si tyto údaje vypočítá sám. Čas odmrazování se musí lišit podle jeho typu. Je potřeba rozlišovat jedno či dvoustupňové odmrazování, jelikož se to potom odráží na výsledném čase. Časy EDIT jsou nyní vkládány bez jakýchkoliv pravidel pouze na základě předchozí zkušenosti supervisory a návrh na vylepšení této problematiky je v podkapitole 3.1.4.3.

Časy EXOT budou taktéž počítány automaticky podle plánovaných stání jednotlivých letadel a odmrazovací stojánky v používání, což je metoda využívaná i v současném provozu.

Složitější situace vzniká, pokud je v provozu víc odmrazovacích stání. Tato problematika je popsána u bodu 5.E.

## 2. Výpočet cílového času začátku odmrazování:

Při těchto výpočtech je model postavený na využívání, pouze jedné odmrazovací stojánky. Abychom si ukázali princip řazení, není nutné jej vysvětlovat na složitějším nastavení. Cílový čas odmrazení (TDIT) je ideální čas, kam se snaží program let v pořadí umístit.

Zde je směrodatný čas CTOT, který bývá zpravidla přidělen právě 2 hodiny před plánovaným čase EOBT. tzn. je potřeba to směřovat tak, aby přidělený slot nepropadl. Pakliže let není předmětem regulování toku letecké dopravy a nedostane odletový slot (CTOT), vychází místo něj z času TTOT.

Výpočet je následovný:

### Regulovaný let:

$$CTOT - EXOT_{(mezi\ DA\ a\ RWY)} - EDIT = TDIT$$

### Neregulovaný let:

$$TTOT - EXOT_{(mezi\ DA\ a\ RWY)} - EDIT = TDIT$$

*CTOT* ... Calculated take-off time

*TTOT* ... Target take-off time

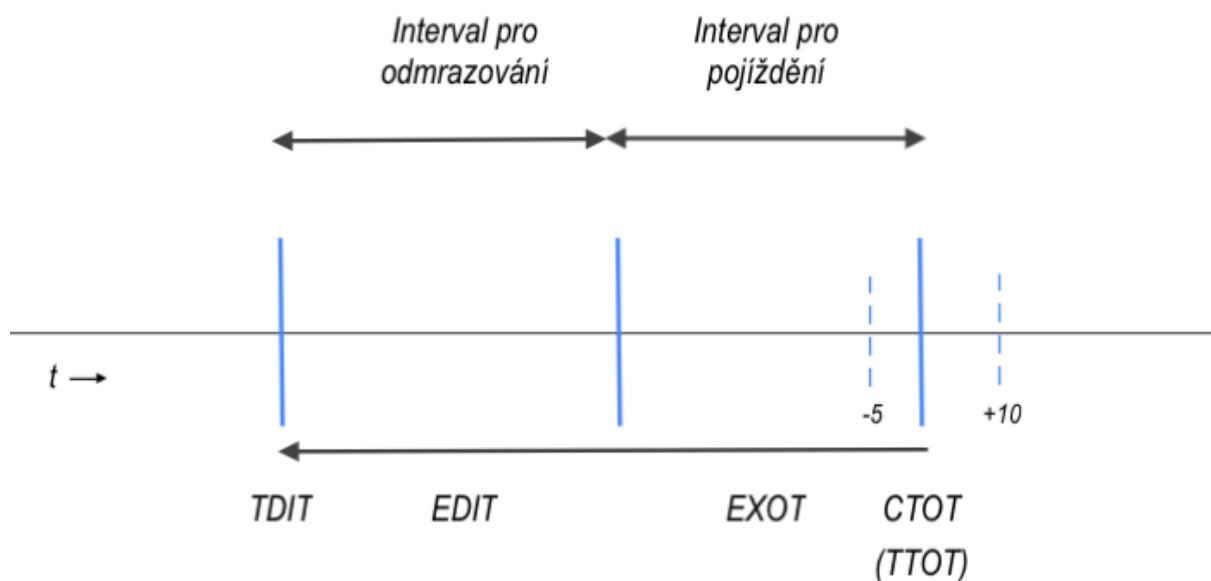
*EXOT* ... Estimated taxi-out time

*EDIT* ... Estimated de-icing time

*TDIT* ... Targeted de-icing time (Cílový čas začátku odmrazování)

*DA* ... De-icing Area

*RWY* ... Runway



Obrázek 3-3: Grafické zobrazení výpočtu TDIT

[zdroj: autor]

### 3. Určení intervalu, ve kterém může být letoun zařazen na odmrazování

Jak již bylo řečeno, program se snaží umístit let právě v čase TDIT, což ovšem není vždy možné, a proto si musíme definovat interval, jak pracovat s vkládaným intervalem, tedy jak moc jej můžeme posunout a kam.

**A) Regulovaný let** – Pokud je letounu přidělen slot, musí odstartovat v rozmezí -5 +10 minut, tím pádem i čas TDIT musí mít podobné „mantinely“, mezi kterými může být umístěn. Nechceme ovšem posouvat let na dřívější čas, protože nemůžeme spoléhat na to, že letadlo stihne být odbaveno dříve, jelikož časy CTOT/TTOT vychází z času EOBT. To znamená že interval, ve kterém musí být zařazen je následující:

$$\langle TDIT ; TDIT + 10 \text{ minut} \rangle$$

**B) Neregulovaný let** – Když let není předmětem řízení toku letového provozu nad Evropou, není odlet tolik limitován jako ten, jemuž byl přidělen slot. Dopředu let příliš posunout nejde, jelikož musíme respektovat časový rozvrh všech zapojených stran. Tudíž interval bude začínat právě v čase TDIT, což bude nejdřívější čas, který bude moci posádka stihnout a nebude limitována onou spodní hranicí. Znamená to tedy, že takovému letu může být přiděleno jakékoliv

nejbližší vhodné místo. Nicméně i zde se program snaží vytvořit dřívější místo pro takový let, aby zpoždění bylo co nejmenší, a tudíž byl celý proces zefektivněn, pouze zde není takový problém jako u regulovaného letu, a i proto je určen interval pro vložení následovně:

$$\langle TDIT ; \infty \rangle$$

#### 4. Určení intervalu, v rámci kterého můžeme posouvat již dříve zařazený letoun.

Důležitou informací je, že jakmile let vložíme do intervalu, který je definovaný v bodě 3, počáteční čas odmrazení nazýváme EDIS. Z tohoto času se nám stane výchozí bod intervalu, ve kterém můžeme posouvat a platí to jak pro lety s regulací, tak i bez ní. Spodní hranice, tedy nejpozdější čas, kdy může odmrazování začít, se ale musí vztahovat k původnímu času TDIT.

**A) Regulovaný let** – Pro let regulovaný, tedy s přiděleným časem CTOT, interval v rámci kterého může být následně kvůli jinému letu posouván začíná v čase EDIS, tedy v čase kdy byl let zařazen do pořadníku a končí v čase TDIT + 10 minut, který zaručuje, že je stále v povoleném intervalu pro vzlet.

$$\langle EDIS ; TDIT + 10 \text{ minut} \rangle$$

**B) Neregulovaný let** – Pokud se budeme bavit o tom, jak moc můžeme eventuálně již vložený let bez přiděleného slotu posunout, hranice bude 15 minut, jelikož toleranční odletové okno pro neregulované lety je +-15 minut od času TTOT. Nechceme toto okno propásnout, jelikož by to mohlo mít za následek přidělení času CTOT. Posunutí již zařazeného letu je tedy možné v rámci 15 minut od času TDIT. [10]

$$\langle EDIS ; TDIT + 15 \text{ minut} \rangle$$

#### 5. Zařazení letounu a rezervace vypočítaného intervalu EDIT v pořadníku

Jakmile program zná všechny potřebné údaje a zároveň platí podmínky pro započítání, začne zpracovávat všechny lety, kterých se to týká, jednoho po druhém, podle jejich času CTOT/TTOT. Poté z nich, jak jsme si již řekli vypočítá čas TDIT a následný postup je popsán následujících bodech.

**A) Místo pro vkládaný let v pořadníku je volné**

Postup je takový, že program zjišťuje, kam je možné let umístit. Nejprve se snaží umístit letoun v čase, který si dříve vypočítal, označeném jako TDIT. Pokud se to podaří, potřebné informace jsou předány dále (EDIS, EDIT, DA).

## B) Místo pro vkládaný let zabírá jiný

Program se snaží posunout lety a vytvořit tak požadované místo. Prvním krokem je ověření, že daný let vůbec lze posunout. Zajímá nás, jestli časy, kam by byly začátky jednotlivých intervalů posunuty jsou stále v povolených mantinelech určených v krocích 3 a 4. To znamená, že vezmeme časy EDIF obou překrývajících se intervalů a připočteme k nim jednu minutu – to proto, abychom zajistili, že intervaly se po změně nebudou překrývat

Tabulka pro určení času TDIF – nejpozdější čas, kdy může odmrazování začít

	Regulovaný let	Neregulovaný let
Vkládaný let	$\langle TDIT ; TDIT + 10 \text{ minut} \rangle$	$\langle TDIT ; \infty \rangle$
Již dříve vložený let	$\langle EDIS ; TDIT + 10 \text{ minut} \rangle$	$\langle EDIS ; TDIT + 15 \text{ minut} \rangle$

Tabulka 3-7: Tabulka pro určení času TDIF

[zdroj: autor]

V podstatě nás z této tabulky zajímají hlavně časy, kdy uvedené intervaly končí. Tento čas si potom můžeme nazvat jako TDIF. To bude naše hranice kam až jde uvedený let posunout.

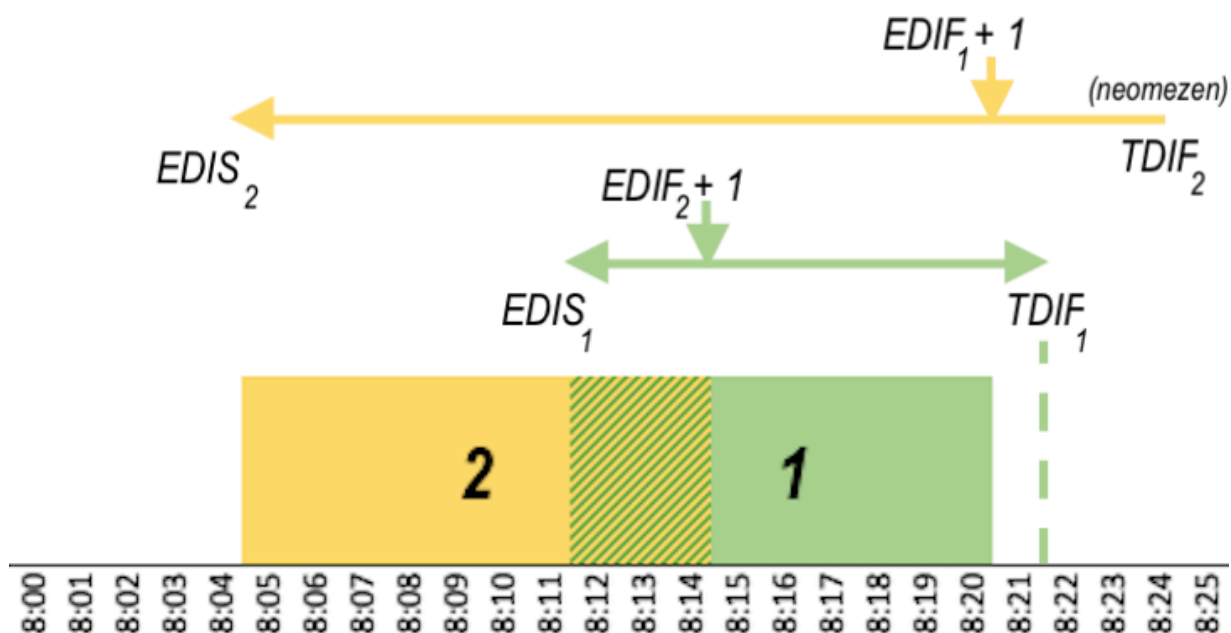
Aby mohl program s těmito intervaly pracovat, musí platit:

$$EDIF_1 + 1 \text{ min} \leq TDIF_2$$

$$EDIF_2 + 1 \text{ min} \leq TDIF_1$$

Pokud neplatí ani jedna z těchto podmínek, není možné posun uskutečnit a když nastane situace, že platí pouze jedna, lze posouvat pouze interval jehož čas TDIF touto podmínkou úspěšně prošel, a tedy ani v tomto případě není nutné dál v následujících postupech pokračovat. Pro lepší znázornění si nyní ukažme příklad, kde je vkládán neregulovaný let (2) a vadí již dříve vložený let s časem CTOT (1), který ale doposud posouván nebyl. Vycházíme z pravidel daných v příložené tabulce 3-4 a podle nich si definujeme intervaly pro posunutí, jenž jsou

na obrázku označeny šipkami. V tomto ukázkovém případě vidíme, že pravidlo platí u obou letů, jelikož časy EDIF + 1 jsou v požadovaném intervalu, respektive jsou menší nebo rovny času TDIF.



Obrázek 3-4: Schéma ověřování pro posouvání letů

[zdroj: autor]

Je tedy možné posunout oba, aniž by došlo k porušení nastavených pravidel a dalším krokem je vyhodnocení, který z letů bude výhodnější posunout. To udělá tak, že porovná časy, o které by bylo potřeba posunout jeden či druhý let. Výpočet je následující:

$$EDIF_2 - EDIS_1 = t_1$$

$$EDIF_1 - EDIS_2 = t_2$$

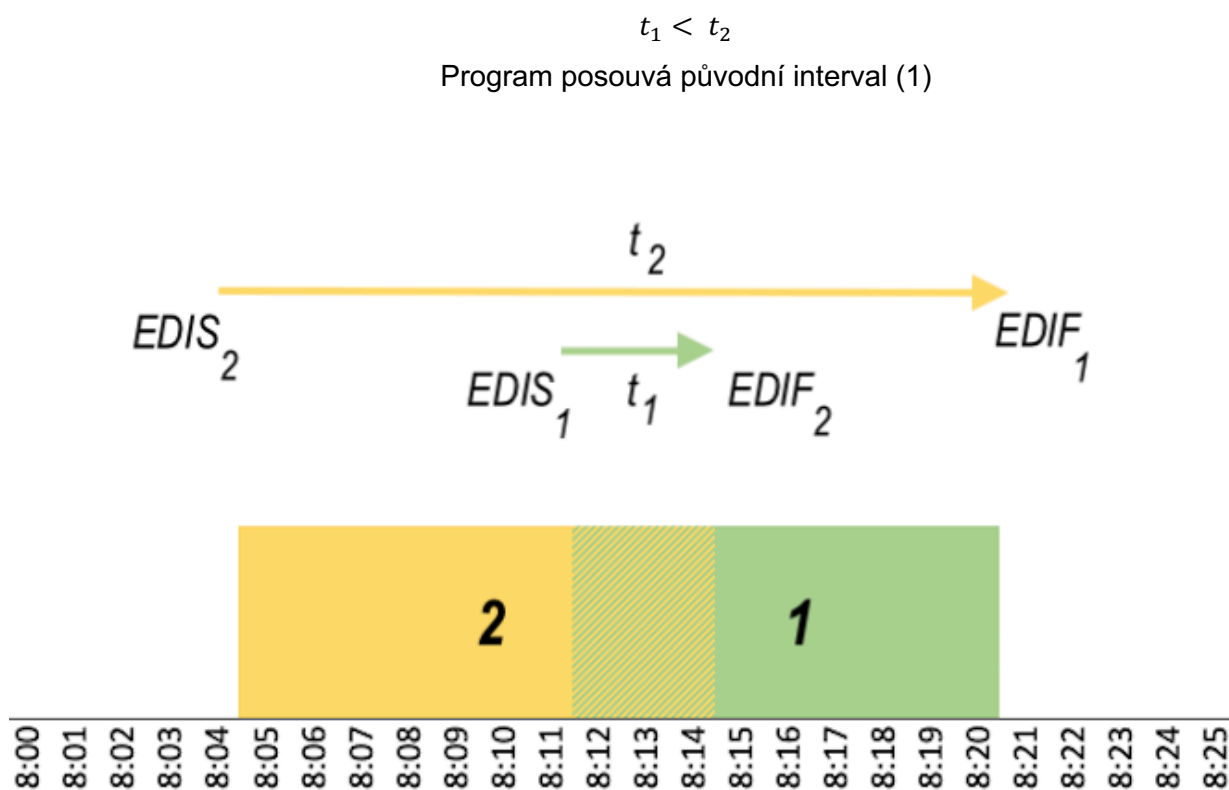
$EDIF_1$  ... Čas ukončení odmrazování původního letounu

$EDIF_2$  ... Čas ukončení odmrazování vkládaného letounu

$EDIS_1$  ... Čas začátku odmrazování původního letounu

$EDIS_2$ ... Čas začátku odmrazování vkládaného letounu

Tímto výpočtem získáme časové rozdíly mezi oběma intervaly a snaha je taková, aby posunutí jednoho z nich bylo co nejmenší. Z toho plyne, že program posouvá ten interval, jehož posun je kratší.



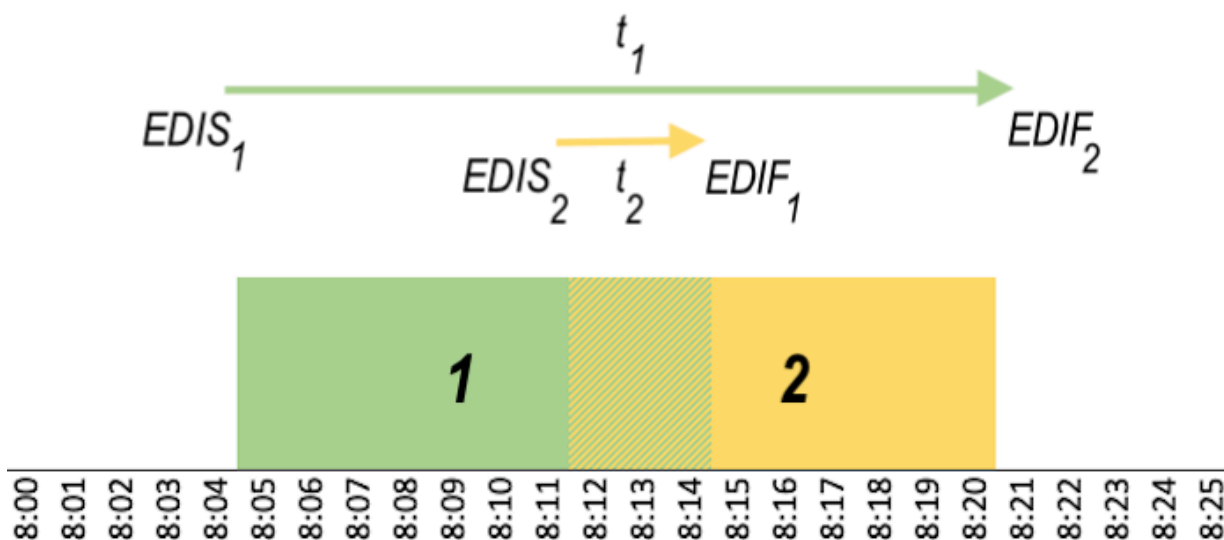
Obrázek 3-5: Schéma posouvání intervalu – varianta 1

Obrázek graficky znázorňuje předchozí výpočet. Vidíme dva prolínající se časové intervaly označené čísly 2 a 1 a také šipky, jež představují časy, o které je potřeba jeden z těchto intervalů posunout. V tomto případě bude program posouvat původní interval (1). [zdroj: autor]



$$t_1 > t_2$$

Program posouvá vkládaný interval (2)



Obrázek 3-6: Schéma posouvání intervalu – varianta 2

Obrázek graficky znázorňuje předchozí výpočet. Vidíme dva prolínající se časové intervaly označené čísly 1 a 2 a také šipky, jenž představují časy, o které je potřeba jeden z těchto intervalů posunout. V tomto případě bude program posouvat vkládaný interval (2) [zdroj: autor]

$$t_1 = t_2$$

V tomto případě jsou oba časy shodné, tudíž program posune vkládaný let, aby již nebylo manipulováno s původním.

Jakmile si program určí, který z letů chce a může posunovat je přemístěn na místo v pořadníku, které získá připočtením jedné minuty k času ukončení odmrazení předchozího letu, což nám zároveň vytvoří nový čas EDIS.

$$EDIF_n + 1 \text{ min} = EDIS_{n+1}$$

Po zařazení jsou opět vygenerované informace (EDIT, EDIS, DA) předány na patřičná místa.

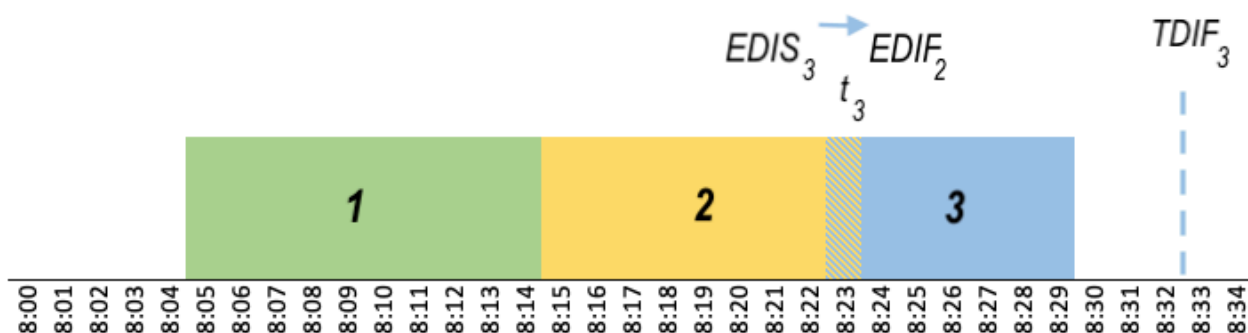
**C) Místo vkládanému letu zabírají dva další za sebou zařazené lety**

Může se stát, že při posunutí posouváný let zasáhne do dalšího, třetího intervalu, již dříve vloženého systémem. To pozná porovnáním času, kdy má posunutý interval odmrazování končit s časem začátku následujícího. Jestliže je konec tohoto intervalu dříve než začátek druhého, je vše v pořádku a další změny nejsou nutné. Zatímco pokud je roven nebo jde o čas pozdější, je nutná změna.

Jako ukázkou použijme příklad, kdy se nám za sebe podaří umístit dva lety, ale vznikne nový konflikt s třetím intervalem.

Program postupuje úplně stejně jako v předchozím případě. Opět zjišťuje, zda je možné posunout oba lety a pokud ano, vyhodnocuje, která změna bude výhodnější.

Před samotným přikročení k posunutí dalšího intervalu je potřeba zkontrolovat, zda je stále možné změnit počáteční čas obou intervalů. V tomto případě již půjde posunout pouze interval označený č. 3, jelikož doposud posouván nebyl. Platí totiž pouze podmínka tato  $TDIF_3 \geq EDIF_2 + 1$ . Program tedy oddálí začátek 3. intervalu, čímž vytvoří místo pro interval č. 2.



Obrázek 3-7: Schéma posouvání intervalu – varianta 3

Grafické schéma znázorňující příklad posunutí třetího intervalu, a zároveň hranice, kam až může být interval posunut [zdroj: autor]

A takto bude program pokračovat s každým dalším letem, který je vkládán do sekvence a bude potřeba jej k uspokojení jiných posunout. Je totiž pravděpodobné, že v daný moment bude v pořadníku více letů, čekajících na odmrazování. Je prakticky jedno, zda vadí let s přiděleným CTOT, tedy let regulovaný nebo neregulovaný, liší se pouze v tom, jak moc s ním může být pracováno, ale princip zůstává stejný.

#### **D) Let nelze zařadit**

Pakliže nelze let zařadit, nebo se ho podaří zařadit, nicméně kvůli této změny by vypadl z pořadníku jiný, později umístěný let, vždy je odmítnut let vkládaný, pokud nemá přiřazenou prioritu.

Jde především o to, zda nelze umístit let neregulovaný nebo regulovaný. V prvním případě, ho umístí na první místo, kde to bude možné. Samozřejmě proběhne celý algoritmus pro zařazení, aby místo bylo co nejvýhodnější. Když se stane, že místo bude pozdější než TDIT + 15 minut, nedá se nic dělat a čeká se, jak s ním naloží středisko řízení toku letového provozu. Jestliže v návaznosti na toto dostane přidělený CTOT, bude se s ním pak dále počítat jako s letem regulovaným, který má prioritu, jako by mu slot již propadl, aby nedošlo k dalšímu zpoždění letu.

Pokud nelze vložit regulovaný let, je taktéž umístěn na nejbližší vhodné místo, ale až po proběhnutí sekvence zařazení dalších letů v nejbližších 30 minutách. Tím si vytvoříme místo, pokud se začnou v jeden moment srovnávat lety v pořadníku a zároveň zabráníme tomu, aby propadaly sloty i ostatním. S nadsázkou lze říci, že program obětuje jeden slot, na úkor všech ostatních. Poté jakmile má těchto 30 minut srovnaných, vloží na nejdřívejší volné místo tento let, nebo je při velkém provozu zařazen na konec těchto 30 minut a jeho „rolí“ přebírá jiný let. Podle toho je změněn čas EOBT. To může udělat pouze dispečink letecké společnosti. Druhá možnost je nechat aktualizovat EOBT automaticky, pokud aerolinka využívá tzv. „EOBT update service“, který mění tento čas na základě pozměnění TOBT. Aby bylo změněno TOBT, je nutné, aby rozdíl mezi těmito hodnotami byl rozdíl alespoň 15 minut. Toto by potom mohl dělat i De-icing coordinator, podle potřeby DiM. [10]

### **E) 2 a více odmrazovacích stání a zohlednění velikosti letounu**

Pakliže je více odmrazovacích stání v používání, program si musí vytvořit varianty pro každé z nich, tzn. že pokud budou tyto stání v provozu dvě a více, musí si pro každou z nich vytvořit celý tento postup pro zařazení zvlášť. Budou zde totiž rozdílné časy pojíždění a eventuálně i různé časy EDIT podle toho, zda budou odmrazovací stojánky obsazeny stejným počtem odmrazovacích strojů nebo ne. Nakonec volí tu nejvýhodnější(nejdřívější) možnost zařazení. Pokud je takových míst v poradnicích více, volí tu, kterou uživatel označí jako preferovanou. Jestliže preferovaná stojánka není, stává se směrodatným číselné označení stojánky a postupuje od DA1 přes DA2 atd.

Z tohoto umístění pak vychází finální čas EDIT, předávaný stanovišti ŘLP, které s ním pak pracuje ve svém nástroji Start-up manager.

De-icing manager by také měl brát v potaz velikost letounu a přidělovat větší letouny na odmrazovací stání, kde je větší počet odmrazovacích strojů. Tudíž by upřednostnil to odmrazovací stání, které je lépe obsazeno a pokud by se jednalo například o odmrazování letounu Airbus A380, aplikace by zablokovala zaráz dvě odmrazovací stání, což by dalo prostor pro přemístění odmrazovacích vozů na jednu stojánku, kde by proběhlo odmrazování tohoto velkého typu letadla. Mezi tyto letouny by mohly patřit stroje jako:

- A380
- B747
- AN225
- AN124
- C5 GALAXY

Eventuálně i další stroje, podle toho, které by do seznamu operátor nastavil.

### **3.1.5 Nastavení preferencí**

Je nutné, aby program uměl také upřednostnit některé lety v poradníku. Tyto preference by si také navolila obsluha před spuštěním řazení letů. Prioritu by tedy mohli dostat například tyto lety:

- a) Medical lety – Repatriační lety, kdy je na palubě zraněný či nemocný člověk, aby nevznikaly zbytečné prostoje a pacient byl co nejdříve dopraven do nemocničního zařízení ve své zemi.

- b) VIP/Státní lety – Jestliže se jedná o významnou politickou návštěvu, může být tlak na to, aby takový let byl odbaven přednostně, a proto je možnost pro uživatele nastavit tuto prioritu.
- c) Lety s už jedním propadlým slotem – Pokud se stane, že se letoun nepodaří napoprvé umístit, letounu propadne slot a dostane nový, je potřeba zajistit, aby se to podruhé již nestalo, a tudíž může být vložen na úkor jiného. Toto by se mělo týkat i letů s velkým zpožděním například kvůli technické závadě nebo letů původně neregulovaných, kterým byl kvůli netrefení odletového okna přidělen slot.

Pokud by pak tedy vznikl konflikt v pořadníku, kde by vkládaný let byl jeden z výše zmíněných priorit, bude nejprve podle pravidel otestováno, zda nejde posunout let, jenž zavazí. Pokud to nebude možné, let s prioritou bude zařazen na místo původního. Může také nastat situace, že na sebe narazí dva prioritní lety. Absolutní prioritu by měly dostat medical lety, zde je jednoduché a jasné odůvodnění, protože lidský život je vždy na prvním místě. Na druhém místě v prioritě řazení jsou lety s propadlým slotem, jelikož je potřeba zabránit tomu, aby vznikala několikahodinová zpoždění, kvůli tomu, že letiště není schopno odbavit letoun v potřebném čase.

Úrovně priorit:

1. P1 – Medical lety
2. P2 – Lety s propadlým CTOT
3. P3 – VIP/Státní lety

Pokud se stane, že se do konfliktu v pořadníku dostanou lety se stejnou úrovní priority, přednost dostává ten, který byl v pořadníku vložen jako první.

#### 3.1.5.1 Manuální změny

Aby byl program použitelný i při mimořádných událostech, a tudíž do něj mohl vstupovat i operátor, je potřeba, aby existovala možnost manuální změny. Představa je taková, že v seznamu letadel, která jsou v pořadníku na odmrazování, jsou rozkliknuta uživatelem a je vložen manuálně EDIS, který je pevně daný a program jej již neposouvá. Pokud toto nastane program se snaží posunout všechny následující lety principem jaký byl popsán.

Pokud by operátor chtěl přeházet všechny lety, od určitého času, například pokud se zavře letiště a všechen provoz se zastaví, bude v programu existovat mód, ve kterém celý pořadník zmrazí což mu umožní, aby udělal potřebné změny a program mu mezitím nepřepočítával umístění ostatních letů. Operátor si po čas pozastavení chodu aplikace vybere, co potřebuje pozměnit, naskládá za sebe intervaly odmrazování jednotlivých letů pomocí vložení EDIS, ke každému z nich. Po uvolnění programu zpět do normálního

provozu si aplikace přepočítá, zda se se někde intervaly nepřekrývají. To udělá tím, že porovná časy  $EDIF_n$  a  $EDIS_{n+1}$ . Tzn. že jeden interval nejprve skončí a teprve potom další začne. Po kontrole upozorní operátora na konfliktní intervaly a operátor dostane dvě možnosti, buď zasáhnout manuálně nebo nechat přepočítat automaticky program. Ten pak funguje na principu dříve popsaném výše.

### 3.1.5.2 Demonstrace aplikace metodiky řazení letů De-icing managerem

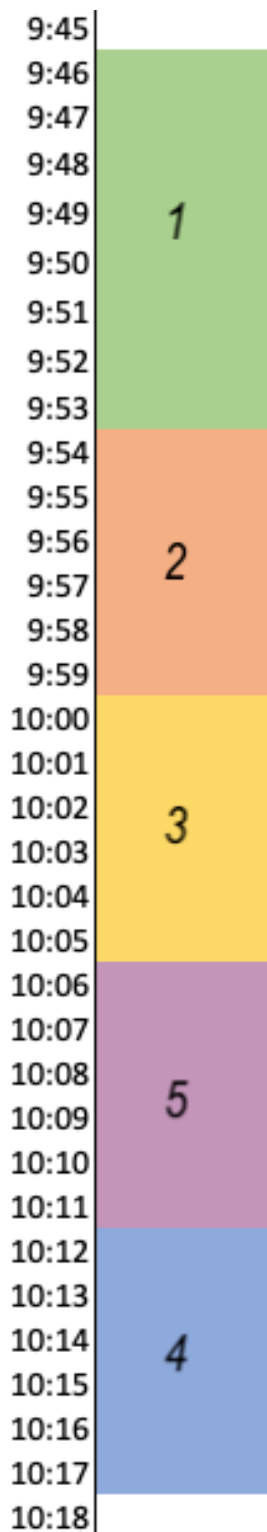
Ukažme si nyní popsany princip řazení na konkrétním případě. Máme časový horizont zhruba půl hodiny, na jejímž začátku jsou za sebou naskládány lety s časy CTOT, mezi kterými jsou velmi malé rozdíly.

	CTOT	EDIT	EXOT	TDIT	TDIF	EDIS
Let č. 1	9:58	7	5	9:46	9:56	9:46
Let č. 2	9:59	5	5	9:49	9:59	9:54
Let č. 3	10:00	5	5	9:50	10:00	10:00
Let č. 4	10:02	7	5	9:50	10:00	10:12
Let č. 5	10:06	5	5	9:56	10:06	10:06

Tabulka 3-8: Seřazené ukázkové lety k zařazení

[zdroj: autor]

Jelikož jsou více limitovány lety regulované, tedy s přidělenými sloty, budou pro tuto demonstraci použity pouze ty. V prvním sloupci jsou za sebou chronologicky seřazené lety tak, jak jim byly přiděleny časy CTOT. V druhém sloupci máme časy EDIT, ty nám určují předpokládanou délku odmrazování. Hodnoty jsou stanoveny náhodně. Následují časy EXOT, které reprezentují předpokládaný čas poježdění mezi DA a RWY. V našem případě jsou všechny stejné, jelikož je v používání pouze jedna odmrazovací stojánka. TDIT nám zastupuje vypočítaný, ideální čas, kdy by mělo odmrazování letounu začít, zatímco TDIF je nejzazší možný čas, kdy může odmrazování bez propadnutí slotu začít. Poslední sloupec sdružuje časy, podle toho, jak byly lety v pořadníku zařazené a označují plánované začátky odmrazování.



U tohoto letu nebyl problém se zařazením, jelikož před ním jiný není, a proto je jeho čas TDIT totožný s časem EDIS.

Zde již muselo dojít k posunutí, nicméně zařazení tohoto letu proběhlo s relativně velkou rezervou k času TDIF.

Tento let se pohybuje na samé hranici rozmezí intervalu, ve kterém musí být zařazen, aby stihl svůj čas CTOT.

Mezi těmito dvěma lety došlo k prohození pozic na základě nastavených pravidel. Pokud by se tak nestalo, vypršel by slot oběma letům, zatímco v tomto případě, díky přepuštění svého místa jinému pouze jeden (let č. 4).

Obrázek 3-8: Schéma zařazení letů za sebe včetně popisu

[zdroj: autor]

Po vytvoření sekvence je zřejmé, že se podařilo umístit 4 z 5 letů tak, aby nepropadly jejich časy CTOT. Například u letu číslo 3 se může zdát, že je stihnutí jeho slotu nepravděpodobné, jelikož je na samé hranici tolerance pro odlet. Ve skutečnosti ale jde střediskem ATC zažádat o prodloužení této tolerance, a to až o 10 minut. Jedná se sice pouze o statický model, nicméně pokud by z něj ŘLP vycházelo, nebyla by tak velká komplikace, kdyby se letoun na odmrazovací stojánce chvíli zdržel, protože i tak by svůj slot stihl. Problém nastává u letu č. 4, jelikož zde již nelze dále lety posouvat. Přenechává tedy své místo v pořadí hned následujícímu letu, díky čemuž přichází o slot, pouze jeden nikoliv oba. Je umístěn na první volné místo po proběhnutí sekvence.

Poté musí být změněn čas EOBT, který zaručuje nové zpracování tohoto letu centrem NMOC. Je vydán nový slot a tento let dostává prioritu, aby se již nestalo, že mu slot propadne podruhé.



## 3.2 Informační tabule

Princip využití je takový, že tabule bude poskytovat veškeré informace nutné k odmrazování a dávat pilotům pokyny, které by jinak dostávali od člověka, který přes sluchátka komunikuje s posádkou a řídí pracovníky obsluhující techniku. Na ovládání tabule by byl vyškolen jeden z řidičů vozů odmrazování, což by zrušilo nutnost mít na každé odmrazovací stojánce člověka navíc, který je tam především kvůli předávání informací. Takové ovládání by bylo velmi intuitivní pomocí tabletu připevněného v kabině vozu a řidič by tak volil co má být v daný moment posádce zobrazeno. Informace by zahrnovaly pokyny pro příjezd na stojánku, zastavení, odmrazování i odjezd z ní. [14]



Obrázek 3-9: Umístění ovládacího tabletu v kabině odmrazovacího vozu

[14]

### 3.2.1 Informační tabule využívané při odmrazování ve světě.

Využití LED tabulí k předávání informací není ve světě ničím převratným. I na pražském letišti je každá stojánka u terminálu osazena informačním zařízením, který informuje posádku primárně o důležitých časech, které jsou pro ně směrodatné, čímž ví, jakým tempem pracovat, aby stihli odlet bez zpoždění, pokud je to možné. U terminálů se také tyto tabule používají v kombinaci s docking guidance systémem, který doplňuje činnost marshallera, jenž umísťuje letouny na stání tak, aby mohly být bez problému odbaveny, mohl být přistaven most či schody a nezavazelo ostatnímu provozu. Ten by mohl být použit i pro odmrazování, ale jelikož odmrazování neprobíhá celoročně, ale pouze v rámci asi 5 měsíců každou zimní sezónu, je toto zařízení zbytečně drahé. Návrh by tedy zahrnoval pouze informační LED tabuli a parkování by bylo zajištěno přes manuální nastavování nápisu na ní.

Využívání podobné technologie pro potřeby odmrazování již funguje na některých dalších letištích ve světě. Z těch velkých bychom mohli jmenovat například londýnské letiště

Heathrow, ale je také na mnoha letištích v Severní Americe tedy USA a Kanadě. Jako příklad dalšího evropského letiště můžeme jmenovat třeba estonský Talin. Na těch, kde je odmrazování na každodenním programu mají informační tabule přidělané na pevně u odmrazovacích stání, ale nejčastějším případem jsou mobilní vozíky, kde je zařízení nainstalováno, tudíž může být v letních měsících uschováno pro další zimu. [14][15]



Obrázek 3-10: Mobilní informační tabule na letišti Heathrow

[15]



Obrázek 3-11: Pevná informační tabule

[15]

### 3.2.2 Možné varianty informačních LED tabulí

Pro takové využití není potřeba vyvíjet nový typ informační tabule, ale mohou být použity například mobilní informační tabule používané u českých dálnic. Ukažme si alespoň dva návrhy toho, jaké tabule by mohly být použity i s jejich výhodami a zápory.



Obrázek 3-12: Elektronická informační tabule Eltodo

[16]

#### A) Dopravní tabule firmy Eltodo, a.s.

Jedná se o přívěsné vozidlo nesoucí tzv. VMS – Variable Message Sign (obrázek 3-11). Mobilní informační tabule je určena k použití na jednom místě v delším časovém období (několik měsíců), což je výhodou pro účel našeho využití. Mohla by být nainstalována od podzimu do jara na nejvyužívanější odmrazovací stojánce, anebo naopak díky podvozku přemísťována z jedné na druhou, jelikož není potřeba externího zdroje energie. Činná plocha tabule je 1,9 x 2,5 m a vydrží pracovat cca 340 hodin. Promítání informací, jenž je potřeba zobrazit je ovládáno pomocí webového rozhraní. Tato tabule má mnoho výhod, ale její hlavní zápor je vysoká cena, která činí 1,9 milionu korun bez daně, na druhou stranu je její cena konečná a zahrnuje i vytvoření ovládací aplikace včetně nápisů na tabuli. [16]

#### B) Venkovní informační tabule firmy Egmenargo, s.r.o

Druhou o mnoho levnější variantou je pořízení venkovní tabule se stejným principem ovládání, které ale musí být připojena ke zdroji elektrického napětí, jelikož postrádá vlastní baterie, které by udržely systém v činnosti. Další nevýhodou je, že tato tabule není připevněna na přívěsném vozíku, takže by se musel vyřešit problém, na kterou odmrazovací stojánku se umístí natrvalo. Také rozměr LED plochy by byl menší a to 1,3 x 2,5 m, což je ale stále postačující velikost. Tuto tabuli vyrábí česká firma

Egmenergo s.r.o a její cena činí 600 tisíc korun bez daně (včetně montáže), což je výrazně méně než cena druhé navrhované tabule, nicméně její flexibilita není tak velká. Na zhruba dalších 100 tisíc korun by pak vyšlo naprogramování aplikace pro ovládání přes webové rozhraní. [17]



Obrázek 3-13: Venkovní LED displej vyráběný firmou Egmenergo

[17]

### 3.2.3 Návrh využívání informační tabule na Letišti Praha

#### 3.2.3.1 Příjezd na odmrazovací stojáнку

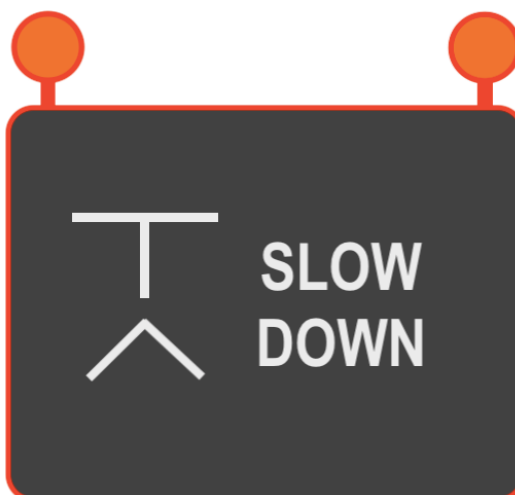
Jakmile dostane pilot od řízení letového provozu povolení k pořízení na odmrazovací stojáнку, musí již být domluvený s ramp agentem na odmrazování, které by mělo být specifikováno, jelikož dále odpadá komunikace ohledně odmrazování s člověkem, jenž by normálně celý proces řídil ze země. Tzn. pokud chce pilot odmrazit například jen křídla, musí to sdělit již před prvním pohybem letadla. Tato praxe není ničím novým, ramp agent se během odbavování ptá posádky, zda má o odmrazování zájem a upřesňují si detaily procesu. Na jiných letištích mají přímo frekvenci určenou pro odmrazování, což by mohla být také jedna z cest, anebo by posádka zůstala na frekvenci zvané Ruzyně ground(121,910 Mhz). Tu by také kontaktovala posádka v případě problému a ŘLP by se muselo telefonicky spojit s pracovníky odmrazování. Pokyny pro tyto postupy by měli piloti napsané v příloze u letištních mapek, které studují vždy před příletem na dané letiště. Nejpoužívanějšími jsou mapy Jeppesen nebo Lido. [14][15]

Když je místo pro odmrazování prázdné, řidič vozidla ovládající tabuli nastaví přednastavený nápis „TAXI FORWARD“, kde je krom nápisu také intuitivní piktogram, ze kterého by mělo být jasné, že má pilot před sebou ještě dost místa pro pojiždění.



Obrázek 3-14: Ukázka zobrazení

Pokud se letoun blíží bodu, kde má zastavit, obsluha nastaví na tabuli nápis „SLOW DOWN“, který je opět přednastaven a spojen s piktogramem, aby posádka letounu lepe pochopila, že se již blíží bod zastavení.



Obrázek 3-15: Ukázka zobrazení

Nakonec při dosažení místa, kde má být letoun odmrazen je zobrazen nápis „STOP! GET READY“. Piloti poté začnou konfigurovat letadlo podle svých provozních postupů tak, aby mohlo být bezpečně zbaveno námrazy a sněhu.



Obrázek 3-16: Ukázka zobrazení

### 3.2.3.2 Příprava letounu na odmrazování

Jelikož se jedná o modifikovaný proces odmrazování, kde již není možné se spojit s nikým z pozemního personálu, je potřeba, aby posádka dala vědět pracovníkům odmrazování, že jsou připraveni pro samotný proces. Nabízí se proto možnost upozornit pracovníka odmrazování zdviženým palcem, vůz proto musí být postaven tak blízko, aby bylo zřetelně vidět gesto pilota. Po zastavení je promítnut na tabuli nápis „WHEN READY THUMBS UP SIGNAL“ včetně piktogramu dobře známého gesta. Je důležité, aby proces nezačal dříve, než posádka vše připraví. Jde především o zavření tzv. bleedů, které vhání pod tlakem vzduch do kabiny a klimatizují ho. Není žádoucí, aby se výpary z odmrazovací kapaliny dostaly do kabiny pro cestující a posádku.



Obrázek 3-17: Ukázka zobrazení

### 3.2.3.3 Průběh odmrazování – Jednostupňově

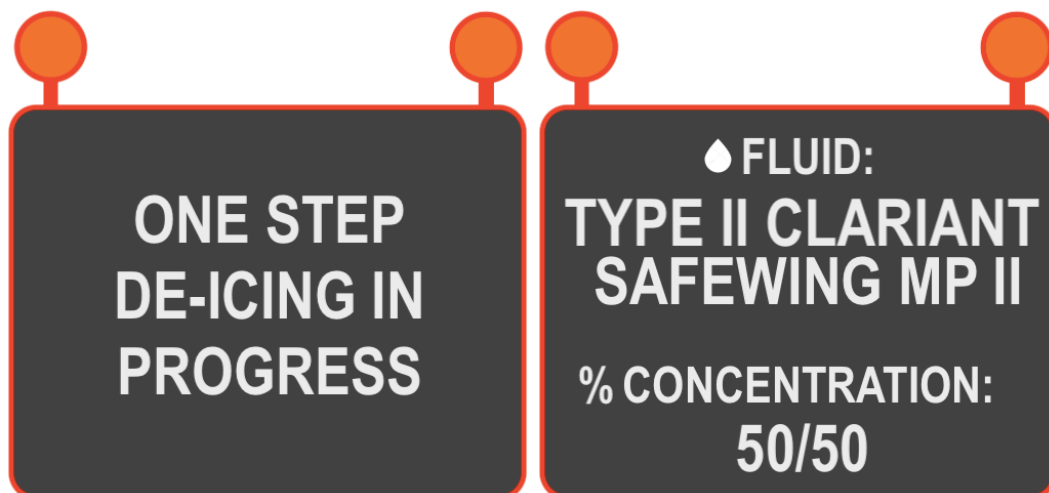
Posádka dává pokyn zdviženým palcem řidiči odmrazovacího vozu k zahájení. Ten přejíždí k místu, kde hodlá začít, což závisí na požadavku posádky. Nejčastější je odmrazování křídel a stabilizátoru a začíná se tedy od konců křídel.

Poté těsně před začátkem odmrazování nastaví řidič zobrazení nápisu „DE-ICING IN PROGRESS“. Jestliže se odmrazuje pouze jednostupňově, je to bráno jako čas, který se taktéž zobrazuje pilotům, jako počátek procesu. Řidič by si tak mohl před směnou přednastavit, jakou kapalinu bude používat, v jakém poměru a o kolikastupňové odmrazování půjde – tzn. zda se nanáší pouze vrstva pro odstranění námrazy, nebo se vytváří i ochrana proti jejímu vzniku. Pokud je vše dopředu zadáno, aplikace pro ovládání tabule, by měla po zakliknutí přednastavené možnosti „Začátek odmrazování“ začít promítat střídavě tři různé nápisy a to:

- ONE-STEP DE-ICING IN PROGRESS
- FLUID: typ použité kapaliny, CONCENTRATION: koncentrace v procentech
- HOT STARTS AT: čas zahájení

Přeskakování těchto tří nápisů by se mělo měnit co 5 vteřin s výjimkou toho, kde je název kapaliny a její koncentrace. Piloti si musí poznamenat celý název, aby si buď podle aplikace v tabletu mohli spočítat HOT, anebo pokud touto technikou nedisponují, si mohli výsledný čas vyhledat v tabulce k tomu určené. Tento nápis by proto byl zobrazen celých 15 vteřin. Pokud by to i přesto posádka poznamenat nestihla, vše se bude v těchto intervalech nadále

střídat. Během odmrazování by měla problikávat také výstražná světla umístěná nad LED tabulí. Ta by zhasla až v momentě, kdy je promítána informace o ukončení procesu.



Obrázek 3-18: Ukázka zobrazení



Obrázek 3-19: Ukázka zobrazení

#### 3.2.3.4 Průběh odmrazování – dvoustupňově

Druhá varianta nastane, pokud bude potřeba dvoustupňového odmrazování. Rozdíl je především v tom, že počátek HOT, tedy Hold Over Time, je čas začátku nanášení druhého stupně. Pro piloty je důležité, aby znali typ a koncentraci druhého stupně ochrany, nikoliv prvního. Jinak je proces téměř totožný, tedy z pohledu toho, co je promítáno na LED tabuli. Obsluha na ni ovšem musí přednastavit dvoustupňové odmrazování a na jejím obslužném tabletu budou pro uživatele dvě přednastavené možnosti a to „Začátek prvního stupně“ a „Začátek druhého stupně“. Obsluha musí před každým stupněm navolit požadovanou možnost.



Nápisy pak vypadají takto:

- TWO-STEP DE-ICING IN PROGRESS
- FLUID: typ použité kapaliny 2. stupně, CONCENTRATION: koncentrace v procentech
- HOT STARTS AT: čas zahájení druhého stupně

Rozdílem je tedy to, že se pouze čeká s posledním třetím nápisem do chvíle, kdy začne druhý stupeň. Obsluha navolí „Začátek druhého stupně“ a poté je zobrazován i čas začátku odmrazování, stejně jako u první varianty. Opakování zobrazení je opět ve stejných intervalech, jak již bylo popsáno dříve. Jelikož se může stát, že obsluha zapomene, aplikace by měla umět i manuální nastavení promítaného HOT.

### 3.2.3.5 Konec odmrazování

Po skončení odmrazování, provedení kontroly křídel odjedou vozy na kraj stojánky tak, aby nezavazely letounu, který po opětovném nakonfigurování na vzlet, mohl opustit stání vstříc vzletové a přistávací dráze v používání. Je potřeba opět otevřít přívod vzduchu do kabiny, vysunout požadované klapky a zkontrolovat volnost řízení, aby bylo jasné, že veškerý led byl odstraněn a nezasekl se tam, kde by mohl bránit volnému pohybu řídicích ploch.

Následně jsou opět promítány tyto tři zobrazení a to:

- DE-ICING COMPLETED, CALL FOR TAXI!
- FLUID: typ použité kapaliny, CONCENTRATION: koncentrace v procentech
- HOT STARTS AT: čas zahájení (u dvoustupňového čas zahájení druhého stupně)

Jak je zřejmé, opět se promítají informace, které se opakují stejně jako u předchozího kroku. Důvod je takový, že posádka letounu může být během odmrazování zatížena jinými činnostmi, jako například briefing atd. Vše by v této fázi měli mít hotové, ale může se stát, že například kvůli pomalému nastupování cestujících, opravě technické závady, či zpožděnému loadsheetu nestihnou piloti vše dokončit včas. Je tudíž důležité, aby informace byly dostupné po celou dobu procesu odmrazování.

Bude zde ovšem změna v době promítání jednotlivých nápisů, protože je potřeba, aby si posádka všimla, že je hotovo, nápis „DE-ICING COMPLETED, CALL FOR TAXI!“ bude na tabuli 10 vteřin a zbylé dva pouhých 5. Při promítání těchto nápisů po ukončení by přestala blikat výstražná světla na tabuli.



Obrázek 3-20: Ukázka zobrazení

Nutno závěrem podotknout, že i při používání této informační tabule v provozu bude nutné, aby byl stále k dispozici, alespoň jeden pracovník schopný komunikovat s posádkou přes sluchátka, pokud by z jakéhokoliv důvodu nebylo možné dál použít k informování pilotů informační tabuli. Mezi takové důvody může patřit například husté sněžení, kdy nemusí být na tabuli dobře vidět, i když pak je otázka, zda nebude přerušen na letišti provoz kvůli nedostačující dohlednosti. Může také nastat porucha samotného zařízení. Na druhou stranu, pokud by k něčemu takovému opravdu došlo, tuto práci zastane kterýkoliv ramp agent.

I přesto ovšem použití takovéto tabule přináší nesporné výhody v podobě ušetřených nákladů za minimálně jednoho pracovníka na každé směně a celé odstranění komunikace mezi pilotem a tzv. sluchátkářem, kde je prostor pro vznik nedorozumění. Pro piloty je navíc i jednodušší a jasnější vidět informace, které potřebují zobrazené na tabuli, obzvláště pokud se jedná o letce z cizích států, kteří důvěrně neznají chod letiště, jako ti, pro které je Ruzyně bází.

### 3.3 De-icing simulator

Odmrazování letadel je velmi specifickou profesí a řízení vozu k tomu určených, proto většina nových zaměstnanců zkusí poprvé až na pražském letišti. Je pochopitelné, že se taková činnost, která navíc vyžaduje notnou dávku zručnosti, nelze naučit pouze teoretickým školením. Simulátory jsou v letectví velmi oblíbené, každému se určitě vybaví využití u pilotů dopravních letadel, či simulátory pro řídící letového provozu, kteří mají také k dispozici velmi sofistikované systémy, jak se vše naučit. Tyto profese jsou těmi náročnějšími, jenž můžeme v letectví jmenovat, simulátory jsou u nich životně důležité v porovnání s odmrázováním, nicméně i nedůkladně provedené odmrázování letadla může způsobit katastrofu. Důvodů proč by takový simulátor byl prospěšný je hned několik:

- **Zrychlení procesu**

Logická výhoda, která je spojena s procvičováním na simulátoru.

- **Snížení rizika nehod**

Jestliže získají řidiči potřebný cvik, snižuje se tím riziko nehody odmrázovacího stroje s letounem, ale také případná nehoda letounu, pokud by byl nedůsledně odmrázen.

- **Stabilizace délky odmrázování**

Pokud by se povedlo více stabilizovat délku odmrázování, znamenalo by to také přesnější časy EDIT a tím pádem zlepšení řazení letounů do fronty na odmrázování.

- **Snížení znečištění**

Lepší výcvik zaměstnanců odmrázování může mít i ekologický dopad, jelikož nebude spotřebováno takové množství odmrázovací kapaliny.

- **Redukce stresu u nových zaměstnanců**

Stres je na jednu stranu faktor ovlivňující výkon pozitivně, ale pouze do určité míry. Při jejím překročení dochází k velkému poklesu, což může mít negativní dopad na celé odmrázování.

[18][19]

Využití simulátoru pro potřeby odmrazování ve světě sice není zaběhlou praxí, nicméně například v Severní Americe jsou organizace, které jej využívají a pochvalují si jeho výhody, které jsme si definovali výše. Mezi tyto organizace patří například letectvo Spojených států amerických nebo jedna z největších amerických leteckých společností Delta Air Lines. V Praze jsou problémem neustálené časy EDIT, a právě lepším tréninkem bychom mohli pomoci zabránit velkým výkyvům mezi odhadovaným časem odmrazování a jeho reálnou hodnotou. Lepším výcvikem by se totiž smazaly velké rozdíly mezi zkušenými řidiči a nováčky.



Obrázek 3-21: simulátor odmrazování společnosti Delta

*Pracovník odmrazování společnosti Delta Air Lines, který trénuje odmrazování na simulátoru. [19]*

### 3.3.1 Hardware a software

Simulátory bývají velmi často nákladná zařízení, která například u těch leteckých pro piloty mohou někdy dosahovat až ceny skutečného letadla. Zde ceny nedosahují tak závratných sum jako v případě simulátorů leteckých, bohužel velmi často jsou softwary prodávány pouze jako celek včetně hardwaru. Tím si výrobci těchto zařízení kompenzují malý odbyt, i když náročnost celého zařízení bychom mohli přirovnat k videohře, jelikož vybavení potřebné k sestavení jednoduššího simulátoru dosahuje maximálně hodnoty několika desítek tisíc korun, ovšem dostupnost takového softwaru může být problémem.



Obrázek 3-22: Simulátor odmrazování

*Snímek dokazující, že není potřeba mít speciální hardware, jelikož zde jsou využity klasické herní joysticky, nikoliv křeslo se zabudovanými ovládacími prvky. [20]*

Nejdražší součástí celého simulátoru tedy bude samotný software, který mají podle dostupných informací k dispozici dvě firmy:

- A) **Simulátor společnosti ForgeFX** – společnost specializující se na simulátory různých průmyslových strojů jako obsluha ropných plošin, rypadel atd. U tohoto softwaru bohužel nejsou k dispozici odmrazovací vozidla používané na Ruzyni, jelikož byl software vyvinut pro uživatele odmrazovacích vozů Global používaných především v Severní Americe. Komunikace s touto firmou o možnostech využití simulátoru bohužel nebyla možná, jelikož společnost neodpovídala na jimi uvedený informační mail. [20]
  
- B) **Simulátor společnosti Vestergaard** – tato společnost je přímým výrobcem odmrazovacích nástaveb a simulátor je tedy napasovaný přímo na jejich výrobky, především na nástavbu Vestergaard Elephant Beta, používanou na letišti Praha oběma handlingovými společnostmi. Existují dvě varianty nabízeného simulátoru – levnější varianta, která obsahuje kromě softwaru také kontrolní panel s volantem, joysticky, pedály a ostatními potřebnými ovladači, dále počítač, na kterém simulátor spustíte a klávesnici. Dražší „mock-up“ varianta obsahuje celý model kabiny řidiče. Cena takového simulátoru se pohybuje kolem 40 tisíc euro, a to pouze jednodušší varianta, za druhou si zájemce bude muset ještě připlatit. To je cena za pořízení simulátoru zvlášť, pokud by například handlingová společnost chtěla simulátor koupit zároveň s odmrazovacím vozem, cena bude výhodnější.[21]



*Tabulka 3-9: Jednodušší varianta simulátoru Vestergaard*

Simulátor odmrazovacích vozů se v možnosti nastavování různých scénářů podobá těm používaných u posádek dopravních letadel, krom nastavování všech možných variant provozu je zde také možnost zaznamenávání dat z výcviku řidičů, které mohou být zpětně po tréninkové lekci analyzovány za účelem zpětné vazby. Důležitým faktorem, který si mohou instruktoři volit podle potřeby je počasí, to je totiž ten nejvíce limitující faktor, a to od přeháněk až po sílu a směr větru, který také komplikuje řidičům práci. Nastavení může proběhnout i u odmrazovacích vozů, nicméně toto je velmi omezené většinou pouze na vozy jedné značky, na kterou je simulátor orientovaný. [20][21]

#### **Shrnutí volitelných možností de-icing simulátoru:**

- Počasí
- Odmrazovací vozy
- Odmrazované letouny
- Typ kapaliny a její koncentrace

### 3.3.2 Využití VR technologie

Existuje zde i velký potenciál pro využití virtuální reality, která dělá trénink ještě realističtější než v případě promítání obrazu na monitoru. Je zde ovšem nevýhoda vyšších pořizovacích nákladů, které bývají v dnešní době rozhodující.



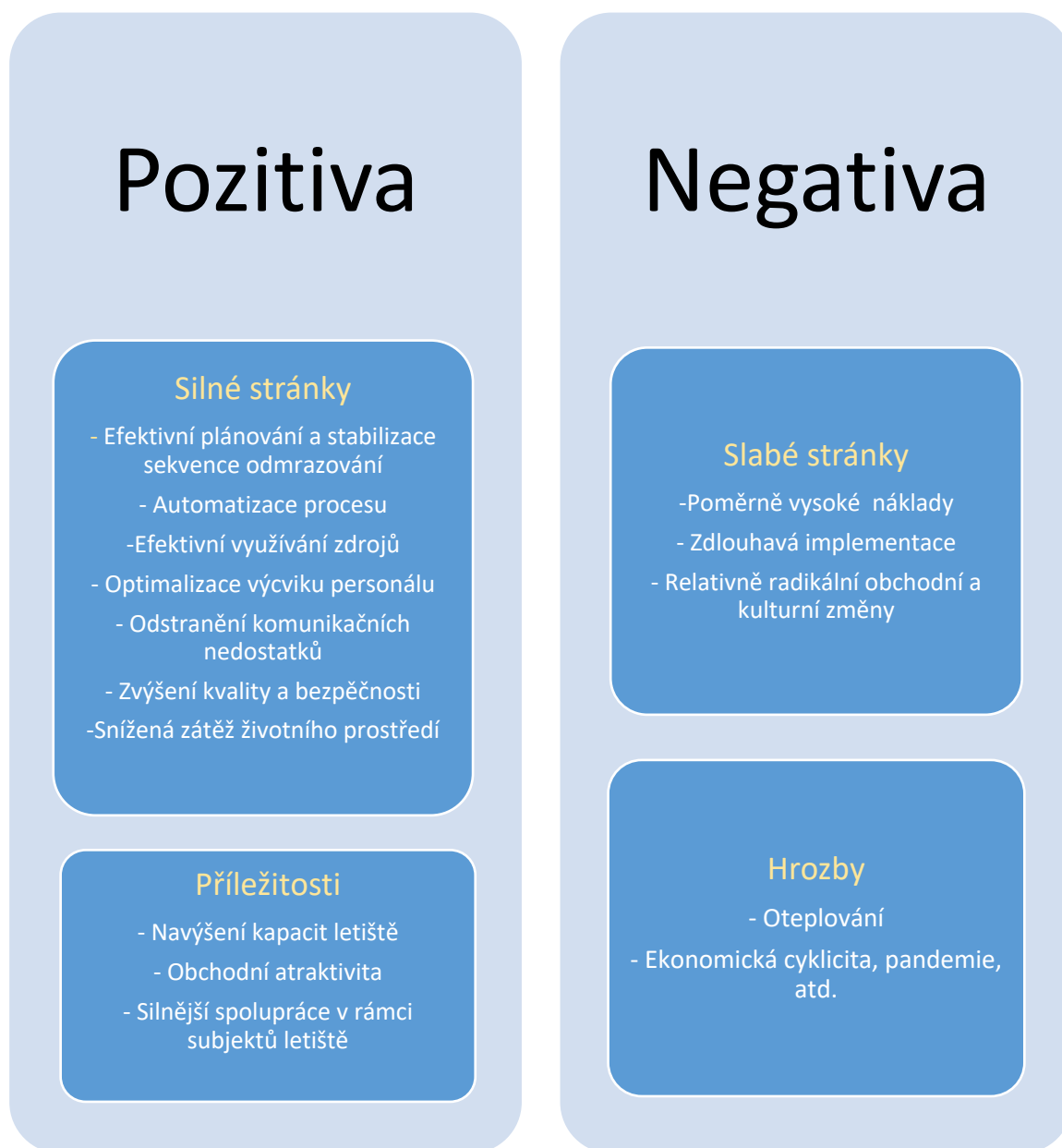
Obrázek 3-23: Virtuální realita u simulátoru odmrazování ForgeFX

[22]

Největším problémem zřejmě bude přesvědčit provozovatele odmrazovacích vozů, tedy handlingové společnosti o tom, že by měli investovat do takového výcviku, jelikož za nimi náklady navíc ani vzniklé škody nejdou. Pokud odmrazuje nezkušený řidič, který spotřebuje 2x tolik odmrazovací kapaliny než ten, který zkušenosti má a je zručnější, tak onu vyplývanou odmrazovací kapalinu platit společnost nebude, jelikož ji vyfakturuje přímo aerolince. Dokonce i za delší čas ADIT je handlingová společnost téměř nepostižitelná. Muselo by tedy Letiště Praha najít způsob, jak postihovat dlouhé časy odmrazení, které se vymykají průměru anebo samo zainvestovat do podobného zařízení. Mělo by to za následek stabilnější časy EDIT, rychlejší odmrazování letadel a menší ekologické dopady. Všechno ale závisí na penězích a pořizovací náklady bohužel nejsou malé.

## 3.4 SWOT analýza

V této závěrečné fázi je vhodné si shrnout plusy a mínusy navrhovaných řešení pomocí tzv. SWOT analýzy. Ta čtenáři nastíní nejen výhody, ale také úskalí navrhovaných řešení, jelikož v kontrastu s událostmi roku 2020 je evidentní, jak náchylné celé letectví je, a proto musí být každá investice do něj ještě více a pečlivěji promyšlena.





## Závěr

Cílem této diplomové práce bylo odhalit slabá místa a nedostatky odmrazování a přijít s kvalitními návrhy na jejich řešení. Na úvod byly popsány základní informace týkající se odmrazování jako to, proč je potřeba letadla zbavit námrazy a vytvořit na jeho povrchu protinámrazové ošetření. Zmíněny byly také jednotlivé typy kapalin používané k odmrazování, či faktory, které tento proces mohou ovlivňovat.

Následně byly zmapovány kapacity odmrazovacích míst včetně výhledu do budoucna. Odmrazovací stojánky nyní obsluhují dvě handlingové společnosti, mezi které jsou lety distribuovány na základě smluv aerolinek s GHA, což je velmi nevýhodné a snižuje to celkovou kapacitu odmrazování. Pro vhodné vylepšení tohoto nedostatku je nezbytné využití konceptu De-icing Pool, které řeší právě nediskriminační přerozdělování letů mezi subjekty provádějící odmrazování. Závěrem druhé kapitoly byly definovány další nedostatky, ze kterých vychází nápravná opatření v praktické části této práce.

V praktické části byly nejprve řešeny slabá místa přípravné fáze, které se snaží všechny odstranit De-icing manager, Tyto hlavní nedostatky jsou především pozdní nebo měnící se žádosti pro odmrazování, nekvalitní časy EDIT a neefektivní rozdělování odmrazovacích míst. De-icing manager začne lety zpracovávat pouze na základě odletových informací a předpovědi počasí, čímž řeší první nedostatek. Vyhodnocení počasí probíhá na základě informací z letištní meteoaplikace, které jsou zpracovány s ohledem na proces odmrazování. Po tomto vyhodnocení přidělí každému letu čas EDIT, což vyřeší druhý nedostatek. Tyto časy EDIT byly na základě dat z minulých sezón analyzovány a byl také popsán návrh na jejich stabilizaci. Na závěr De-icing manager zařadí letoun do statické sekvence podle toho, na jaké odmrazovací stojánce je nejvhodnější volné místo a tím vyřeší i třetí problém přípravné fáze současného odmrazování. Byly zde také popsány praktické ukázky i samotný princip řazení do sekvence, který je doplněn o potřebné výpočty a schémata.

Poté byly zpracovány návrhy na nápravu nedostatků fáze výkonné, kterými jsou především možná nepřehlednost předávaných informací při procesu odmrazování a nedostatečný výcvik řidičů odmrazování. Řešením by mohlo být využití moderních trendů, používaných ve světě už poměrně běžně. Těmi mohou být informační LED tabule, které by posádkám zprostředkovaly důležité informace nebo simulátor pro řidiče odmrazovacích vozů. Byly zde také nastíněny různé možnosti, jež by v případě zájmu Letiště Václava Havla mělo. Na úplném závěru je zpracována SWOT analýza, shrnující pozitiva, ale i negativa navrhovaných vylepšení.

Tato práce může být kvalitním základem pro vznik De-icing managera a zároveň inspirací pro rozvoj v oblasti moderních technologií, které pomohou zlepšit samotný proces odmrazování. Všechny navrhované opatření mají ve vztahu k rozsahu identifikovaných přínosů potenciál k implementaci, nicméně největší vliv vedoucí k optimalizaci celého procesu má bezpochyby De-icing manager. Navíc další rozvoj tohoto nástroje, který by řešil dynamické řazení letounů do sekvence na odmrazování by vzhledem k vývoji provozní situace přinesl další řadu výhod.

## Použitá literatura

- [1] Clariant AG In *For a safe take off in ice and snow* [online], [cit. 2019-11-09]. Dostupné z: <https://www.clariant.com/en/Innovation/Innovation-Spotlight-Videos/Safewing>
- [2] AV EQUEN s.r.o. In *Propylenglykol* [online]. [cit. 2019-11-15]. Dostupné z: <https://www.av-equen.cz/znalosti/propylenglykol/#>
- [3] AV EQUEN s.r.o. In *Ethylenglykol* [online]. [cit. 2020-05-11]. Dostupné z: <https://www.av-equen.cz/znalosti/ethylenglykol/>
- [4] AviationPros. *The Wash of the Future* [online]. 2019-04-15 [cit. 2019-11-25]. Dostupné z: <https://www.aviationpros.com/gse/deicing-anti-icing-equipment-services/article/21072753/the-wash-of-the-future>
- [5] ROSENLOF, Kim. AINonline. *Infrared De-icing Speeds Process and Reduces Cost* [online]. 2013-10-02 [cit. 2019-11-04]. Dostupné z: <https://www.ainonline.com/aviation-news/aviation-international-news/2013-10-02/infrared-de-icing-speeds-process-and-reduces-cost>
- [6] Kilfrost Ltd. *Aircraft Deicing Fluid* [online]. [cit. 2019-12-11]. Dostupné z: <https://www.copybook.com/companies/kilfrost/history-of-kilfrost-gallery/aircraft-deicing-fluid-01>
- [7] ŠPÁK, Miroslav. *Vzdálenosti a časy poježdění A/C z de-icing stání na jednotlivé prahy RWY*. Praha, 2017.
- [8] Osobní konzultace s pracovníkem Letiště Praha, a.s
- [9] *Galerie* [online]. [cit. 2019-12-15]. Dostupné z: <http://pracujtenaletisti.cz>
- [10] KURAN, Vladimír. *POSTUPY A-CDM (Letiště Praha, a.s)*. Praha, 2018.
- [11] KOOLEN, Hans a Ioana SUCIN. *DPI Implementation Guide (Eurocontrol)*. 2019.
- [12] *OFA 05.01.01 Operational Service and Environment Definition Part 2: Airport Operations Centre Definition*. 2011.
- [13] *Present Weather Group* [online]. [cit. 2020-01-08]. Dostupné z: <http://www.moratech.com/aviation/metar-class/metar-pg9-ww.html>

- [14] Ampron Estonia. *Delce OPS Improvement at Tallinn Airport by Ampron Smart LED Message Board Solutions* In: Youtube [online]. 2019-01-15 [cit. 2020-02-08]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=ueWttexwVTU>
- [15] JCAI Inc. *SmartPad® - Fully Integrated Coordination and Visual Guidance Systems for Aircraft De-icing* [online]. [cit. 2020-03-11]. Dostupné z: <https://www.airport-suppliers.com/supplier/jcai-inc/>
- [17] Egmenergo. *VELKOPLOŠNÉ MATICOVÉ LED DISPLEJE* [online]. [cit. 2020-03-27]. Dostupné z: <https://www.egmenergo.cz/index.php?text=velkoplosne-led-displeje>
- [18] RICHARDSON, Mackenzie. *Deicing simulator improves training, saves AF millions of dollars*[online]. 2016-01-07 [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: <https://www.amc.af.mil/News/Features/Display/Article/787485/deicing-simulator-improves-training-saves-af-millions-of-dollars/>
- [19] Delta Air Lines, Inc. *Delta invests millions in innovative de-ice tools, training and additional resources: Innovating training and adding resources to the fleet* [online]. [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: <https://news.delta.com/delta-invests-millions-innovative-de-ice-tools-training-and-additional-resources>
- [20] SMITH, Josh. *A Virtual Deicing Experience* [online]. 2017-06-27 [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <https://www.aviationpros.com/gse/deicing-anti-icing-equipment-services/article/12335616/a-virtual-deicing-experience>
- [21] Vestergaard Company. *ELEPHANT BETASIMULATOR: PC-BASED TRAINING TOOL* [online]. [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: [https://vestergaardcompany.com/wp-content/uploads/2018/05/Simulator\\_inclspecs\\_2017.pdf](https://vestergaardcompany.com/wp-content/uploads/2018/05/Simulator_inclspecs_2017.pdf)
- [22] ForgeFX Simulations. *AIRCRAFT DEICING OPERATOR TRAINING SIMULATOR* [online]. [cit. 2020-04-18]. Dostupné z: <https://forgefx.com/simulation-projects/aircraft-ground-support/deicing-training-simulator/>
- [23] LEPŠA, Jan. *Vývrtky a výtrtky* [online]. 2009-03-04 [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://www.aeroweb.cz/clanky/1537-vyvrtky-a-vytrtky>

- [24] BRAGG, Michael, William PERKINS, Nadine SARTER, Tamer BASAR, Petros VOULGARIS, Holly GURBACKI, James MELODY a Scott MCCRAY. *An Interdisciplinary Approach to Inflight Aircraft Icing Safety* [online]. University of Illinois, 1998-01-12 [cit. 2020-05-13]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/figure/Effect-of-ice-on-aircraft-lift-coefficient\\_fig5\\_2505339](https://www.researchgate.net/figure/Effect-of-ice-on-aircraft-lift-coefficient_fig5_2505339)
- [25] VADEL, Mary. NASA. *Module III - Fluid Basics* [online]. 2016-09-27 [cit. 2020-05-13]. Dostupné z: [https://aircrafticing.grc.nasa.gov/2\\_3\\_3\\_1.html](https://aircrafticing.grc.nasa.gov/2_3_3_1.html)
- [26] Smartwings, a.s. *DE – ICING MANUAL* [online]. 2019 [cit. 2020-05-15]

## Seznam obrázků, diagramů a schémat

Obrázek 1-1: Rozdíl mezi prouděním vzduchu kolem křídla s námrazou a bez .....	12
Obrázek 2-1: Mapa letiště s vyznačenými odmrazovacími plochami .....	19
Obrázek 2-2: Plánované rozmístění odmrazovacích míst po rozšíření letiště .....	21
Obrázek 2-3: Odmrazovací stroj Safeaero společnosti CSAH .....	22
Obrázek 2-4: Odmrazovací stroj Volvo společnosti Menzies .....	23
Obrázek 2-5: Grafické zobrazení výměny informací .....	25
Obrázek 2-6: Grafické zobrazení výměny informací .....	26
Obrázek 3-1: Návrh schématu pro předpověď počasí.....	36
Obrázek 3-2: Vývojový diagram De-icing managera .....	46
Obrázek 3-3: Grafické zobrazení výpočtu TDIT .....	49
Obrázek 3-4: Schéma ověřování pro posouvání letů .....	52
Obrázek 3-5: Schéma posouvání intervalu – varianta 1.....	53
Obrázek 3-6: Schéma posouvání intervalu – varianta 2.....	54
Obrázek 3-7: Schéma posouvání intervalu – varianta 3.....	55
Obrázek 3-8: Schéma zařazení letů za sebe včetně popisu .....	60
Obrázek 3-9: Umístění ovládacího tabletu v kabině odmrazovacího vozu.....	62
Obrázek 3-10: Mobilní informační tabule na letišti Heathrow .....	63
Obrázek 3-11: Pevná informační tabule .....	63
Obrázek 3-12: Elektronická informační tabule Eltodo .....	64
Obrázek 3-13: Venkovní LED displej vyráběný firmou Egmenargo .....	65
Obrázek 3-14: Ukázka zobrazení .....	66
Obrázek 3-15: Ukázka zobrazení .....	66
Obrázek 3-16: Ukázka zobrazení .....	67
Obrázek 3-17: Ukázka zobrazení .....	68
Obrázek 3-18: Ukázka zobrazení .....	69
Obrázek 3-19: Ukázka zobrazení .....	69
Obrázek 3-20: Ukázka zobrazení .....	71
Obrázek 3-21: simulátor odmrazování společnosti Delta .....	73
Obrázek 3-22: Simulátor odmrazování .....	74
Obrázek 3-23: Virtuální realita u simulátoru odmrazování ForgeFX .....	76

## Seznam tabulek

Tabulka 1-1: Tabulka typů odmrazovacích kapalin .....	16
Tabulka 2-1: Převzatá tabulka s typy zpráv DPI.....	27
Tabulka 2-2: informace poskytované DPI zprávami [11] .....	28
Tabulka 3-1: Tabulka HOT .....	33
Tabulka 3-2: Shrnutí stupňů varování .....	34
Tabulka 3-3: Shrnutí reakcí .....	37
Tabulka 3-4: Shrnutí průměrných odchylek časů EDIT 6-9 minut .....	41
Tabulka 3-5: Shrnutí průměrných odchylek časů EDIT 10-12 minut .....	42
Tabulka 3-6: Ukázková tabulka pocházející z Heathrow .....	45
Tabulka 3-7: Tabulka pro určení času TDIF .....	51
Tabulka 3-8: Seřazené ukázkové lety k zařazení .....	59
Tabulka 3-9: Jednodušší varianta simulátoru Vestergaard .....	75

## Seznam grafů

Graf 1-1: Závislost součinitele vztlaku na úhlu náběhu .....	13
Graf 1-2: Bod mrazu propylenglykolu a ethylenglykolu .....	15
Graf 3-1: Statistika EDITů.....	40
Graf 3-2: Graf procentuální přesnosti časů EDIT (6-9 minut).....	43
Graf 3-3: Graf procentuální přesnosti časů EDIT (10-12 minut).....	43



## Přílohy

Příloha 1 je k dispozici v elektronické podobě na přiloženém CD.