



**K621..... Ústav letecké dopravy**

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Bc. Oleksandr Dorovskyy**

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

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

Název tématu (česky): **Safety studie provozu letadel na RWY 06R/24L  
LKPR**

Název tématu (anglicky): Safety Study of Aircraft Operation on RWY 06R/24L LKPR

**Zásady pro vypracování**

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

- Úvod
- Projekt paralelní RWY 06R/24L a budoucí dráhový systém jako celek
- Historický přehled Safety událostí v provozu RWY
- Statistika a rozbor Safety událostí
- Příčiny událostí a zhodnocení Safety rizika pro paralelní dráhový systém LKPR
- Návrh safety opatření pro RWY 06R/24L
- Závěr

Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího diplomové práce

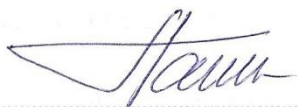
Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: Předpisy řady L  
KAZDA, Antonín. Letiská: design a prevádzka  
KULČÁK, Ludvík a kol. Air traffic management

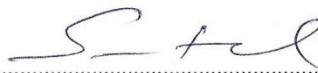
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Vladimír Plos**  
**Ing. Libor Kurzweil, Ph.D.**

Datum zadání diplomové práce: **31. července 2014**  
(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: **31. května 2015**  
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

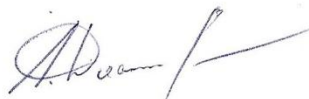


doc. Ing. Daniel Hanus, CSc.  
vedoucí  
Ústavu letecké dopravy



prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek  
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.



Bc. Oleksandr Dorovskyy  
jméno a podpis studenta

V Praze dne .....31. července 2014

## Čestné prohlášení

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

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

V Praze dne .....

podpis .....

Bc. Oleksandr Dorovskyy

## Abstrakt

Autor:	Bc. Oleksandr Dorovskyy
Název diplomové práce:	Safety studie provozu letadel na RWY 06R/24L LKPR
Vedoucí diplomové práce:	Ing. Libor Kurzweil, Ph.D.
Supervizor:	Ing. Vladimír Plos
Škola:	České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní, Ústav letecké dopravy
Místo a rok vydání:	Praha 2015
Počet stran:	76
Počet příloh:	8
Klíčová slova:	paralelní dráha 06R/24L, LKPR, bezpečnost, safety, excursion, incursion, undeshoot, confusion, RESA, statistika, analýza, rizika, doporučení.

Tato diplomová práce se zabývá posuzováním návrhu budoucí paralelní dráhy 06R/24L na letišti LKPR.

V teoretické části práce lze najít popis safety událostí, které se vyskytují na vzletových a přistávacích dráhách, resp. v jejich blízkém okolí. Přehled obsahuje obecné informace a názorné příklady.

Praktická část obsahuje soupis nehod a událostí, které byly použity pro posuzování bezpečnosti návrhu. Na základě dat a statistik zpracovaných autorem se provedla identifikace nebezpečí a rizik. Pro komplexnější přehled byly použity statistiky a doporučení třetích stran.

Cílem práce je zhodnocení rizik a následné vypracování návrhu safety doporučení, které by vedly ke snížení frekvence nebo závažnosti rizik.

## Abstract

Author: Bc. Oleksandr Dorovsky  
Title of diploma thesis: Safety study of aircraft operation on RWY 06R/24L LKPR  
Thesis mentor: Ing. Libor Kurzweil, Ph.D.  
Supervisor: Ing. Vladimir Plos  
University: Czech Technical University in Prague,  
Faculty of Transportation Sciences,  
Department of Air Transport  
Place and year of issue: Prague 2015  
Number of pages: 76  
Number of appendices: 8

Keywords: parallel runway 06R/24L, LKPR, safety, excursion, incursion, undershoot, confusion, RESA, statistics, accidents, incidents, risks, recommendations.

In this diploma thesis its author analyzes a project of the future parallel runway 06R/24L at LKPR.

General description of safety accidents and incident on runways can be found in the theoretical part. Different facts and examples are mentioned in each paragraph.

Practical part contains several lists of accident and incidents, which were used for estimating the safety level of the project. Afterwards identification of hazards and risks was made using data and statistics calculated by the author. To create more overhaul knowledge statistics produced by the third parties were used.

The aim of this thesis is to assess risks and afterwards to suggest safety recommendations, which would lead to lowering risks' frequency and weight.

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval:

- vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Liboru Kurzweilovi Ph.D. za spolupráci, komentáře a cenné připomínky,
- vedoucímu a supervizorovi Ing. Vladimíru Plosovi
- svému otci kapitánu Ing. Dmitryi Dorovskému za rady a podporu při studiu.

## Obsah

Seznam použitých zkratk.....	8
Úvod.....	9
1. Projekt paralelní RWY 06R/24L a budoucí dráhový systém jako celek	11
2. Přehled safety událostí v provozu RWY.....	14
2.1. RWY Excursion: Overrun, Veer-off.....	14
2.2. RWY Incursions .....	16
2.3. RWY Undershoot.....	18
2.4. RWY Confusions .....	19
3. Statistika a rozbor příčin safety událostí.....	23
3.1 Postupy při zpracování statistických údajů.....	24
3.2 RWY Excursions.....	26
3.2.1 Statistické údaje třetích stran.....	26
3.2.2 Vlastní statistika .....	30
3.2.3 Shrnutí.....	34
3.3 RWY Undershoot.....	35
3.4 RWY Incursion .....	36
3.5 RWY Confusion .....	37
3.5.1 Rozdělení nehod .....	37
3.5.2 Příčiny a následky .....	39
3.6 Názor pilotů na příčiny safety událostí.....	41
4. Identifikace safety nebezpečí a rizik pro RWY 06R/24L a ohodnocení jejich pravděpodobnosti a závažnosti.....	45
4.1 Vyjetí za konec dráhy při pohybech na draze 06R/24L.....	46
4.1.1 Dráha 06R.....	46
4.1.2 Dráha 24L.....	48

4.2	Dosednutí před prahem dráhy 24L.....	49
4.3	Nepovolené vjetí na aktivní dráhu .....	50
4.3.1	Vjetí z důvodu nedostatečného značení .....	50
4.3.2	Vjetí kvůli omezenému výhledu na RWY .....	51
4.4	Využití chybné TWY nebo RWY.....	52
5.	Návrh safety doporučení pro RWY 06R/24L.....	55
5.1	Úprava RESA .....	55
5.2	Doplňkové ochranné prvky pro silnici R7 .....	56
5.3.	Omezení oslnění pilotů přistávajících letadel.....	57
5.4.	Úprava vyčkávacích míst.....	57
5.5.	Vylepšené odlišení TWY M1, TWY M2 a RWY 06R/24L.....	58
5.6.	Ostatní doporučení.....	59
	Závěr .....	61
	Zdroje .....	63
	Seznam obrázků.....	66
	Seznam tabulek.....	67
	Seznam příloh .....	68
	Příloha A. Tabulka Runway Overrun .....	69
	Příloha B. Tabulka Runway Undershoot .....	70
	Příloha C. Tabulka Runway Incursion .....	71
	Příloha D. Tabulka Runway Confusion.....	72
	Příloha E. Poloha letadel po Runway Overrun (RWY 06R) .....	73
	Příloha F. Poloha letadel po Runway Overrun (RWY 24L).....	74
	Příloha G. Poloha letadel po Runway Undershoot (RWY 24L) .....	75
	Příloha H. Poloha letadel po Runway Undershoot (RWY 06R) .....	76



## Seznam použitých zkratek

Zkratka	Anglický ekvivalent	Český ekvivalent
ASDE	Airport Surface Detection Equipment	Letištní systém detekce pohybů
ATC	Air Traffic Control	Řízení letového provozu
EMAS	Engineered materials arrestor system	Zadržovací systém se speciálními materiály
FAA	Federal Aviation Administration	Federální Letecká Správa
ICAO	International Civil Aviation Organization	Mezinárodní Organizace Civilního Letectví
ILS	Instrument Landing System	Systém pro přesné přiblížení a přistání
L	Left	Levý
LDA	Landing Distance Available	Použitelná délka přistání
LDR	Landing Distance Required	Požadována délka přistání
NOTAM	Notice to Airman	Upozornění pro piloty
NTSB	National Transportation Safety Board	Národní výbor pro bezpečnost v dopravě
PAX	Passengers	Cestující
R	Right	Pravý
RESA	Runway End Safety Area	Koncová bezpečnostní plocha
RVR	Runway Visual Range	Dráhová dohlednost
RWY	Runway	Vzletová a přistávací dráha
SRA	Security Restricted Area	Vyhrazený bezpečnostní prostor
TODA	Take-Off Distance Available	Použitelná délka vzletu
TWR	Tower	Věž
TWY	Taxiway	Pojezdová dráha
VFR	Visual flight rules	Pravidla pro vizuální létání

## Úvod

Letiště Václava Havla v Praze je hlavní vzdušnou bránou České republiky. Ročně jeho služeb využije přes 10 milionů cestujících a nabízí přímá spojení do více než 130 destinací.

V současné době jsou na letišti dvě vzletové a přistávací dráhy: 06/24 a 12/30. Díky větší délce a lepší přístrojové vybavenosti se primárně používá dráha 06/24. Tato dráha je 3715 metrů dlouhá a může sloužit pro přelety a odlety i za velmi nízké dohlednosti (CAT III B).

Podle Letiště Praha je hlavním důvodem výstavby nové paralelní dráhy uspokojení rostoucí poptávky cestujících po letecké dopravě. V dnešní době dosahuje počet pohybů letadel v provozních špičkách maximální hodnoty, kterou může jedna dráha nabídnout. Proto se letadla musí odklánět od svých standardních příletových a odletových tratí, aby byly dodrženy předepsané odstupy. [1]

Špičkové časy jsou velmi atraktivní pro letecké dopravce, protože je to doba nejvyšší poptávky ze strany cestujících. Ale z důvodu chybějící kapacity nemůže Letiště Praha vyhovět všem leteckým společnostem. Proto existují obavy, že se zájem turistů a investorů přesune na jiné letiště, resp. do jiných měst.

Letiště se snaží navyšovat vlastní kapacitu, aby mohlo vyhovět narůstající poptávce po letecké přepravě. Existuje několik způsobů, kterými se toho dá docílit:

- zavedení nových postupů na letišti
- rozvoj dráhového systému

Proto se už delší dobu diskutuje o nutnosti zahájení výstavby nové paralelní dráhy 06R/24L. V současné době již existuje výkres budoucí vzletové a přistávací dráhy včetně návrhu pojezdových drah a dalších prvků letištní infrastruktury.

Nezbytnou součástí přípravy jakéhokoliv stavebního projektu je zpracování bezpečnostního posudku, tzv. safety studie. Tento dokument by měl obsahovat posudek budoucího projektu a odpovědět na otázky, jestli je návrh dostatečně bezpečný, jestli odpovídá stanoveným normám a odhalit co nejvíc nebezpečí a rizik, které se mohou vyskytovat po uvedení budoucí dráhy do provozu.

Cílem této práce je provést safety studii návrhu budoucí paralelní dráhy 06R/24L letiště LKPR a provozu letadel na ní.

Při zpracování práce budou analyzovány různé kategorie safety událostí, které se odehrály na jiných letištích světa. Z důvodu umístění budoucí dráhy blízko silnice bude věnována zvýšená pozornost koncovým bezpečnostním plochám.

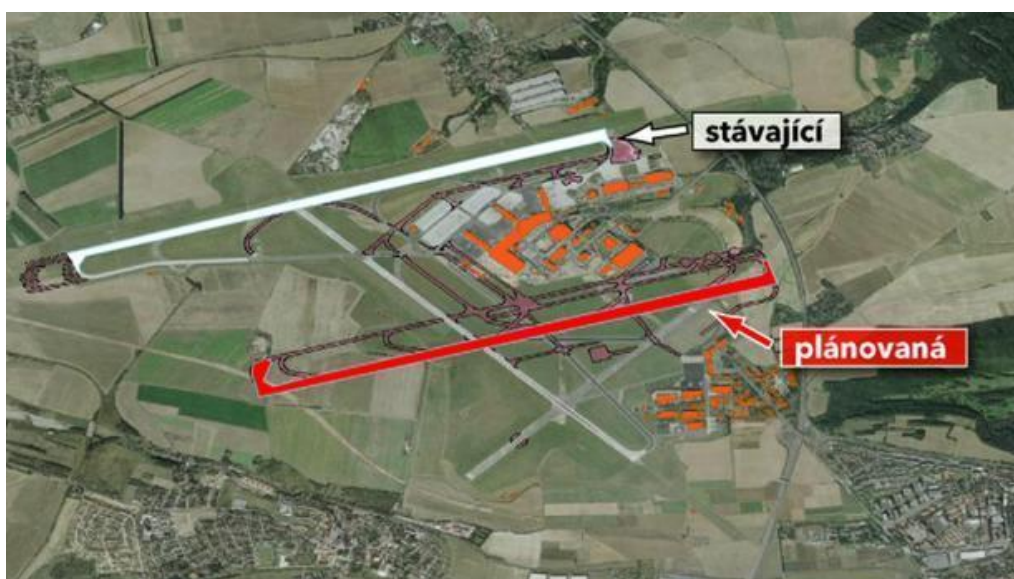
Na konci práce budou uvedena doporučení na úpravu návrhu, které by mohly vést ke zvýšení bezpečnosti při provozu letadel na dráze 06R/24L.

# 1. Projekt paralelní RWY 06R/24L a budoucí dráhový systém jako celek

Od 70. let minulého století se počítá s tím, že s narůstajícím provozem vznikne potřeba výstavby paralelní dráhy. Rozšíření areálu letiště, dráhového systému a terminálového komplexu dovolí navýšit kapacitu letiště téměř na dvojnásobek.

Plánovaná vzletová a přistávací dráha by měla být paralelní vůči již existující dráze 06/24. Po její dostavbě by mělo dojít ke změně označení stávající dráhy na RWY 06L/24R. Nová paralelní dráha by dostala označení 06R/24L.

RWY 06R/24L bude umístěna jižně od hlavního odbavovacího komplexu letiště, takzvané Odbavovací plochy Sever a tím pádem oddělí areál Sever od areálu Jih. Její plánovanou polohu lze najít na Obrázku 1.



Obrázek 1. Umístění plánované paralelní dráhy 06R/24L [17]

Dráhy by měly mít osovou vzdálenost 1525 metrů, což je dostačující hodnota pro zavedení nezávislého provozu na obou dráhách. To znamená, že by obě dráhy mohly být současně používány pro vzlety a přistání letadel, aniž by docházelo ke vzájemnému ovlivňování, resp. ohrožování bezpečnosti provozu. [1]

Aktuálně se ale počítá s tím, že by kvůli převládajícímu západnímu směru větru byly v provozu primárně dráhy 24R a 24L, přičemž by se dráha 24R používala pro vzlety a dráha 24L pro přistání.

V projektu nové paralelní dráhy se také počítá se značným rozšířením systému pojezdových drah. Dráha 06R/24L bude mít celkem 13 exitů (K1 až K13), z nichž 6 budou TWY pro rychlé odbočení a budou napojeny na dvě paralelní pojezdové dráhy TWY M1 a TWY M2.

Mezi další záměry patří výstavba nových odmrazovacích ploch a nového hangáru G, který bude umístěn hned vedle již existujícího hangáru F. Také dojde k úpravě obslužných pozemních komunikací vedoucích v zóně SRA a také komunikace, která nyní vede podél vnější strany plotu na východní straně letiště. Nově by mohla v úseku mezi Terminálem 3 a hangárem F vést pod zemí.

Další důležitou stavbou, která se bude realizovat současně s rozšířením dráhového systému, je prodloužení budovy Terminálu 2 jižním směrem. Kapacita terminálu by byla zvětšena o dalších zhruba 10 gatů, což by znamenalo značné navýšení počtu východů k letadlům. Kvůli navýšení kapacity terminálu bude potřeba přizpůsobit kapacitu přepážek check-inu a security. [2]

Kvůli nové dráze bude potřeba upravit nejenom letištní infrastrukturu, ale i silnice vedoucí v blízkosti letiště. Rychlostní silnice R6 v úseku blízko obce Hostivice povede v tunelu, protože půdorys silnice kříží dráhu 06R/24L v místě napojení TWY K2 na RWY. Návrh RESA před prahem dráhy 24L kříží rychlostní silnici R7, která navazuje na Pražský okruh (rychlostní silnici R1). Ale v tomto případě se tento konflikt vyřeší jinak než pomocí tunelu. Problematice blízkosti silniční komunikace a budoucí vzletové a přistávací dráze budou věnovány kapitoly 4.1 a 5.1.

V budoucnu se počítá s prodloužením Pražského okruhu a výstavbou severního obchvatu Prahy. Jedna z navrhovaných tras severního obchvatu by měla začínat právě v blízkosti nové dráhy. Proto by byla silnice R1 odkloněna východním směrem a vznikla by mimoúrovňová T-křižovatka (napojení R7 na R1). Odklonění silnice by poskytlo dostatečný prostor pro zřízení RESA. Vzájemnou polohu RESA a silnic R1 lze najít v příloze E.

Po dokončení výstavby dojde k navýšení kapacity dráhového systému, které umožní stávajícím a potenciálním dopravcům vytvářet letový řad podle potřeb cestujících. Rozvoj letiště bude mít prospěšný vliv na ekonomiku nejenom leteckého průmyslu, ale i celé České republiky. Paralelní dráha bude tím pádem mít vliv na zvýšení českého hrubého domácího produktu (HDP). Navíc

by to znamenalo vytvoření nových pracovních míst a snížení úrovně nezaměstnanosti v regionu a zvýšení příjmové části veřejných rozpočtů. Zvýšení atraktivity pražského letiště prospěje nejen rozvoji cestovního ruchu a služeb s ním spojených (ubytování, stravování, maloobchod, kultura a zábava), ale také může nalákat do Prahy a celé České republiky nové investory. [1]

## 2. Přehled safety událostí v provozu RWY

Tato kapitola obsahuje přehled čtyř kategorií safety událostí, které se odehrály v minulosti na runwayích nebo v jejich blízkém okolí na různých letištích světa. V okolí vzletové a přistávací dráhy jsou běžné následující typy nehod:

- Runway Excurion - vyjetí ze zpevněné plochy dráhy
- Runway Incursion – chybný vstup (bez povolení) na aktivní dráhu
- Runway Undershoot – předčasné přistání, resp. přistání před prahem dráhy
- Runway Confusion – chybné zaměňování dvou vzletových a přistávacích drah nebo dráhy pro vzlety/přistání a pojezdové dráhy.

Všem těmto nehodám se musí věnovat zvýšená pozornost, protože ze statistik vyplývá, že každá z nich může vést nejen k velkým škodám na technice, ale i ke ztrátám na lidských životech. Aby se tomu předcházelo, musí být všechny nehody důkladně prošetřeny, musí být stanoveny příčiny a hlavně opatření, aby se jim dalo předejít v budoucnu.

### 2.1. RWY Excursion: Overrun, Veer-off

První a zároveň jeden z nejčastějších druhů safety událostí, kterému se budu ve své práci věnovat, je vyjetí za hranice vzletové a přistávací dráhy. Tomuto druhu incidentů se říká Runway Excursion.

Ve světě dochází v průměru ke dvěma RWY Excursion týdně. Letecký průmysl tyto nehody stojí podle odborných odhadů až \$900 milionů ročně. Některé z nich navíc vedou k obětem na lidských životech. Z těchto důvodů by se měla věnovat dostatečná pozornost problematice tohoto druhu nehod. [3]

Podle toho, ve které části RWY letoun vyjede z jejího zpevněného povrchu, rozlišujeme dva druhy RWY Excursion:

- 1) RWY Overrun – vyjetí za konec dráhy
- 2) RWY Veer-off – vyjetí do postranního pásma dráhy

K událostem typu RWY Overrun může dojít ve fázi rozjezdu, kdy letadlo nestihne dokončit vzlet před koncem dráhy nebo když mu po přerušení vzletu nestačí pro zastavení zbývající délka dráhy. RWY Overrun po přistání se vyskytuje, když délka RWY resp. LDA (Landing Distance Available) nestačí pro ubrzdění letounu z důvodu

kontaminace dráhy, chybného postupu při brzdění nebo přeletu bodu dotyku. Názornou ukázkou RWY Overrunu lze najít na Obrázku 2.



**Obrázek 2. RWY Overrun Boeingu 737 na Jamajce [4]**

K RWY Veer-off může dojít v jakékoliv fázi pohybu letadla: při pojíždění, odbočování, vzletu nebo přistání. Jedná se o vyjetí jedním nebo všemi koly podvozku mimo pojezdové plochy. V lehčích případech se posádce podaří vrátit letadlo zpátky na TWY/RWY. Ve vážnějších případech jsou potřeba mechanizační prostředky, nebo se může stát, že se podvozek značně poškodí a proto žádný další pohyb už nebude proveditelný.

Jeden z posledních (duben 2015) významných RWY Veer-off se odehrál na letišti Hirošima v Japonsku při přistání Airbusu A320 společnosti Asiana Airlines. [4] [5] Konečnou polohu letadla vůči dráze lze najít na obrázku 3.





**Obrázek 3. RWY Veer-off Airbusu A320 na letišti v Hirošimě [5]**

Faktory, které vedou k RWY Veer-off jsou velmi podobné těm, které vedou k RWY Overrun. Pro tuto práci jsou ale zajímavějšími případy RWY Overrun. Příčinám, které vedou k těmto nehodám, bude věnovaná Kapitola 3.

## **2.2. RWY Incursions**

ICAO Doc 4444 definuje Runway Incursion jako událost na letišti, která spočívá v nesprávné přítomnosti letadla, mobilního prostředku nebo osoby v chráněné části letiště určené pro vzlety a přistání letadel. [6]

Posádky všech letadel musí dobře znát pravidla pojíždění po TWY, najíždění (tzv. line-up) a opouštění RWY. Pohyby všech letadel na provozních plochách jsou monitorovány řídicími stanoviště Ground (nebo Tower) vizuálně nebo pomocí radarů. Samotné pohyby jsou řízeny letištními dispečery, kteří musí mít přehled o všech letadlech v blízkém okolí. Pro pohyb po provozních plochách letiště musí dostat posádka od řídicího povolení (tzv. clearance).

Bohužel občas dochází k událostem typu Runway Incursion, což je vyjetí letadla nebo pozemních mobilních prostředků na dráhu v okamžiku, kdy má být uvolněna pro jiné (startující nebo přistávající) letadlo. Při této události posádka letadla z nějakého

důvodu nedodrží pravidla pro pohyb a zamíří s letadlem do prostoru, do kterého ještě nedostala povolení pro vstup.

Jeden z posledních známých případů Runway Incursions se odehrál 8. června 2014 na barcelonském letišti (BCN). Ve fázi finálního přiblížení Boeingu 767 ruské společnosti UTair vjel na „jeho“ runway Airbus A340-300 argentinských aerolinií. Tenkrát k tomuto vážnému incidentu došlo kvůli chybě barcelonského řídicího, podle kterého by A340 stihl přejet RWY, aniž by ohrozil Boeing 767. [7] Kapitán přistávajícího letadla postupoval správně a při spatření překážky na dráze přerušil přistání. Záběr z kamery náhodného svědka události (viz Obrázek 4) je naprosto dokonalým znázorněním podstaty Runway Incursion.

Na obrázku je zachycen okamžik, kdy je posádka ruského Boeingu nucena aplikovat postupy Go Around, protože se na jejich dráze nachází jiné letadlo (Airbus A340-300 v barvách SkyTeamu).



**Obrázek 4. RWY Incursion na letišti BCN [7]**

Tento typ incidentů (občas nehod) je nebezpečný tím, že posádka přistávajícího/startujícího letadla má velmi málo času na to, aby zareagovala na náhle vzniklé nebezpečí. Ve fázích vzletů a přistání se letadla pohybují velkou rychlostí, proto rozhodnutí musí být okamžité a manévry opatrné. Špatné počasí nebo snížené podmínky viditelnosti mohou celou situaci výrazně zkomplikovat a zvýšit riziko opakování velmi známé nehody dvou Boeingů 747 na Tenerife z roku 1977.

K RWY Incursion může dojít na jakémkoliv letišti za každých podmínek. Proto se nesmí opomenout ani při posuzování budoucí paralelní dráhy na letišti LKPR, jehož dráhový systém bude obsahovat poměrně hodně TWY pro rychlé odbočení a křižovatek.

V kapitole 3.4 bude uveden přehled významných nehod typu RWY Incursion, které následně budou analyzovány, aby se zabránilo jejich výskytu na nové draze v Praze.

### **2.3. RWY Undershoot**

Při Runway Undershoot se jedná o předčasné přistání. To znamená, že se kola hlavního podvozku dotknou země ještě před prahem dráhy resp. před začátkem její LDA.

RWY Undershoot je nebezpečný tím, že dotyk podvozkem nezpevněné plochy může vést ke ztrátě stability letadla a následně i k nehodě. Při návrhu vzletových a přistávacích drah se počítá s tím, že může dojít k pohybu letadla i mimo zpevněnou plochu dráhy. S ohledem na to jsou plochy před prahem dráhy vhodně upravené, nejsou na nich žádné překážky (kromě nezbytně nutných jako například světelná přibližovací soustava nebo ILS). Proto při dotyku kol podvozku např. travnaté plochy RESA (Runway End Safety Area) by nemělo dojít k velké nehodě.

Nejznámější nehoda typu RWY Undershoot se stala na letišti Heathrow (Londýn, Velká Británie), kdy se ve fázi finálního přiblížení v důsledku technické závady vypořádal oba motory a letadlo Boeing 777-200 přistálo před dráhou do volného terénu. V tomto případě rozsáhlá a dobře upravená RESA zachránila život všem cestujícím. Pokud by RESA byla navržena v souladu se současným zněním Annexu 14, na místě dopadu letadla by mohly být různé stavby. Náraz do budov by bezpochyby vedl ke kompletnímu zničení letadla a mnoha lidským obětem.

Ale ne všechna předčasná dosednutí končí bez vážných následků. Občas umístění dráhy nedovoluje zřídit dostatečně velké koncové bezpečnostní plochy, a proto nemůže být zajištěna dostatečná ochrana pro letadla, která z jakýchkoliv důvodů přistanou těsně před prahem dráhy. Jako příklad může sloužit letiště v San Franciscu (SFO), jehož všechny čtyři vzletové a přistávací dráhy jsou obklopeny mořem.

Právě na letišti v San Franciscu se odehrála jedna z posledních vážných nehod tohoto druhu. 6. července 2013 Boeing 777-200ER společnosti Asiana Airlines zavadil

o vlnolam před prahem dráhy. Jedná se přesně o ty vzácné případy, kdy okolí dráhy není dostatečně bezpečné pro letadla, která se dostanou mimo provozní plochu. Náráz způsobil kompletní ztrátu ovládní letadla a vedl k rozsáhlé destrukci stroje (viz Obrázek 5. Trosky letadla v následku RWY Undershoot (SFA)). Ve výsledku 3 z 307 lidí na palubě zahynuli. Jedná se o první nehodu Boeingu 777 s fatálními následky za celou dobu provozu tohoto typu letadla. [4] [5]



Obrázek 5. Trosky letadla v následku RWY Undershoot (SFA) [5]

Naštěstí nejsou v okolí areálu letiště LKPR žádné velké vodní plochy, ale i přesto nelze tvrdit, že je místní terén zcela bezpečný. V blízkosti letiště vede lehce v příkopu rychlostní silnice. Právě přítomnost svahů a celkové převýšení dráhového systému nad okolním terénem jsou dostačujícími důvody, abych se v této diplomové práci zabýval problematikou Runway Undershoot i v případě pražského letiště.

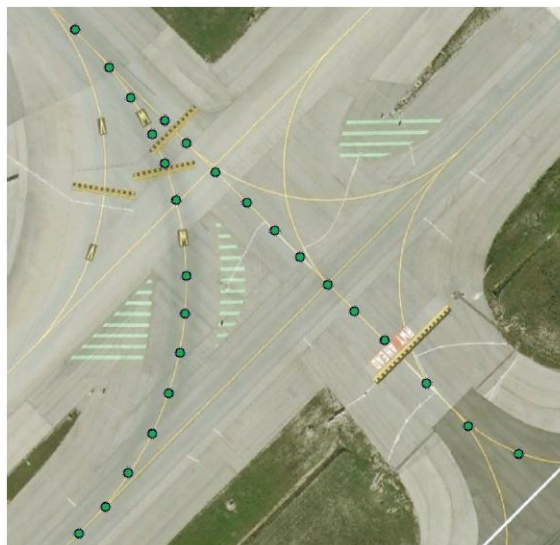
## 2.4. RWY Confusions

Dalším druhem nehod v okolí runwaye je Runway Confusion, ke kterému dochází, když posádka letadla ztratí orientaci a použije pro pohyb letadla jinou než přidělenou RWY (nebo dokonce použije TWY místo RWY). Stává se to, když piloti nevěnují dostatečnou pozornost, jsou unavení nebo spoléhají pouze na vlastní zkušenost.

Složitý dráhový systém, nedostatečné nebo špatně viditelné značení, velké množství zdrojů světla v okolí dráhy (tzv. light pollution) mohou způsobit to, že dojde k nehodě typu RWY Confusion.

Ve fázi pojíždění ze stojánky na dráhu se piloti věnují předletové přípravě, prochází check listy, provádí nastavení palubních systémů, proto může dojít ke ztrátě orientace na letišti. Ale ne ve všech případech je to pouze chyba posádky. Nedokonalý design TWY nebo nepřesné mapy mohou vést k tomu, že se piloti za podmínek nízké dohlednosti nebo v noci nemohou zorientovat, i když dávají pozor.

Příkladem může být vážný incident, který se odehrál na letišti v Nice (Francie) v roce 2010. Tenkrát byla posádka malého letadla Raytheon 390 zmatená ze složité křižovatky (viz Obrázek 6) a omylem najela na aktivní dráhu. V ten samý okamžik začalo rozjezd letadlo Bombardier CRJ200, jehož piloti si včas všimli letadla před sebou a stihli bezpečně zastavit. [8]



**Obrázek 6. Složité křížení TWY na letišti v Nice [8]**

Jelikož kvůli vyjetí Raytheonu na RWY musela posádka Bombradieru přerušit vzlet, lze tento incident zahrnout i do případů RWY Incursion.

K Runway Confusion může dojít i ve fázi přiblížení. Za VFR podmínek může dojít například k zaměňování TWY za RWY nebo dvou paralelních RWY. Stává se to v případě nedostatečného vizuálního odlišení dvou prvků a nepozornosti posádky a řídicího letového provozu.

Například ještě před 5 lety bylo letiště Casablanca v Maroku (CMN/GMMN) dost nebezpečné právě z hlediska rizika RWY Confusion. Každý rok, což je hodně vysoká frekvence pro velké mezinárodní letiště, docházelo k tomu, že letadlo přistálo jinde než na plánované dráze. [5]

Na obrázku 7 je dobře vidět, že při přistání vypadají obě paralelní dráhy a pojezdová dráha (TWY) velice podobně. V tak náročné a rychlé fázi jako je konečné přiblížení pilot nemá dost času na ověřování konfigurace dráhového systému. Odlišit tyto tři dráhy vizuálně a z velké vzdálenosti je velice těžké.

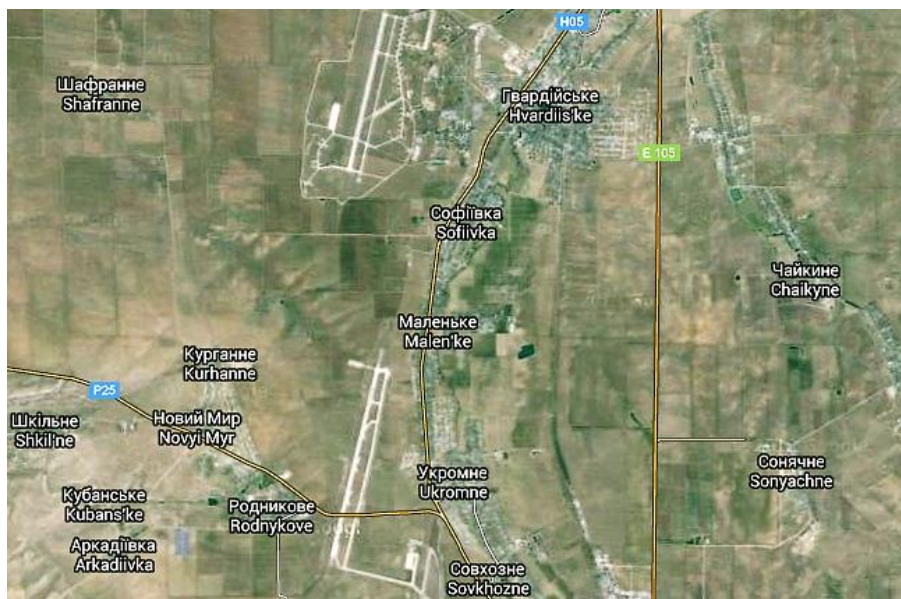


**Obrázek 7. Dráhový systém letiště v Casablance, Maroko [5]**

Za provozu v noci nebo za podmínek nízké dohlednosti se posádka musí řídit informacemi z palubních přístrojů a pokyny řídicího. Ale ani v tomto případě nelze vyloučit RWY Confusion při přiblížení. Intenzivní zdroje světla v okolí letiště a obzvláště osvětlené silnice může posádka omylem vnímat jako světla světelné přiblížovací soustavy a domnívat se, že má vizuální kontakt se zemí.

Ve vzácnějších případech, když je několik letišť umístěno blízko sebe, může dojít k zaměňování nejenom runwayí, ale i letišť. Příkladem mohou sloužit letiště Simferopol a Hvardijske na Krymu (viz. kapitola 3.6.). Polohu obou letišť lze najít na obrázku 8.

Tento případ je téměř vyloučen v případě LKPR, jelikož nejbližší letiště Kbely a Vodochody jsou poměrně daleko. Navíc blízkost velkého města pomáhá lepší orientaci.



**Образек 8. Poloha letišť Simferopol a Hvardijske [18]**

Návrh paralelní dráhy počítá nejenom s výstavbou paralelní RWY 06R/24L, ale i s rozšířením systému pojezdových drah o dvě paralelní TWY M1 a TWY M2, které jsou zároveň paralelní vůči nové dráze. Kromě paralelních pojezdových drah bude obsahovat nový dráhový systém velké množství křižovatek. Samotný projekt naznačuje to, že RWY-TWY Confusion nemůže být na pražském letišti zcela vyloučen, a proto se tomu budu věnovat v dalších kapitolách.

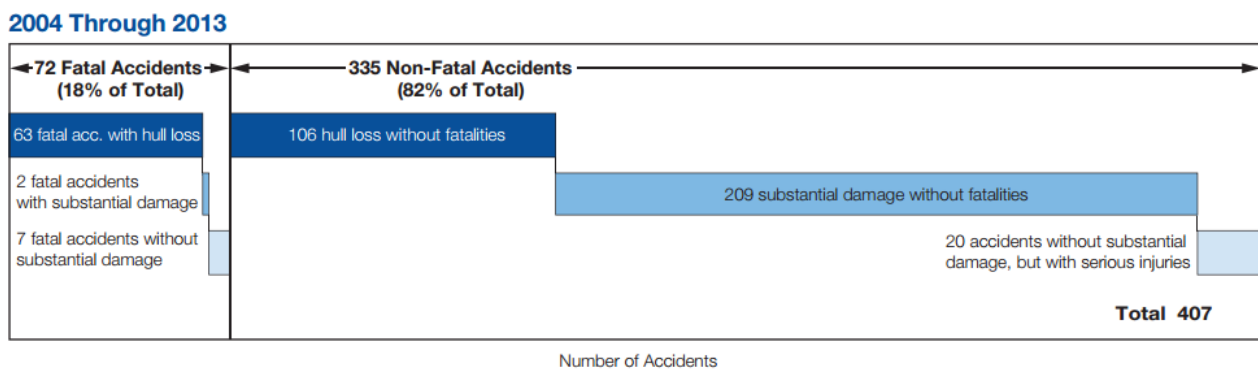
### 3. Statistika a rozbor příčin safety událostí

Aby se zabránilo výskytu událostí popsaných v předchozí kapitole, je nezbytné zjistit příčiny a dílčí faktory, které k nim mohou vést.

Při sbírání dat jsem použil primárně 3 největší servery s důvěryhodnými informacemi o safety událostech: SKYbrary, Aviation Safety Network a Aviation Herald. Všechny tyto servery prohlašují, že používají pouze ověřenou informaci z nezávislých zdrojů, například z publikovaných vyšetřovacích reportů. Hlavním kritériem je to, že musí být dostupné minimálně dva na sobě nezávislé zdroje se stejnou opublikovanou informací nebo alespoň jeden oficiální zdroj (reporty vyšetřovacích týmů, prohlášení aerolinek, informace na stránkách letiště apod.).

Pro představu množství událostí lze použít report s názvem Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents (Statistický přehled nehod komerčních proudových letadel) vydaný společností Boeing v roce 2014. Statistika zahrnuje nehody proudových letadel za období 1959-2013. [9]

Tato diplomová práce se primárně zaměřuje na nehody od roku 2000, proto jako názornou ukázkou z reportu uvádím celkové počty nehod za období 2004-2013 (poslední desetiletí).



Obrázek 9. Počet nehod za posledních 10 let [9]

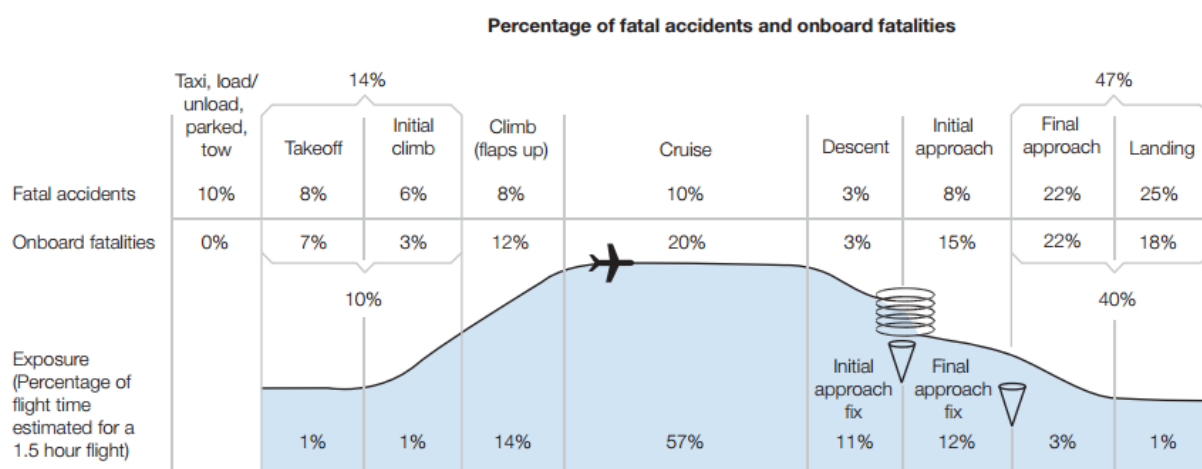
Na obrázku 9 lze najít, že za poslední desetiletí došlo k 407 nehodám, z nichž 72 mělo fatální následky, resp. vedly k fatálním úrazům<sup>1</sup>. [9]

<sup>1</sup> Fatální úraz – úraz, který vede ke smrti během následujících 30 dnů (podle ICAO a NTSB) [9]



Dále se v reportu uvádí procentuální rozdělení fatálních nehod podle fáze letů. Zajímavým faktem je, že na let v hladině (angl. *cruise*) připadá nadpoloviční podíl z celé doby letů, ale pouze 10% fatálních nehod.

Fáze, které nás zajímají především, jsou vzlet a přistání. Pokud se sečtou údaje z obrázku 10, dá se spočítat, že dohromady tyto dvě fáze trvají 2% z celkové doby letu. Ale Boeing ve svém reportu potvrzuje obecně známou domněnku, že vzlet a přistání jsou nejvíc nebezpečnými fázemi letu. Sumárně na tyto fáze připadá 33% všech fatálních nehod. Přičemž při přistání je 3x více nehod než při vzletu.



**Obrázek 10. Rozložení letových dob a fatálních nehod [9]**

Skutečnost, že na 2% letové doby připadá 33% všech úmrtí, je velmi znepokojivá. Právě tyto nehody se odehrávají na draze, tj. jsou hlavním předmětem při vyhodnocování bezpečnosti RWY.

### 3.1 Postupy při zpracování statistických údajů

Za účelem podrobnější analýzy nehod na RWY, resp. v jejím blízkém okolí, jsem dohledal více než 100 safety událostí a nehod. 56 z nich jsem zpracoval ve své diplomové práci.

Ačkoliv je mnoho zpráv o událostech pouze v jazyce země, ve které se událost stala, pro tuto studii byl použit dostatečný vzorek událostí pro vyhodnocení a následné zpracování safety doporučení.

Je nutno zdůraznit, že tato statistika byla vypracována primárně pro safety posudek budoucí paralelní dráhy 06R/24L pražského letiště Václava Havla (PRG/LKPR), která by měla podle projektové dokumentace být dlouhá 3 550m.

Po konzultaci se Safety Managementem PRG byla stanovena kritéria pro vyhledávání nehod, u kterých byla rozhodující délka vzletové a přistávací dráhy. Právě takovéto případy jsem vyhledával primárně a následně zahrnul do své statistiky.

Prvním a základním kritériem bylo datum události. Zkušenost a poznatky získané v minulosti jsou cenným zdrojem informace pro odhady budoucího stavu. Při analýze událostí z minulosti je však nutné stanovit období, ze kterého budou nehody vyhledávány. Je potřeba brát v úvahu to, že technický pokrok v leteckém oboru je velmi prudký a dnešní technika je mnohem výkonnější a bezpečnější než v minulém století.

Pro analýzu byly použity pouze události z XXI století. Hlavním důvodem bylo to, že se svět letectví a technologie v něm vyvíjí velkou rychlostí, neustále se vylepšuje vybavení a hlavně se všichni poučují z předchozích zkušeností. Lze s velkou jistotou tvrdit, že postupy a vybavení letadel a letišť před 20-30 lety byly velice odlišné.

Při hledání událostí a nehod jsem se díval také na rozměry letadel. Byla vynechána letadla kategorie A a vyhledávaly se události s letadly kategorie B a výše. Vycházelo se z předpokladu, že 3 500 m dlouhá dráha by měla stačit pro všechna letadla kategorie A, i kdyby ona přistávala na vlhkou dráhu při maximální přistávací hmotnosti.

Druhým kritériem byla letiště, resp. jejich poloha. Vynechávala se letiště, která se nachází na území s extrémními povětrnostními podmínkami nebo velmi odlišnou nadmořskou výškou (např. tropická Afrika nebo jižně americké Andy). Na těchto letištích by se TODR a LDR (Take-Off and Landing Distance Required) výrazně lišily, jelikož by se pro jejich výpočet použily o hodně větší hodnoty teploty vzduchu a atmosférického tlaku. Právě proto by tyto hodnoty nebyly aplikovatelné pro pražské letiště.

Třetím kritériem pro vyhledávání případů RWY Excursion byla délka dráhy. Zvýšenou pozornost jsem věnoval dráhám delším než 3 000 m, protože tato délka zhruba odpovídá délce budoucí paralelní dráhy.

V přílohách A až D jsou uvedeny tabulky se soupisem všech nehod, které jsem použil při statistických výpočtech. V každé tabulce lze najít všechny základní informace o události: čas, místo, letadlo. Podle druhu události byly přidány další sloupce s upřesňujícími informacemi. Například při RWY Overrun nebo RWY Undershoot je pro

nás důležitá vzdálenost místa, kde skončilo letadlo, od konce nebo prahu dráhy, délka samotné dráhy a také vedlejší informace (o stavu dráhy, stavu letadla).

V tabulce RWY Confusion lze najít sloupce s popisem poloh dvou RWY, případně RWY a TWY a také údaje o denní době.

Při statistickém zpracování nehod typu RWY Incursion a RWY Confusion nebylo pro mě rozhodujícím kritériem ani poloha letiště ani délka dráhy. Při analýze těchto dvou druhů nehod jsem pracoval se všemi dostupnými informacemi ze všech letišť.

Informace a poznatky popsané v této kapitole byly později použity v Kapitole 4 pro identifikaci rizik a ohodnocení jejich pravděpodobnosti a závažnosti.

## **3.2 RWY Excursions**

Jak již bylo zmíněno v Kapitole 2, patří Runway Excursions mezi nejfrekventovanější události v okolí RWY. Stávají se denně po celém světě. Ale většinou se jedná o málo významné události, které nevedou k žádným škodám. Občas jsou tolik zanedbatelné, že se to zjistí až po nějaké době při kontrole podvozku nebo travnatých ploch.

Jako každá událost v letectví je RWY Excursion výsledkem řetězce nepříznivých faktorů, které v závěru vedou k tomu, že letadlu při vzletu nebo přistání nestačí vymezená plocha runwaye.

Za účelem získání komplexního přehledu jsem použil statistické údaje třetích stran a následně je porovnal se mnou udělanou statistikou.

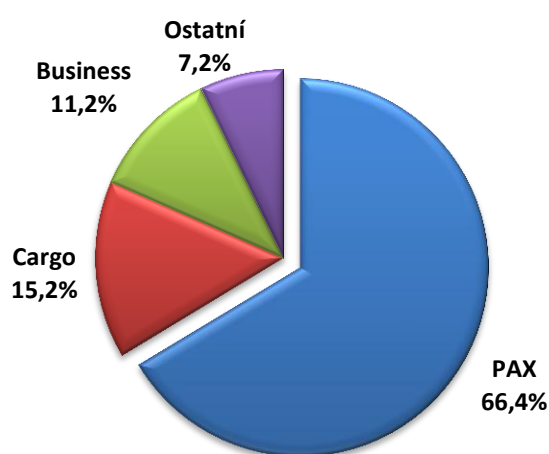
### **3.2.1 Statistické údaje třetích stran**

Nehody typu Runway Excursion jsou relativně časté a v mnoha případech vedou k velkým škodám. Právě proto se analýzou těchto nehod zabývají různé safety instituce.

Rozsáhlou studii na téma Runway Excursion z evropské perspektivy (A Study of Runway Excursion From a European Perspective) opublikoval v květnu 2010 NLR Air Transport Safety Institute.

V popisu použitých dat se v opublikované studii uvádí následující statistika (viz Obrázek 11. Podíl jednotlivých druhů letecké dopravy na případech RWY Exursion :

- 66,4% z celkového počtu nehod připadají na dopravní letadla
- nákladní letadla cargo dopravců mají podíl 15,2%
- něco málo přes desetinu všech případů RWY Overrun (11,2%) patří business letadlům
- zbylých 7,2% činí lety, které nespádají do žádné z výše uvedených kategorií. Těmi jsou například výcvikové lety, lety s prázdnými stroji (anglicky *ferry/positioning flights*) [3]



**Obrázek 11. Podíl jednotlivých druhů letecké dopravy na případech RWY Exursion**

Tato čísla přibližně odpovídají podílům letadel v provozu.

Zajímavější a podstatnější pro tuto práci informaci přináší studie v tabulce s porovnáním frekvencí případů Runway Excursion po celém světě. Tabulka je rozdělená do dvou podmnožin: Svět bez Evropy a Evropa.

**Tabulka 1. Porovnání frekvencí Runway Excursion [3]**

Region	Typ RWY Excursion	Fáze letu	Podíl [%]
Svět (bez Evropy)	Overrun	L	37,1%
		TO	10,7%
	Veeroff	L	39,8%
		TO	12,4%
Evropa	Overrun	L	41,8%
		TO	12,6%
	Veeroff	L	35,8%
		TO	9,8%

Z tabulky lze udělat následující závěry:

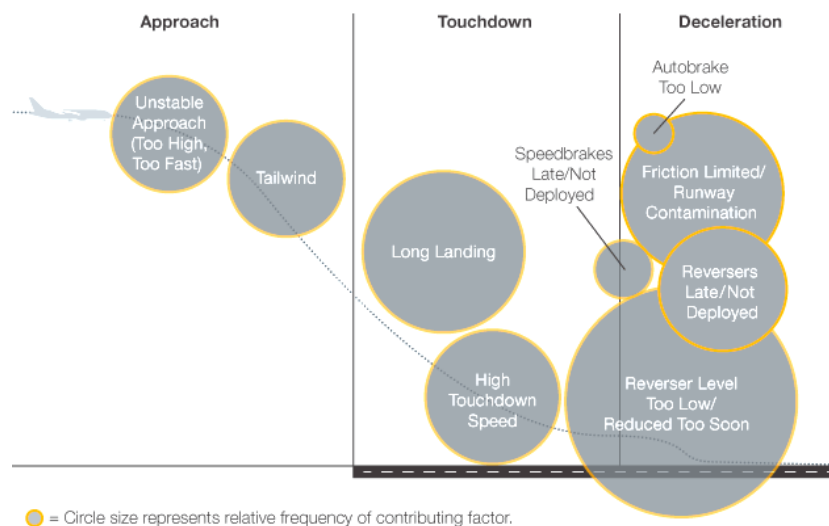
- 1) Rozdělení typů RWY Excursion a Fází letů, ve kterých k nehodě došlo, jsou přibližně stejná ve světě i v Evropě.
- 2) K Runway Excursion nejčastěji dochází ve fázi přistání.

První tvrzení lze vysvětlit tím, že hodně letů v dnešní době je z/do Evropy. Evropa je jedním z nejbohatších kontinentů a významnou ekonomickou zónou, a proto hodně letů směřuje do/z ní. Myslím tím, že může dojít k nehodě evropského letadla na území mimo Evropu a naopak.

Druhé tvrzení jenom ještě jednou potvrzuje statistiku zpracovanou Boeingem. Podle reportu NLR Air Transport Safety Institute dochází k nehodám během přistání 3,5x častěji než při vzletu (oproti 3x v reportu od Boeingu). Bohužel se v publikaci nezdůrazňuje, co přesně se považovalo za fázi vzletu a fázi přistání. V každém případě bych hodnoty z těchto dvou reportů považoval za přibližně stejné.

Firma Boeing vypracovala studii s názvem Reducing Runway Landing Overruns, která má sloužit jako podklad pro vývoj nových technologií. Tyto nové technologie by měly přispět k větší bezpečnosti při provádění letů s letadly Boeingu. [10]

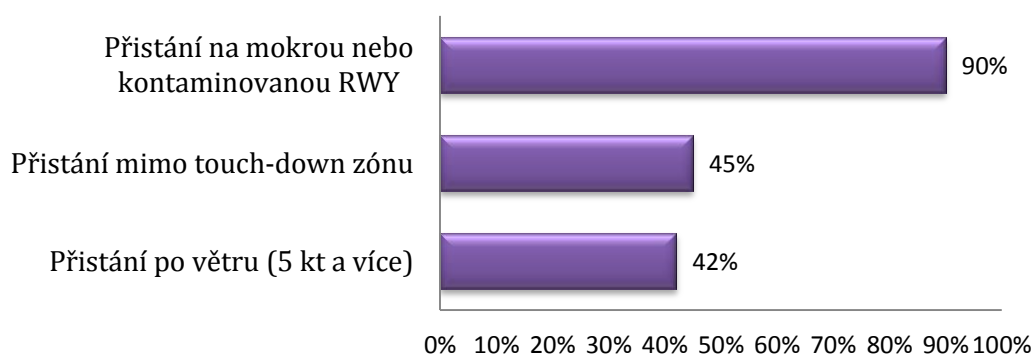
V rámci této studie vznikl graf, na kterém jsou schematicky zobrazeny 3 hlavní fáze přistání: přiblížení, dotyk a brzdění. Ke každé fázi jsou přiřazeny hlavní faktory, které v těchto jednotlivých fázích přispívají zvýšení rizika RWY Overrun (viz Obrázek 12). Velikost každého kolečka reprezentuje relativní frekvenci jednotlivých druhů dílčích faktorů.



**Obrázek 12. Nejčastější příčiny RWY Overrun [10]**

Z obrázku 12 je patrné, že ve fázi přiblížení mohou přispět vzniku Overrunu nestabilní přiblížení (letadlo je moc vysoko, nebo letí moc rychle) nebo tailwind. Ve fázi dosednutí bývá primární chybou přelet zaměřovacího bodu nebo vysoká rychlost dosednutí. Ale nejrizikovější je fáze decelerace, ve které nedostatečné nebo pozdní použití reverze tahu motoru spolu se sníženým brzdícím účinkem kvůli kontaminaci dráhy jsou podle společnosti Boeing nejčastějšími faktory, které vedou k Runway Overrunu.

Dále se ve studii uvádí procentuální podíl hlavních faktorů vedoucích k RWY Overrunu:



**Obrázek 13. Faktory RWY Overrun [10]**

Na obrázku 13 je vidět, že Boeing ve své studii dospěl k závěru, že dokonce 90% případů RWY Overrun bylo na mokré dráze.

Jeden ze závěrů výzkumu od Boeingu říká, že zmírnění pouze jednoho z faktorů nebude mít žádný vliv na výskyty RWY Overrunů a že problematika potřebuje komplexní řešení.

Podle ICAO publikace Vyhodnocení, měření a hlášení stavu povrchu dráhy (Runway Surface Condition Assessment, Measurement and Reporting) se za kontaminovanou považuje dráha, jejíž povrch je na více než 25% pokryt:

- vodou nebo břečkou
- vrstvou sypkého sněhu o tloušťce 20 mm
- stlačeným sněhem nebo ledem včetně mokrého ledu [11]

Nizozemská národní laboratoř (Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium) ve svém reportu Running Out of Runway. Analysis of 35 Years of Landing Overrun Accidents uvádí následující hodnoty:

- 47,8% RWY Overrunů se stalo na mokré dráze
- v 5,5% případů byla dráha pokrytá sněhem, ledem nebo břečkou [12]

Tyto hodnoty se liší od hodnot ve studii od Boeingu. Tento rozdíl lze vysvětlit tím, že nizozemská studie obsahuje data za posledních 35 let, ale Boeing uvádí hodnoty pouze z období 2003 až 2010. Lze předpokládat, že za poslední desetiletí byla přijata opatření pro snížení rizika RWY Overrun na suché dráze. Bohužel jiná než suchá dráha je i nadále představuje významné riziko toho, že letadlo vyjede za její konec.

### **3.2.2 Vlastní statistika**

Za účelem budoucích výpočtů praktické části této diplomové práce jsem sepsal a zpracoval vlastní statistiku událostí a nehod typu RWY Excursion. Základní kritéria, kterými jsem se řídil, již byla zmíněna na začátku této kapitoly.

Pro větší přehlednost tabulky jsem barevně odlišil sloupce podle typu údajů. Za účelem třídění nehod podle délky dráhy na letišti, kde došlo k nehodě, jsem použil barevné označení pořadových čísel případů.

V případě, že dráhy byly 3000 nebo více metrů dlouhé, má pořadové číslo zelené pozadí. Jelikož účelem safety studie je odhadnout a zabránit výskytu nehod a událostí, byly zahrnuty do tabulek i případy, které se staly na kratších dráhách. Žlutá barva pozadí pořadového čísla odpovídá délkám dráhy 2 000 až 3 000 m a červená je pro dráhy kratší než 2 000 m, na kterých však jsou operována letadla kategorie B a výše.

Podstatný pro hodnocení případů RWY Overrun je také sloupec Konečná poloha (podílná a příčná). Podélná poloha se měřila podél osy dráhy. Příčná poloha uvádí vzdálenost od prodloužené osy dráhy, přičemž znaménko „+“ před hodnotou znamená odchylku vpravo (ze směru pohybu) a znaménkem „-“ jsem označil odchylku vlevo.

Ukázku vypracované tabulky lze najít níže (viz Obrázek 14). Celou tabulku s výpisem všech mnou analyzovaných nehod lze najít v Příloze A.

č.	datum	Let					RWY		Konečná poloha		Rychlost vyjetí (kt)	Fáze
		letadlo	společnost	druh	město	stát	číslo	délka	podélná	příčná		
1	29.3.2013	A321	Air Mediterranee	PAX	Lyon	Francie	36L	4000	300	-30	N/A	L
2	24.1.2005	B747	Atlas Air	cargo	Düsseldorf	Německo	23L	3192	90	+5	N/A	L
3	13.12.2002	DC8	Arrow Air	cargo	Singapore	Singapore	20R	3260	300	N/A	N/A	L
4	22.9.1999	B744	Qantas	PAX	Bangkok	Thajsko	21L	3150	320	+18	88	L
5	4.12.2010	Tu 154M	Dagestan Airlines	PAX	Moskva	Rusko	32R	3794	800	-150	117	L
					Domodedovo							

Obrázek 14. Ukázka vypracované tabulky

Tabulka obsahuje údaje o datu a místě nehody, typu letadla a druhu dopravy (PAX nebo Cargo), parametry dráhy, konečnou polohu a rychlost, kterou mělo letadlo v okamžiku přejetí konce dráhy, fázi letu a přehled následků: škody na letadle, ztráty na lidských životech a další poznámky.

Po nalezení informací a zadání všech nehod do tabulky se mohlo postoupit k analýze získaných údajů.

První zjištění bylo zřejmé už na první pohled. Nejčastěji k vyjetí za práh dráhy docházelo ve fázi přistání (L). Pouze v 8,6% případů uvedených v tabulce došlo k RWY Overrun ve fázi vzletu (TO). Tyto hodnoty mají trochu jiné rozdělení než hodnoty uvedené v tabulce 1 zpracované NLR Air Transport Safety Institute. Výsledný závěr je ale stejný.



Níže uvádím tabulku s porovnáním mých údajů (samostatný sloupec označený hvězdičkou) a údajů z tabulky 1:

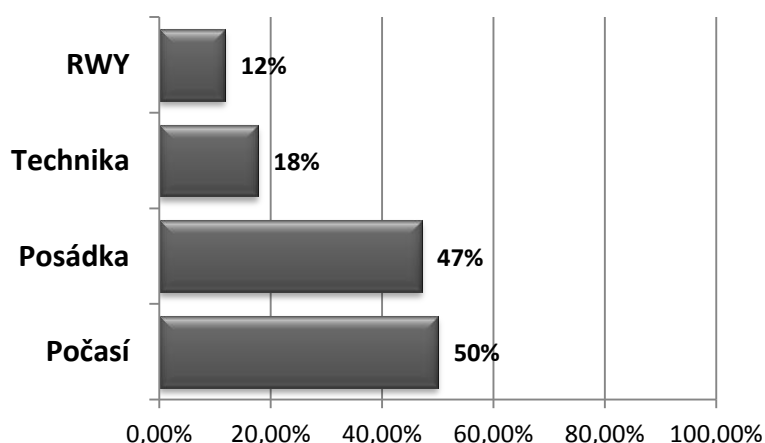
**Tabulka 2. Porovnání výsledků [3] [autor]**

Region	Typ RWY Excursion	Fáze letu	Podíl [%]	Podíl [%]*
Svět	Overrun	L	77,6%	91,4%
		TO	22,4%	8,6%

Nová paralelní dráha bude primárně určena pro přistání, proto zjištěné hodnoty dodatečně potvrzují, že je potřeba se zaměřit především na nehody typu RWY Excursion.

Jednou z hlavních informací, kterou jsme potřebovali zjistit, byla příčina vyjetí za konec dráhy. V tabulce se statistikou je sloupec Příčina, který je rozdělen do 4 kategorií: Počasí, Posádka, RWY, Technika. Všechny nehody jsou důsledkem jednoho nebo kombinace více těchto faktorů.

Jako jeden ze statistických výstupů je graf na Obrázku 15, ve kterém jsou uvedena procenta nehod, na kterých se podílel každý z vyjmenovaných faktorů. Jelikož k nehodě může vést několik z nich, nedává součet 100 procent.



**Obrázek 15. Dílčí faktory**

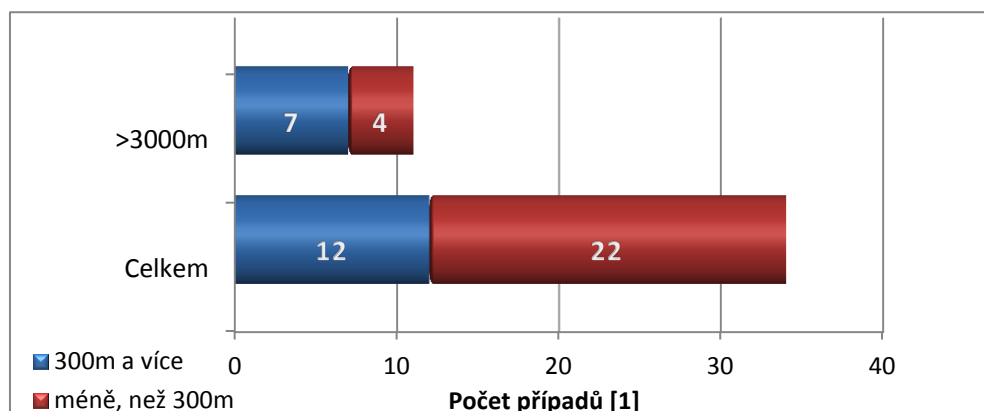
Z grafu je patrné, že počasí je jedním z hlavních faktorů, které vedou k vyjetí za konec dráhy v polovině zkoumaných případů. Zajímavá hodnota je hned v prvním řádku. Konkrétně to, že v 12% případů vedl k vyjetí nevyhovující stav dráhy. Tím se myslí významná kontaminace povrchu nebo velká vrstva neodstraněné gummy z pneumatik.

Jelikož dráha je v podstatě velkou asfaltobetonovou plochou, při jejím projektování se navrhuje určitý příčný sklon, který by zajistil odvod vody mimo zpevněnou plochu dráhy. Občas se ale stane, že při srážkách nedochází k tak kvalitnímu odvodu vody z dráhy, jak bylo předpokládáno při návrhu (například kvůli bočnímu větru). V těchto případech dochází ke kontaminaci dráhy, která vede ke zhoršení brzdných účinků. Právě nedostatečná decelerace při brzdění je jednou z hlavních příčin RWY Overrun.

Bohužel při návrhu a konstrukci dráhy není možné ovlivnit položky typu Chyba posádky a Technické chyby letadel. První z uvedených byla hlavní v 47% případů a druhá se podílela na vyjetí v 18% případů, když se jednalo o nefunkční reversy, brzdy na kolech nebo nefunkčnost prvků sekundárního řízení letadla.

RESA (Runway End Safety Area) pražského letiště je dlouhá 240m a začíná 60 m za koncem dráhy.

Alarmujícím je zjištění, že z celkového počtu (34) analyzovaných nehod v 12 případech skončila letadla ve vzdálenosti 300m a více, tj. ve 35% případů. Pokud se podíváme pouze na dráhy o délce 3000m a více, je výsledek ještě méně optimistický: 7 z 11 případů (64%).

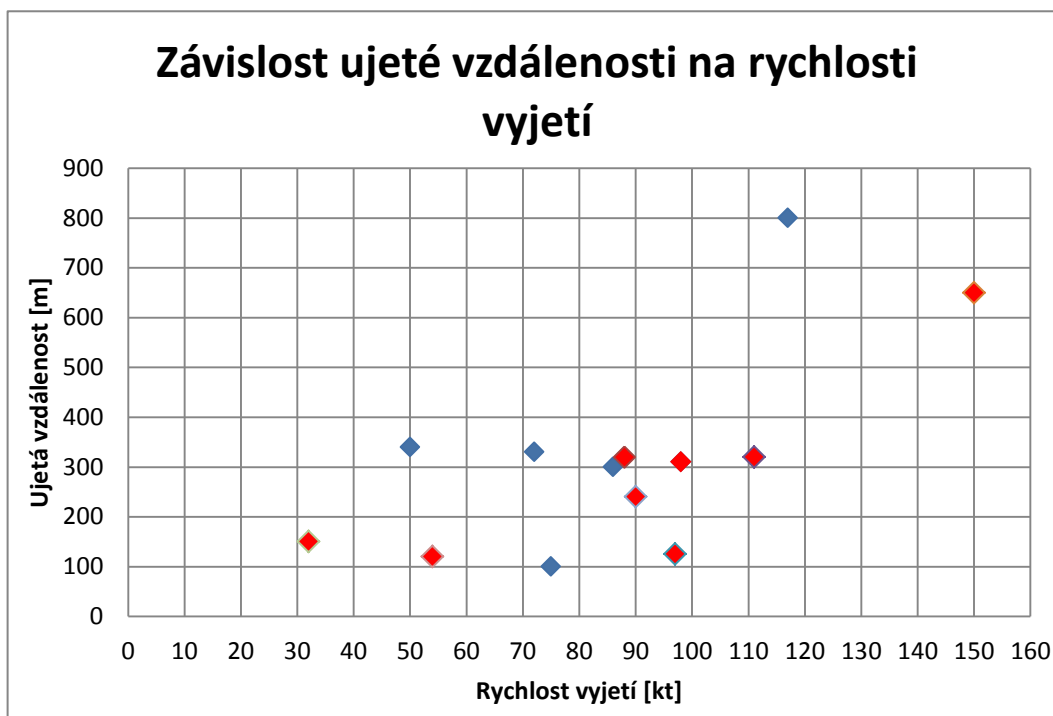


**Obrázek 16. Porovnání počtů RWY Overtunů**

Dále jsem se zaměřil na rychlost, s kterou letadla opouštěla RWY. Bohužel se tento údaj v mnoha reportech neuvádí. Z dostupných hodnot jsem vypočítal průměrnou rychlost, která činí 86 kt ( $\approx 160$  km/hod).

Následně jsem se pokusil najít závislost mezi rychlostí vyjetí za práh dráhy a konečnou polohou letadla, resp. podélnou vzdáleností od prahu příslušné RWY. Když

se ke každé z těchto rychlostí přiřadila příslušná vzdálenost, kterou letadlo po RWY Overrun ujelo, zjistilo se, že konečná poloha letadla není závislá na rychlosti vyjetí za hranice RWY (viz obrázek 17).



Obrázek 17. Závislost ujeté vzdálenosti na rychlosti vyjetí

Tyto údaje jsou bohužel značně zkreslené. Důvodem toho, že vzdálenosti nejsou úměrné rychlostem, je primárně to, že letadla narážela do různých překážek, které letadlo buď výrazně zpomalily, nebo úplně zastavily. Ve většině případů se jednalo o ploty (často betonové) kolem letiště. Tyto případy jsou na obrázku 17 označeny červenou barvou.

### 3.2.3 Shrnutí

Pro větší přehlednost a systematizaci zjištění a výsledků analýzy nehody typu RWY Excursion jsem vypsál následující body:

- Z celkového počtu letů, které skončily RWY Excursion, 66,4% letů byly s cestujícími na palubě
- RWY Excursion při přistání jsou 3x častější než při vzletu
- RWY Excursion se vyskytují rovnoměrně po celém světě a nezáleží ani na typu letadla ani na aerolince
- Přes 50% případů RWY Overrun bylo na mokré dráze

- Až v 64% případů byla vzdálenost, kterou ujelo letadlo po překročení prahu dráhy větší než 300m
- Konečná poloha letadla, resp. jeho vzdálenost od prahu dráhy, nezáleží na rychlosti, s kterou letadlo vyjelo z dráhy.

### 3.3 RWY Undershoot

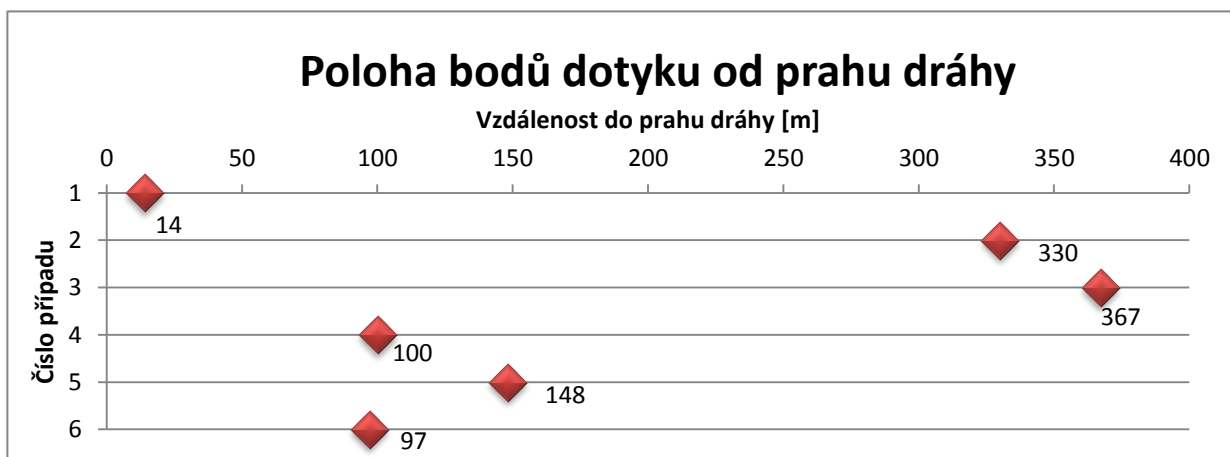
Při vyhledávání nehod typu RWY Undershoot jsem našel celkem 6 případů, které by byly vhodné pro analýzu v rámci této diplomové práce (viz Příloha G)

Jedná se o případy, kdy bod dotyku kol hlavního podvozku země byl dál než řádově desítky centimetrů od prahu dráhy, protože tyto případy nikdy nevedly k žádným následkům, kromě rozbitých světel na prahu dráhy.

Čtyři z šesti zmíněných případů byly zaviněny posádkami letadel. V případě č. 2 (Boeing 777-200 v londýnském Heathrow) se obešlo bez obětí právě díky posádce, která udělala všechno, aby minimalizovala následky výpadku obou motorů ve fázi finálního přiblížení.

V jednom případě chyba posádky neměla nic společného s lidským faktorem. Nehoda v Palermu (Případ č. 3 v příloze B) byla důsledkem špatné viditelnosti za velmi nepříznivého počasí (bouřka, déšť a stříh větru) a hlavně chybou v mapách přiblížení. Po této nehodě byla vydána doporučení pro italské úřady, aby přezkoumaly svoje mapy a aktualizovaly je.

Přehled vzdálenosti bodů, ve kterých došlo k dotyku kol podvozku země, od prahu dráhy je uveden na obrázku 18.



Obrázek 18. Polohy RWY Undeshootů

V Kapitole 4 a Příloze G budou tyto případy zakresleny do výkresu budoucí paralelní dráhy jako vizuální podklad pro safety doporučení.

### 3.4 RWY Incursion

Při vyhledávání událostí typu RWY Incursion jsem zjistil, že jsou velice frekventované, ale často nevedou k žádným škodám. Analyzoval jsem celkem více než 100 události tohoto typu.

Při analýze jsem záměrně vynechával události způsobené výhradně lidským faktorem na straně posádek letadel nebo řídicího na stanovišti TWR. Únava, nepozornost, nedostatečná příprava, horší znalost angličtiny jakožto jazyka, ve kterém probíhá komunikace – toto jsou faktory, které nejsme schopni ovlivnit při návrhu nové dráhy.

Ale některé nehody byly způsobeny chybami na straně letiště. Důležité pro analýzu byly údaje o podmínkách, ve kterých došlo k nehodám. Tabulka obsahuje sloupec Výbavní RWY a TWY a také sloupec Příčiny se slovním komentářem k hlavním faktorům (viz Příloha C).

Tabulka obsahuje údaje pouze o 3 významných případech RWY Incursion: v Miláně, v Paříži a Nice. V případě těchto nehod bylo hlavním faktorem nedokonalé nebo dokonce špatné vybavení dráhového systému v místě křížení TWY a RWY. Na letišti v Miláně bylo velmi špatně označeno vyčkávací místo, na letišti v Paříži byl příliš velký úhel napojení TWY na RWY a v Nice se posádka dopustila chyby kvůli matoucímu podsvícení TWY.

Situaci v den nehody na letišti v Miláně významně komplikovala hustá mlha. Znaky na TWY nebyly dostatečně viditelné ani za normálního počasí, proto za mlhy si je posádka nevšimla. Zároveň informaci o vjezdu letadla na aktivní dráhu neměl ani řídicí ani posádka přistávajícího letadla, protože jej nemohla vidět.

Jako vysvětlení RWY Incursion v Paříži uvedla posádka to, že i přes veškerou snahu se rozhlídnout na obě strany dráhy, nemohla ji vidět celou kvůli příliš ostrému úhlu napojení TWY na RWY. Nevhodné vedení TWY dohromady s omezeným výhledem z pilotní kabiny přispívá ke vzniku nebezpečí nevšimnutí si jiných letadel v okolí.

### **3.5 RWY Confusion**

Při zkoumání událostí Runway Confusion bylo analyzováno 13 případů tohoto druhu. Všechny nehody včetně detailů jsou opět uvedeny v tabulce v Příloze D.

Při zpracování statistiky jsem se zaměřil na následující body:

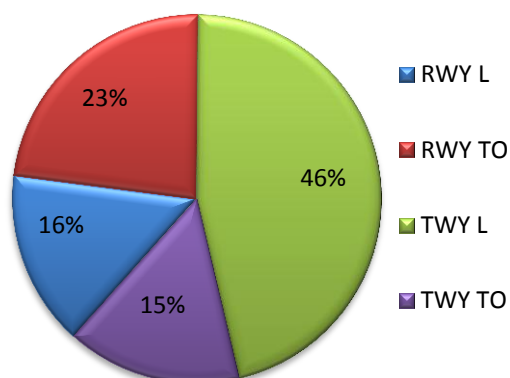
- co bylo chybně identifikováno (RWY nebo TWY)
- jestli k chybě došlo při identifikaci při přiblížení nebo ze země
- vizuální podmínky (den nebo noc)
- předpokládaná příčina omylu
- následky

#### **3.5.1 Rozdělení nehod**

Především jsem zjistil, k jaké chybě docházelo nejčastěji. Z obrázku 19 je patrné, že bezkonkurenčně nejčastěji docházelo k přistání na TWY místo RWY, která byla s ní rovnoběžná.

Jak je vidět na grafu (viz obrázek 19), činí chybná identifikace vzletové a přistávací dráhy 61% všech nehod tohoto druhu. Myslí se tím případy, kdy se místo RWY použila TWY pro vzlet (TWY L) nebo pro přistání (TWY TO). Větší část z nich jsou případy přistání na pojezdovou dráhu – TWY Landing.

## RWY Confusion



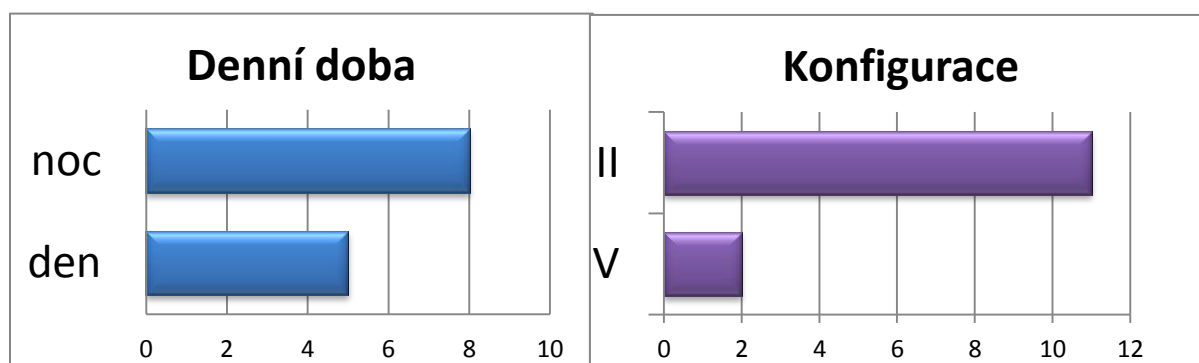
Obrázek 19. Rozdělení různých typů nehod typu RWY Confusion

Dále jsem se zaměřil na podmínky (konfigurace dráhového systému a denní dobu), za kterých došlo k RWY Confusion. U všech letišť jsem dohledal jejich mapy a v použitých zdrojích jsem našel denní doby, kdy docházelo k událostem.

Díky statistice se potvrdilo obecné tvrzení, že orientace ve tmě je pro posádky komplikovanější než ve dne. Navíc všechny odletové případy RWY Confusion, tj. vzlety po pojíždění, byly v noci. Hlavním důvodem je obtížnější porovnávání své aktuální polohy s mapou a snadnější přehlednutí nějakého znaku nebo značení.

Ve dne došlo k událostem pouze ve fázi přistání a byly způsobeny špatnou vizuální identifikací dráhy.

Téměř všechny případy se odehrály na letišti s paralelním (II) umístěním RWY-RWY nebo RWY-TWY. Pouze 2 z 13 případů byly na letišti s V konfigurací drah (viz Obrázek 20).



Obrázek 20. Statistické výstupy: denní doba a konfigurace RWY při RWY Incursion

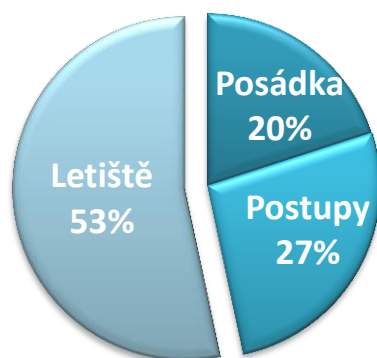
Budoucí dráhový systém v Praze bude obsahovat nejenom dvě paralelní dráhy, ale i dvě nové TWY paralelní k budoucí dráze. Proto lze tvrdit, že budoucí konfigurace spadá do rizikovější kategorie (II) a že se musí věnovat dostatečná pozornost při jejím vizuálním označení nejen nočnímu, ale i dennímu.

### 3.5.2 Příčiny a následky

Ve všech případech byl lidský faktor (chyba posádky) tím hlavním. Ale pouze ve 20% případech to bylo výhradně nepozorností nebo nedostatečnou přípravou pilotů.

V dalších 27% případech se piloti dopustili chyby z důvodu nedostatečného školení, nedokonalých postupů leteckých společností nebo špatné komunikace s řídicím (viz Obrázek 21).

#### Viník RWY Confusion



Obrázek 21. Procentuální rozdělení primární odpovědnosti za RWY Confusion

Při identifikaci nebezpečí se budu primárně věnovat zbývajících 53% případů, kdy k nehodě přispělo špatné značení dráhového systému, nebo nedostatečné značení neprovozních ploch.

Nejvíce vypovídajícím případem byla nehoda na Taiwanu (viz Příloha D, případ č. 1). Jedná se o pokus o vzlet ze zavřeného na rekonstrukci dráhy.

Primární odpovědnost je na posádce, která měla k dispozici všechno potřebné (displaye na přístrojové desce, NOTAM, letištní mapu apod.). Odlet byl v době blížícího se tajfunu Xangsane, za tmy a deště a v časové tísni. Všechny tyto okolnosti výrazně zvýšily nebezpečí chyby na straně posádky.



Ale nehodě značně přispěl provozovatel letiště, protože jediným opatřením po uzavření RWY na rekonstrukci bylo vydání NOTAMu.

TWY byla podsvícená jak na dráhu 05L (správná), tak i na dráhu 05R (zavřená). U nájezdu na dráhu 05R nebylo žádné viditelné značení rekonstrukce nebo neprovoznosti, které by dodatečně upozornilo piloty.

Posádka za velmi snížené viditelnosti nemohla vidět mechanizační prostředky na opravované RWY, protože byly skoro tisíc metrů daleko a RVR byla pouze 450 metrů. Stanoviště Tower na taiwanském letišti nebylo vybaveno ASDE (Airport Surface Detection Equipment) radar, proto řídicí neměl přehled o tom, kde se letadlo opravdu nachází.

Dalším příkladem může sloužit událost s Airbusem A320 společnosti United Airlines v Miami. V tomto případě se také jednalo o pokus o vzlet z uzavřené na rekonstrukci dráhy v noční době.

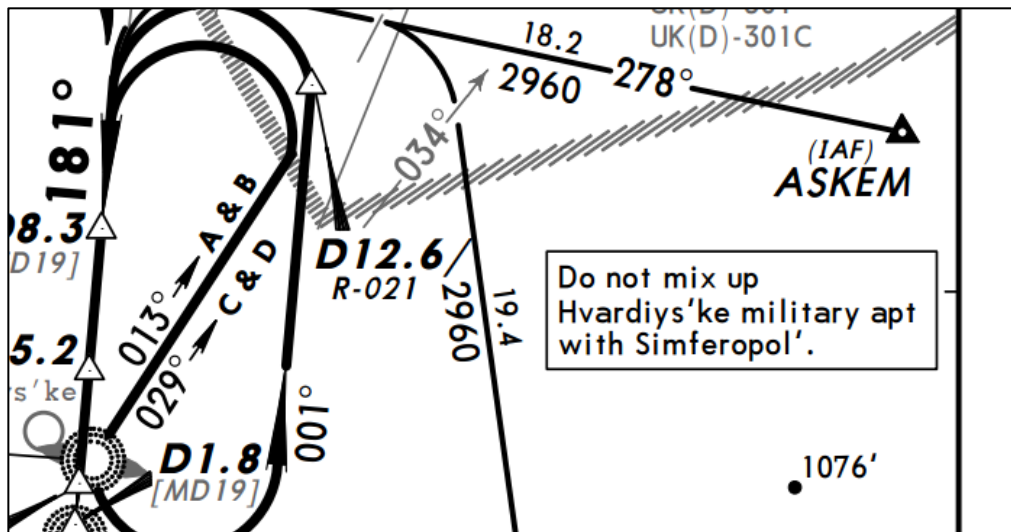
Oba případy jsou velmi podobné a byly důsledkem stejných faktorů:

- jedna ze dvou paralelních drah byla uzavřená
- ani posádka ani řídicí nevěnovali dostatečnou pozornost identifikaci polohy letadla před odletem
- posádka spatřila traktory a další mobilní prostředky na draze v poslední chvíli
- chyběla jakákoliv viditelná značení neprovoznosti dráhy.

Provozovatel letiště je zodpovědný za vydání správných letištních map. Právě nedokonalé nebo neúplné mapy bývají vedlejším faktorem, resp. další prolomenou bariérou při RWY Confusion. Samotné mapy jsou nezbytné pro orientaci na letišti a poznámky na mapách mohou přispět k bezpečnějšímu provozu.

Dobrym příkladem toho, jak poznámka na mapě může být jednou z bariér proti RWY Confusion, může být letiště Simferopol na Ukrajině. Letiště se nachází poměrně daleko od samotného města na velké otevřené rovině. Jen několik kilometrů od něj se nachází vojenské letiště Hvardiyske, které má velmi podobný dráhový systém. V tomto případě pilot nemá žádné záchytné body, které by mu usnadnily vizuální identifikaci letiště.

Jeppesen mapy, které piloti používají pro zjišťování příletových a odletových tratí a postupů, obsahují speciální poznámku. Rámeček vedle mapy obsahuje varování pro piloty před možným zaměňováním drah těchto dvou letišť. Hned na třech stránkách map je upozornění: „Do not mix up Hvardiys'ke military apt with Simferopol“ [13]



Obrázek 22. Část Jeppesen mapy letiště Simferopol s poznámkou [13]

RWY Confusion může vést k velmi katastrofickým následkům. Při vzletu z TWY nebo jiné než zamyšlené RWY hrozí střet s pozemními prostředky nebo jinými letadly. Střet těžkého stroje na velké rychlosti s největší pravděpodobností přivede k velkému počtu obětí a značeným materiálními škodám.

Následky přistání na jinou plochu než plánovanou dráhu mohou být mnohem horší. V případě vzletu má posádka šanci zastavit letadlo jakmile si všimne chyby nebo bude upozorněna řídicím. V případě přistání, pokud je letadlo ještě ve vzduchu, lze předejít kolizi pomocí go aroundu. Ale pokud se letadlo dotkne dráhy všemi koly a začne brzdit a teprve tehdy si všimne překážky, přivede to k velice vážné letecké nehodě.

### 3.6 Názor pilotů na příčiny safety událostí

V předchozích podkapitolách jsem dospěl k závěru, že primárním faktorem ve všech případech je lidský faktor. Právě pochybení pilotů, nedostatečný výcvik, špatné rozhodnutí, nesprávné postupy často vedou k nehodám.

V rámci zpracování své diplomové práce jsem kontaktoval 3 piloty a poprosil je o vyjádření se k safety událostem, které oni zažili osobně, nebo o kterých ví.

První konzultace byla s kapitánem letadla Airbus A320 jedné z největších ruských letecké společnosti. Pan Ing. Dmitry Dorovskiy sdělil svůj názor na nehody typu RWY Overrun a RWY Confusion a také k nebezpečí vedení silniční komunikace blízko vzletové a přistávací dráhy.

Podle pana Dorovského nejčastějším důvodem RWY Overrun je přelet touch-down zóny (takzvaný *Long Landing*), kterého se dopouští primárně mladí, resp. málo zkušené piloti. Chybě spočívá v nedodržení správných instrukcí a snaze „vystačit si“ se zkrácenou LDA a přistát za každou cenu. Jakmile si posádka všimne, že přeletěla plánovaný bod dotyku, měl by se správně aplikovat postup nezdařeného přiblížení.

Jako jeden z možných důvodů RWY Confusion zmínil pan kapitán vizuální přiblížení, kdy posádka spoléhá na to, co vidí, aniž by pečlivě sledovala přístroje. Jako příklad uvedl letiště v Simfiropolu, v těsné blízkosti kterého se nachází velmi podobné letiště Hvardijske (viz kapitola 3.5.2). Někteří piloti jako první spatří dráhu vedlejšího letiště jako první a považují to za správný vizuální kontakt s letištem, resp. zemí.

Jako bariéra proti RWY Confusion ve zmíněném případě byla navržena a realizována úprava leteckých tabulek s popisem příletových tratí, byla přidána poznámka s upozorněním pro posádky, že může dojít k chybné vizuální identifikaci dráhy (viz kapitola 3.5.2). Další bariérou je přístrojové přiblížení na letišti Simferopol. Ale i tyto velmi účinné bariéry jednoduše překoná velmi silný faktor – lidský.

Pan kapitán se také vyjádřil k poloze silnice R7, která povede v oblouku jen několik set metrů od prahu dráhy 24L.

Při přiblížení za nízké dohlednosti nebo například v noci za silného deště může dojít k chybnému zaměňování světelných sloupců podél silnice za prvky světelné přiblížovací soustavy. Jedná se o poměrně vzácnou chybu, ale minimálně jednou se to stalo na letišti Sheremetyevo v Moskvě, když posádka jednoho z letadel začala klesat podle světelných sloupců dálnice. Na poslední chvíli si posádka uvědomila, že je to silnice, napravila vlastní chybu a následně bezpečně přistála.

Silnice R7 blízko pražského letiště díky oblouku povede směrem blízkým ke směru přistání, proto zmíněné riziko chybného přiblížení existuje i v případě LKPR. Samozřejmě na LKPR existují bariéry, které by tomu měly zabránit (přístrojové přiblížení, ATC). Velmi podobné bariéry má i letiště UUEE (Sheremetyevo), ale i přesto došlo k chybnému přiblížení.

Dalším osloveným kapitánem byl pan kapitán David Janík. Pan Janík má mnoholetou zkušenost s pilotováním letadel Cessna C56X Citation a C56X Excel a během své kariéry navštívil větší část všech letišť Evropy a zemí bývalého Sovětského Svazu.

Podle pana Janíka vede k RWY Overrun souhra dvou hlavních faktorů: meteorologických podmínek a podcenění situace ze strany posádky. Pan kapitán se také zmínil o důležité roli správně vypočítaného loadsheetu a správných informací o stavu dráhy. Tímto by se zajistilo to, že posádka může přesně vypočítat rychlost V1 (rychlost rozhodnutí). Za důležité bariéry ze strany provozovatel letiště považuje dostatečnou péči o dráhu a správné reporty o stavu RWY.

Při diskuzi o RWY Undershoot si pan Janík vybavil letiště Chambéry (CMF/LFLB). V okolí tohoto letiště, které se nachází v komplikovaném horském terénu, se občas vyskytují silné klesavé proudy způsobené bouřkovou činností (takzvaný Micro Burst). Ale i při značném výskytu těchto proudů zůstává letiště otevřené, a proto veškerá zodpovědnost při rozhodování přechází na posádku. Tím se posádka dostává pod tlak (obchodní zájmy, konkurence) a snaží se přistát i přes vyšší míru rizika. Pan kapitán upozorňuje na zbytečnost ohrožení bezpečnosti kvůli tlaku na posádku a připomíná nehodu polského vládního letadla v Rusku u Smolensku.

Nezbytnou bariéru proti RWY Incursion je podle pana Janíka zavedení pozemních přehledových radarů a důsledné monitorování pohybů všech letadel a mobilních prostředků na letišti. Přesně tato zábrana selhala na letišti Vnukovo, kde došlo ke srážce startujícího letadla se sněžným pluhem v roce 2014.

Také jsem oslovil druhého pilota Ing. Adama Růžičku, který také létá s Cessnou C56X Citation a C56X Excel.

Podle pana Růžičky přispívá kudálostem typu RWY Overrun nezvládnutí přistávacího manévru (dlouhé podrovnání, nestabilizované přiblížení) a dojezdu na dráze v kombinaci se špatným stavem RWY (namrzlá dráha, pokrytá vodou, ledem či sněhem). Dalším faktorem může být podcenění LDR. Jedna z možností odhadu LDR je pomocí násobků, ale ty se vypočítávají z průměrných hodnot a proto nejsou velmi přesné.

Jako faktory vedoucí k RWY Incursion zmínil pan Růžička špatné značení drah, absenci výstražných světel a stop příček. Tyto nedostatky se v Evropě téměř nevyskytují. Riziko RWY Incursion také zvyšuje neobvyklá poloha vyčkávacích míst. Příkladem může

sloužit letiště Baden-Baden, kde je vyčkávací místo CAT I umístěno relativně daleko od RWY. Za hlavní faktor však považuje nepozornost posádek.

K RWY Confusion může podle pana pilota vést pokus o vizuální přiblížení na letišti, které posádka nezná.

Pan Růžička také okomentoval současný stav na letišti LKPR. Podle něj patří pražské letiště mezi ta lepší v Evropě: má kvalitní povrch drah, dobře provedená značení a ATC služby na dobré úrovni.

Z odpovědí dotázaných pilotů vyplývá, že všichni mají podobné názory na příčiny RWY Overrun: dlouhé podrovnání a kontaminovaná dráhy. Zmíněný faktor přispívající RWY Undershoot (střih větru) není v okolí pražského letiště moc běžný, protože v tomto regionu není bouřková činnost moc častá.

## 4. Identifikace safety nebezpečí a rizik pro RWY 06R/24L a ohodnocení jejich pravděpodobnosti a závažnosti

V předchozích kapitolách jsem popsal, jaké typy nehod jsou nejběžnějšími v okolí vzletové a přistávací dráhy.

Zjistilo se, že nejčastěji dochází k nehodám typu RWY Excursion. Ostatní typy popsaných nehod jsou spíše výjimečné a málokdy vedou k vážným následkům.

V této kapitole se budu věnovat identifikaci nebezpečí, která jsou spojená s provozem letadel na paralelní dráze, pokud bude postavena podle aktuální projektové dokumentace. Následně zjistím, jaká rizika mohou vzniknout z odhalených nebezpečí.

Abychom mohli posoudit, zda je zjištěné riziko pro nás přijatelné, musí se ohodnotit. Při hodnocení rizika se posuzuje jeho pravděpodobnost (jak často dochází k realizaci rizika, došlo-li k tomu v minulosti) a stupeň závažnosti (k jak velkým škodám a újmám na zdraví došlo nebo může dojít). [14]

Pro účely hodnocení a posouzení přijatelnosti rizika existuje takzvaná matice rizik. V této matici jsou sloupce označeny písmeny A až E a určují stupeň nebezpečí. Hodnocení A dostávají katastrofické nehody, při kterých může dojít ke kompletní ztrátě letadla a mnohonásobným úmrtím. Nehody s hodnocením E jsou zanedbatelné a většinou znamenají jenom odbočení od běžných postupů.

Řádky jsou rozděleny podle pravděpodobnosti, se kterou se dané riziko může realizovat. Jsou označeny čísly 1 (velmi nízká) až 5 (velmi vysoká).

Při posouzení rizika a určení jeho přijatelnosti se budeme řídit níže uvedenou tabulkou, resp. maticí rizik (viz Tabulka 3).

**Tabulka 3. Matice rizik**

Pravděpodobnost rizika		Vážnost rizika				
		Katastrofická	Nebezpečná	Velká	Malá	Nepatrná
		A	B	C	D	E
Velmi vysoká	5	5A	5B	5C	5D	5E
Vysoká	4	4A	4B	4C	4D	4E
Střední	3	3A	3B	3C	3D	3E
Nízká	2	2A	2B	2C	2D	2E
Velmi nízká	1	1A	1B	1C	1D	1E

## **4.1 Vyjetí za konec dráhy při pohybech na draze 06R/24L**

Jak již bylo uvedeno výše, nejčastěji dochází právě k vyjetí letadla za práh dráhy, proto tomu bude věnována samostatná podkapitola. Při posuzování rizika RWY Overrunu se zaměřím zvláště na dráhu 06R a 24L.

Návrh dráhy 06R/24L počítá s RESA 240m x 120m, což je doporučená hodnota podle předpisu L14. RESA začíná ve vzdálenosti 60m od prahu dráhy, proto lze tvrdit, že za prahem dráhy mají letadla pro zastavení pouze 300 metrů.

V Kapitole 3.2 jsem provedl analýzu významných případů RWY Overrun a na základě vlastní vypracované statistiky jsem došel k závěru, že v průměru 35% (a v případě drah s délkou přes 3000 metrů dokonce 64%) případů Overrunů končilo dále než 300 metrů od prahu dráhy.

Na základě vypracovaných tabulek byla provedena analýza nehod a incidentů. Všechny případy byly zakresleny do aktuálního (2014) výkresu plánované dráhy (viz Obrázek 24. Poloha letadel po RWY Overrun RWY 06R a Obrázek 25). Poloha letadel po RWY Overrun RWY 24L).

### **4.1.1 Dráha 06R**

I přesto, že se počítá s využitím paralelní dráhy primárně pro přistání ve směru 24, musíme počítat i s tím, že může být použita i pro přistání ve směru 06.

Tady se setkáváme se snad největším nebezpečím ze všech popsanych v této práci. Ve vzdálenosti 350 metrů od prahu dráhy 06R vede velmi frekventovaná vícepruhová silnice R7. Navíc posledních zhruba 20 metrů činí svah směrem k silnici (viz Obrázek 23).

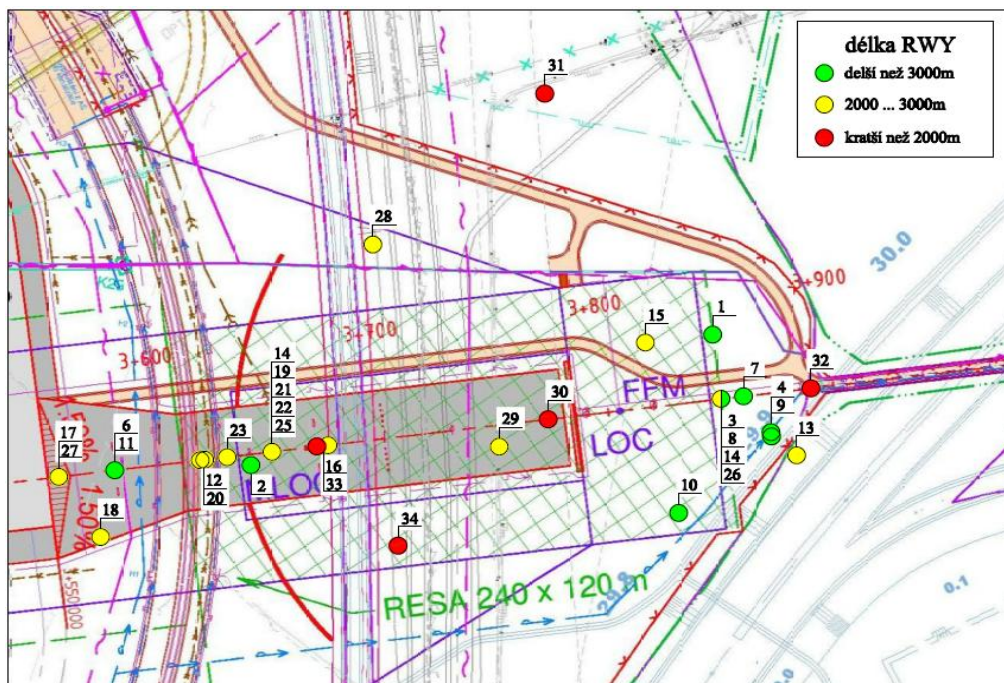


Obrázek 23. Pohled na RESA RWY 24L a silnici R7 [1]

V praxi to znamená, že pokud RESA nebude stačit pro úplné zastavení letadla (podle statistiky nemusí stačit), dojde k pádu letadla ze svahu a sklouznutí na silnici.

Použitím získaných statistických údajů z jiných letišť a jejich aplikací na RWY 06R na LKPR jsem zakreslil odhad polohy letadel po případech RWY Overrun do výkresu budoucí dráhy.

Je vidět, že by relativně velký počet nehod skončil za hranicemi navržené RESA (viz Obrázek 24 a Příloha E).



Obrázek 24. Poloha letadel po RWY Overrun RWY 06R (viz Příloha E)



Popsaná trajektorie nehody snižuje šanci lidí na palubě letadla na bezpečné přežití nehody a zvyšuje riziko destrukce trupu letadla a hlavně jeho nárazu do jedoucích aut. V tomto případě by došlo nejen k obětem na palubě, ale i v autech.

Ale na pražském letišti existují bariéry, které by měly zabránit výskytu RWY Overrunů.

Především má LKPR dobře orientované dráhy. V regionu převládá západní vítr, proto orientace západ-východ dovoluje ve většině případů přistávat proti větru.

Existující bariéry proti RWY Overrun jsou následující:

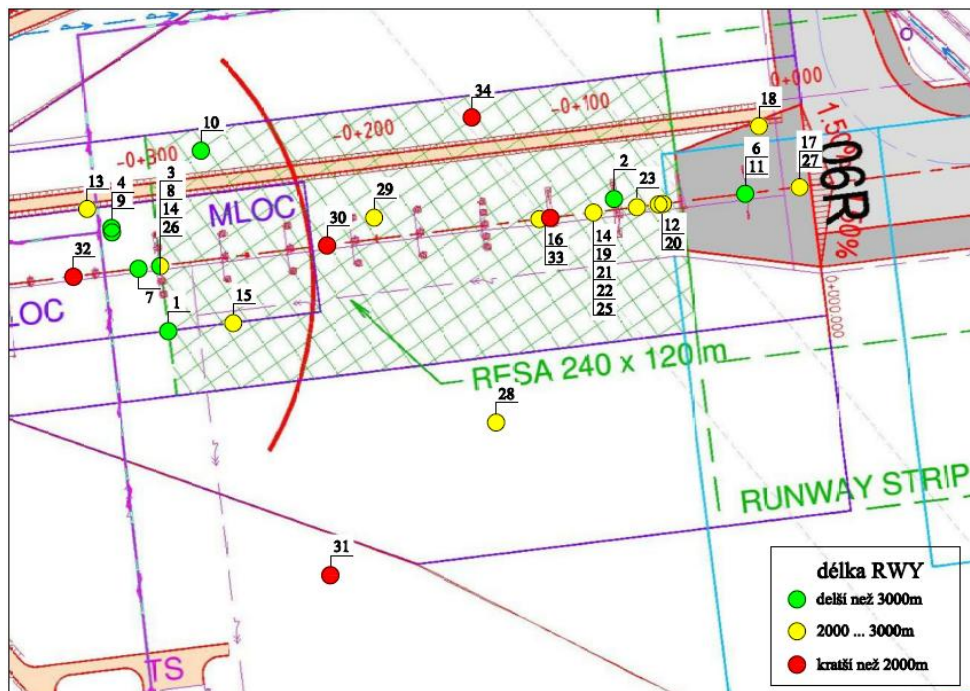
- směrová orientace
- délka RWY
- vybavení
- poctivá údržba
- vyhlašování RWY v provozu

Z těchto důvodů bych vyhodnotil toto riziko se závažností katastrofickou, ale díky existujícím bariérám bych mu přiřadil velmi nízkou pravděpodobnost (1A).

Tato hodnota je pro nás tolerovatelná, ale i přesto se v kapitole 5 pokusím navrhnout opatření (další bariéry) pro snížení závažnosti tohoto rizika.

#### **4.1.2 Dráha 24L**

V případě vyjetí za konec dráhy 24L neohrozí letadlo žádné okolní stavby nebo pozemní komunikace, protože jsou velmi vzdálené. Na výkresu na Obrázku 25 lze vidět, že všechny teoretické konečné polohy letadel (včetně těch po velice vzácných a velice nepravděpodobných událostech) jsou na travnatém území v okolí prahu dráhy, a proto nepředstavují téměř žádnou hrozbu pro infrastrukturu v blízkém okolí letiště (viz Příloha F)



Obrázek 25. Poloha letadel po RWY Overrun RWY 24L (viz Příloha F)

Jelikož je v této části letiště dostatek volné plochy bez překážek, může letadlo v případě Overrunu bezpečně zastavit na travnaté ploše. Následky by byly méně významné a samotná nehoda by měla velice slabou pravděpodobnost.

Riziko bych ohodnotil stupněm 1B, což je pro nás tolerovatelná hodnota.

Je potřeba zdůraznit, že konečné polohy letadel byly často ovlivněny nárazem do překážek. Týká se to přibližně třetiny všech případů. Proto lze předpokládat, že by v případě volného prostoru za prahem dráhy končila letadla na jiných místech, která by byla víc vzdálená od konce dráhy ve směru pohybu letadel.

Na letišti Václava Havla se nepředpokládá výstavba žádných betonových plotů nebo jiných pevných stavebních překážek. Proto se musí počítat s větším prostorem potřebným pro bezpečné zastavení letadel při RWY Overrun. Na západním konci budoucí dráhy je volného prostoru dostatek.

## 4.2 Dosednutí před prahem dráhy 24L

Jak již bylo zmíněno výše, bude nová paralelní dráha určena především pro přistání ve směru 24. To znamená, že finální přiblížení bude probíhat nad silnicí R7. Z hlediska RWY Undershootu to představuje určité nebezpečí.

V kapitole 3.3 jsem provedl analýzu na základě dat z přílohy B. Pouze dva případy by mohly ohrozit lidi v letadle a na silnici (viz případy z Londýna a Palerma). Ale oba případy měly na posádce nezávislé předpoklady pro nehodu – led v palivovém systému nebo chybné mapy. Pozitivním zjištěním bylo taky to, že tyto nehody vedly k minimálnímu (většinou nulovému) počtu obětí.

Běžnější hodnota Undershootu je řádově jednotky až desítky metrů, a proto RESA musí stačit.

V tomto případě bych vyhodnotil riziko nehody v případě předčasného dosednutí jako nebezpečné, ale s velmi nízkou pravděpodobností (1B).

Tato hodnota je pro nás tolerovatelná, a proto nevyžaduje žádné úpravy návrhu.

### **4.3 Nepovolené vjetí na aktivní dráhu**

Nebezpečí vjetí na dráhu existuje vždy a všude, jelikož je spojeno primárně s lidským faktorem.

Jelikož se ve své práci primárně věnuji posudku nové dráhy, zaměřím se na nebezpečí spojená s nevhodnou úpravou dráhového systému. Formálně jsem to rozdělil do dvou skupin: nedostatečné značení a omezený výhled na dráhu.

Do první skupiny patří vybledlé nebo žádné značení na povrchu TWY nebo RWY, vysoká tráva kolem nízkých návěstidel, žádná viditelná návěstidla apod. Druhou skupinu tvoří případy, kdy se piloti z různých důvodů (špatná komunikace s řídicím, oslnění nebo ztrátou orientace) dostanou s letadlem na RWY, ale kvůli příliš ostrému úhlu napojení neměli možnost ji zkontrolovat po celé délce.

#### **4.3.1 Vjetí z důvodu nedostatečného značení**

V současné době je téměř vyloučené, že by na letišti nebyla označena místa napojení TWY na RWY. Na velkých letištích s nonstop provozem za všech meteorologických podmínek je nezbytně nutné, aby místa křížení pojížděcích drah a také vyčkávací místa před runwayí byla dostatečně a dobře viditelně označena.

Nelze ale vyloučit možnost, že barevné vodorovné značení na povrchu nebude mít dostatečný kontrast vůči pozadí nebo vybledne kvůli tření s pneumatikami, erozi nebo slunečnému záření.

Svislá návěstidla po stranách od TWY také mohou například mít nedostatečný jas za zhoršených meteorologických podmínek, nebo být mimo provoz kvůli technické závadě. Teoreticky se dá předpokládat, že okolní vegetace může dosáhnout takové výšky, že začne zakrývat část nebo celou plochu návěstidla a tím zkreslí informace, které potřebuje posádka.

Toto riziko bych přiřadil rovnou ke dvěma kategoriím nehod: RWY Incursion a RWY Confusion. Posádka totiž může nasměrovat letadlo nejen na neuvolněnou dráhu, ale i na úplně jinou.

RWY Incursion je ve světě relativně častá kategorie událostí a má nejrůznější příčiny, především ztrátu orientace. Obecně je nutné přiřadit ji hodnotu frekvence 4. Zároveň může být až katastrofická, proto bych obecně toto riziko ohodnotil 4A. RWY Incursion však nelze řešit obecně, nutné je zkoumat jednotlivé příčiny a vyžaduje tedy hlubší rozbor.

#### **4.3.2 Vjetí kvůli omezenému výhledu na RWY**

Jednou z příčin nehody na pařížském letišti Charlese de Gaulla popsané v příloze C byl právě omezený výhled na dráhu. Piloti začali najíždět na dráhu, ale i přesto, že se rozhlédli po stranách, nemohli si všimnout letadla, které se zrovna rozjíždělo. Geometrie dráhového systému nebyla primární příčinou, ale byla to poslední vrstva Reasonova modelu [14], která mohla zabránit nehodě.

Předpis L-14 v podkapitole 3.9.19, která odpovídá podkapitole 3.8.18 Annexu 14, nařizuje navrhovat úhel křižovatky pojezdové dráhy pro rychlé odbočení a RWY v rozmezí 25° až 45°. Současné znění Annexu 14 vylučuje možnost návrhu pojezdové dráhy pro rychlé odbočení s větším nebo menším úhlem. Stále ale existují letiště, kde je tato hodnota překročena.

Návrh dráhy 06R/24L, resp. návrh křižovatek pojezdových dráh pro rychlé odbočení a RWY, je plně v souladu se současným zněním předpisu řady L a Annexu 14. Úhel napojení pojížděcích drah TWY K6 až K9 na RWY 06R/24L činí 30°, což je o 10° větší než v případě letiště, na kterém se odehrála nehoda. Úhle křižovatky TWY 16 (nyní TWY Y6) a dráhy RWY 27 (nyní 27L) na letišti CDG/LFPG je 20°. Tato hodnota je v odporu s hodnotami uvedenými v podkapitole 3.8.18 Annexu 14.

Dráha 06R/24L na letišti PRG/LKPR je primárně určená pro přistání, proto se počítá s tím, že letadla budou opouštět RWY čili hlavní tok dopravního proudu bude

směrem od dráhy. Navíc se nedoporučuje použití TWY pro rychlé odbočení za účelem nájezdu na dráhu.

Na pražském letišti budou v místě napojení rychlých odboček na TWY M1 umístěny znaky NO ENTRY. Pro nájezd letadel na dráhu se budou používat kolmě TWY na obou koncích dráhy.

Riziko nehody v tomto případě bych považoval za:

- Velmi nepravděpodobné. Protože většinu času budou letadla dráhu opouštět a hlavně současné hodnoty úhlů křižovatek jsou dostatečně velké a jsou v souladu se současnými předpisy.
- S vážnými následky. Protože pokud by se dráha používala pro odlety, muselo by se počítat s tím, že může dojít ke střetu s rozjíždějícím se letadlem. Takový střet by vedl k velkým ztrátám na majetku a životech.

Hodnota rizika je 1B a je pro nás tolerovatelná.

#### **4.4 Využití chybné TWY nebo RWY**

Jak již bylo zmíněno v kapitole 3.3.5 představuje paralelní uspořádání dráhového systému (paralelní TWY a RWY) určité nebezpečí. Nedostatek dobře viditelného značení nebo velmi komplexní uspořádání dráhového systému může zmást posádky a vést k nežádoucím událostem.

Rozšíření dráhového systému na LKPR počítá s výstavbou nové RWY 06R/24L a dokonce dvěma k ní paralelními pojezdovými drahami: TWY M1 a TWY M2.

##### **a) Při vizuálním přiblížení**

Ke vzájemnému zaměňování dvou RWY nebo zaměňování TWY za RWY může dojít i při vizuálním přiblížení. Příkladem může sloužit letiště v Maroku nebo v polských Katowicích, kde jsou paralelní prvky dráhového systému z větší dálky téměř neodlišitelné.

Pro přesnější posouzení jsem rozdělil toto riziko na dvě hlavní kategorie:

- Přiblížení na jinou RWY (RWY-RWY Confusion)
- Přiblížení na TWY (RWY-TWY Confusion)

V prvním případě existuje, resp. plánuje se zavedení na letišti PRG více bariér. Především hned první bariérou je velká osová vzdálenost drah (1 525m). Navíc dráhy budou odděleny budovami terminálů, proto jejich vizuální odlišení bude jednoduché.

Další bariérou budou odlišné frekvence pro každou dráhu. Toto opatření usnadní komunikace TWR s letadly a bude sníženo riziko přijetí cizího povolení z vedlejší dráhy.

Ke snížení rizika RWY-RWY Confusion přispívají i odpovídající postupy a školení pro posádky letadel a řídící letového provozu.

Výskytu RWY-TWY Confusion může účinně bránit vybavení dráhy systémem pro přesné přiblížení, které navádí letadla přímo na RWY. V noci (a ve dne také) pomáhá posádkám správně provést přiblížení i světlená přibližovací soustava.

Samozřejmou a dobře viditelnou bariérou je kromě šířky také značení na RWY a na TWY. Značení na RWY je mnohem rozsáhlejší a provádí se odlišnou barvou.

V případě prolomení existujících bariér popsaných výše hrozí střet letadla s jinými letadly na TWY nebo RWY a ohrožení životů cestujících a posádek. Tyto případy však nejsou moc časté, proto je to velmi nebezpečné riziko s nízkou pravděpodobností (2A).

Riziko je pro nás naprosto nepřijatelné, proto se v kapitole 5.4 budu zabývat způsoby jak ho snížit

#### b) Při pojíždění

Při analýze nehod typu RWY Confusion bylo zjištěno, že při více paralelních dráhách (RWY, TWY) vzniká nebezpečí ztráty orientace pilotů především v nočních hodinách. V případě, kdy pojíždění bylo prováděno po TWY, která byla od cílové RWY oddělena ještě jednou paralelní dráhou (další TWY nebo RWY), docházelo k tomu, že piloti ztráceli přehled o situaci a najížděli hned na první ze dvou paralelních drah.

#### c) Při neprovoznosti drah

Další nebezpečí vzniká při provedení opravných nebo stavebních prací na provozních plochách. Samozřejmostí je značení těchto míst varovným značením a vydání NOTAMu. Důležité je označit neprovoznost místa tak, aby byla dobře viditelná nejen ve dne, ale i v noci, resp. při zhoršené viditelnosti.

V praxi se ale ukázalo, že se místa stavebních prací neznačí dostatečně dobře na všech letištích. Příkladem je například nehoda na Taiwanu (viz kapitola 3.5.1

a příloha D). Proto nebezpečí stavebních prací přináší riziko vjetí letadla na pro jeho pohyb nevhodnou plochu nebo střetu letadla se stavební technikou.

Jako prevenci RWY Confusion při stavebních pracích uplatňuje Letiště Praha následující bariéry:

- značky neprovoznosti
- návěstidla
- NOTAM
- ATIS
- postupy ATC

Pokud ke střetu dojde při pojíždění, povede to k relativně malým škodám na majetku. Pokud (jako v případě ze Singapuru) dojde ke střetu ve fázi rozjezdu nebo přistání, budou škody velmi rozsáhlé až katastrofické.

Riziko je v tomto případě opět nebezpečné se slabou pravděpodobností (3B).

Jelikož toto nebezpečí se netýká samotného návrhu budoucí paralelní dráhy, ale spíš prací, které mohou probíhat v jejím okolí během zahájení provozu, zařadím příslušné safety doporučení do kategorie Ostatní (viz kapitola 5.6).

## 5. Návrh safety doporučení pro RWY 06R/24L

Hlavním cílem této diplomové práce bylo provést safety analýzu návrhu budoucí paralelní dráhy 06R/24L.

V kapitole 4 jsem sepsal významná nebezpečí spojená s provozem letadel na budoucí dráze a identifikoval a ohodnotil rizika, ke kterým daná nebezpečí mohou vést. Bylo zjištěno, že návrh má slabá místa plynoucí z toho, že RWY se umísťuje do již zastavěného území, kde se nachází starší dráhový systém a silniční komunikace R6 a R7.

RWY je navržena dle předpisu L14 a beze zbytku jej splňuje. Z8kladní standard bezpečnosti je tedy dodržen.

Tato kapitola bude zaměřená na možné způsoby snížení závažnosti nebo frekvencí výskytu rizik, aby budoucí dráha byla co nejbezpečnější. Všechna zde uvedená doporučení budou předána Safety Managementu Letiště Praha.

### 5.1 Úprava RESA

Velká pozornost by měla být věnována RESA na východním konci nové dráhy. Jak již bylo zmíněno v kapitole 4.1.1, nemusí být dostačující pro letadla v případě RWY Overrun, byť je navrženo řešení podle předpisových požadavků (RESA 240 m). Níže uvedená doporučení tedy posunují úroveň bezpečnosti do nadstandardní.

Jako hlavní opatření bych navrhoval vybavení RESA systémem pro nedestruktivní zbrzdění letadel nebo úpravu jejího povrchu, aby se dosáhlo co největšího snížení rychlosti na jednotku ujeté vzdálenosti. Takovým povrchem by mohl být například pórovitý beton, který je hlavním prvkem zadržovacího systému EMAS<sup>2</sup>. Při vyjetí letadla na tento povrch by se kola podvozku zabořila do substrátu a docházelo by k dostatečně intenzivnímu pasivnímu brzdění díky spotřebě kinetické energie letadla na prolomení podloží EMASu.

Povrch musí být vybrán tak, aby nedošlo k ulomení podvozku, aby se zachovala integrita trupu a aby bylo jednodušší následné odstraňování letadla z místa nehody.

---

<sup>2</sup> EMAS (podle FAA) - systém tvořený materiálem s vysokým stupněm absorpce energie, který se spolehlivě a předvídatelně deformuje pod vahou letadla. [16]



Zároveň je nutné mít na vědomí, že je lepší zastavit letadlo uvnitř RESA i za cenu poškození podvozku a škody na trupu. V případě, že by se stroj nezastavil do 350 metrů za koncovým prahem dráhy 06R, hrozilo by jeho sklouznutí ze svahu až na rušnou silnici R7. Ochrana silnice R7 před dopady nehod typu RWY Excursion (Overrun) bude věnována kapitola 5.2.

Dalším opatřením by mohlo být vybudování mechanické překážky na konci RESA, respektive před začátkem svahu. Ale toto řešení považuji za nevhodné, kvůli významnému ohrožení životů lidí na palubě. I přesto, že v takové vzdálenosti od RWY (300-350 m) by rychlost letadla neměla být moc vysoká, mohlo by dojít k rozlomení trupu nebo dokonce výbuchu.

Další řešení nabízí předpis L-14 (Dodatek A, bod 9.2), ve kterém je uvedeno: *“Kde může zřízení koncové bezpečnostní plochy mít za následek narušení ploch, které jsou k tomuto účelu zcela nevhodné a ÚCL považuje koncovou bezpečnostní plochu za důležitou, je třeba uvážit zkrácení některých vyhlášených délek.”* [15]

V případě paralelní dráhy je silnice R7 zcela nevhodnou plochou. Proto jako další možné řešení (teoreticky) nedostatečné RESA připadá v úvahu zkrácení vyhlášených délek RWY 06R.

Pokud by bylo zkrácení LDA RWY 06R nemožné, jako poslední možnost navrhuji zvážení změny projektu dráhy a posunutí celé konstrukce o 50 až 100 metrů směrem na západ podél osy dráhy. Znamenalo by to pracné překreslení velmi komplexního projektu, ale velkou výhodou by bylo to, že by odpadla potřeba vybudování doplňkových ochranných prvků. Tuto variantu osobně nepovažuji za velmi pravděpodobnou. Ale dokud nezačala výstavba dráhy, nevylučuji ani ji.

## **5.2 Doplnkové ochranné prvky pro silnici R7**

V případě, že by žádné z doporučení popsaných v podkapitole 5.1 nebylo uplatněno, doporučoval bych zvážení vybudování doplňkových ochranných prvků pro silnici R7. Ty by mohly být vhodné i v případě úprav RESA.

Nejlepším řešením, ale zároveň nejdražším, by byla výstavba ochranné konstrukce nad silnicí R7. Toto řešení by pak nevyžadovalo úpravy RESA nebo jiných částí dráhy. Jednalo by se o zpevněnou konstrukci podobnou tunelu.

Doplňkové krycí konstrukce by měly být dostatečně vysoké, aby umožnily průjezd všech aut na velmi významné komunikaci. V tomto případě by konstrukce zasahovala do překážkových ploch dráhy. Proto bude potřeba zahloubení silnice R7 nebo zvýšení nivelety RWY 06R/24L.

Kromě fyzické ochrany aut by tato konstrukce přispěla i ke snížení pravděpodobnosti nehody v těchto místech. Díky ohraničenému výhledu na přistávající letadla, která lákají pozornost mnoha řidičů, by se snížil výskyt dopravních nehod, kdy řidič přestává dávat pozor na provoz na silnici a přenáší svoji pozornost na jiné objekty. Navíc se jedná o úsek silnice v oblouku, který je sám o sobě nebezpečnější než přímé úseky.

Druhým a jednodušším řešením by bylo zvětšení příkopu u silnice na straně letiště. Toto ochranné opatření se ukázalo jako velmi účinné při nehodě Tu-204 na letišti VKO/UUWW v prosinci 2013. Tenkrát letadlo skončilo v příkopu u dálnice, a jenom proto nedošlo ke střetům s auty (pouze některé části letadla kvůli velké hybnosti skončili v jízdnicích dálnice).

### **5.3. Omezení oslnění pilotů přistávajících letadel**

Kromě ochrany aut před případnými leteckými nehodami by mohla být krycí konstrukce přínosná i pro piloty přistávajících letadel, které by zbytečně nerušila světla aut na silnici R7. Jak se zmínil jeden z pilotů v kapitole 3.6., jsou známé případy, kdy posádka přistávajícího letadla prováděla přiblížení podle osvětlené silnice.

V blízkosti prahu dráhy 24L odbočuje silnice východním směrem, tj. proti směru přistávajících letadel. Proto může krycí konstrukce nad silnicí být jednou z bariér proti chybnému přiblížení.

### **5.4. Úprava vyčkávacích míst**

#### **1) Rozsah**

Značení vyčkávacích míst by mělo být provedeno v plném rozsahu: denní značení na samotném povrchu TWY a světelné zabezpečovací zařízení po stranách TWY. Je nutné pravidelně (nebo podle potřeby) obnovovat barevné značení, které může

postupně mizet kvůli erozi, slunečnému záření a tření s pneumatikami a zimnímu úklidu radlicemi a zametači.

Letiště Praha požívá nadstandardní tloušťky čar a reflexní barvy s každoroční obnovou. Úroveň značení na LKPR je dobrá a měly by být i na novém dráhovém systému.

## 2) Viditelnost

Znaky s označením TWY a RWY by měly být dobře viditelné. Navrhuji kolem těchto znaků použít rozšířené odláždění zámkovou dlažbou do větší plochy. Také je nutné pravidelné sekání vegetace, která by mohla zkreslit nebo zakrýt část nebo celé návěstidlo.

## 3) A-SMGCS

Jedním z nejčastějších důvodů RWY Incursion bylo vydání povolení dvěma letadlům současně. Proto považuji za přínosnou implementaci na stanovišti TWR systému, který by řídicího upozornil na potenciální konflikt.

Aktuální stav na TWR LKPR je následující: žádný systém nepozná, že letadlo vjede na dráhu bez povolení, dokud nezačne hrozit konflikt s jiným letadlem. Jenom při provozu LVP signalizuje A-SMGCS přejetí rozsvícené stop příčky letadlem.

S ohledem na potencionální zvýšení intenzity leteckého provozu bych doporučoval zvážit instalaci systému, který by upozorňoval řídicího (vizuálně a akusticky) na možné riziko kolize.

Pokud je vyčkávací místo správně označeno a řídicí letového provozu má úplný přehled o všech pohybech, lze riziku RWY Incursion přiřadit novou hodnotu 2A.

## **5.5. Vylepšené odlišení TWY M1, TWY M2 a RWY 06R/24L**

### 1) Změna návrhu označení TWY

Především bych navrhoval změnu označení paralelních TWY M1 a TWY M2. Při komunikaci s řídicím a čtení map není vyloučená pravděpodobnost zaměňování M1 za M2 a naopak. Navrhoval bych přejmenování na TWY M a TWY P (nebo jakékoliv jiné písmeno vizuálně odlišné od M).

Za nevhodné bych považoval označení TWY N, jelikož při rychlém pohledu může být zaměněna za M. Také se vylučuje používání písmen I a O, které jsou jednoduše zaměnitelné za číslice 1 a 0.

## 2) Omezení svícení návěstidel

Za účelem snížení takzvaného light pollution (přebytek zdrojů světla) bych navrhoval na TWY instalaci světelných soustav se směrovými návěstidly. Za přínosnou bych považoval úpravu nejen ve svislé ale i ve vodorovné rovině. Díky užšímu úhlu vyzařování by tato světla byla hůř viditelná pilotům letadel, která se po dané TWY nepohybují.

## 3) Podsvícení TWY v použití

Jako další opatření snížení light pollution a taky snížení spotřeby energetických zdrojů bych navrhoval zavést systém a postupy pro podsvícení TWY pouze v době jejich použití.

Případ z Nice (viz kapitola 2.4) je perfektní ukázkou toho, jak zbytečně podsvícené TWY mohou zmást posádku.

V případě budoucího dráhového systému na pražském letišti bych navrhoval, například, při pojíždění letadla po TWY M1 ztlumit (nebo vypnout) osová světla TWY M2. Respektive, aby se podsvěcovala pouze povolená trasa pro pojíždění.

Ale zavedení tohoto systému je drahé, a proto vyžaduje pečlivé posouzení. Navíc by se dotklo pouze nově vybudovaných prvků dráhového systému. Proto nový systém by mohl zbytečně mást posádky letadel, která by pojížděla, například, k prstu A a během pojíždění využila nové a staré TWY. Aby se tomu zabránilo, měl by být takový systém zaveden na celém letišti. To znamená, že by se měly dovybavit i existující TWY, což je extrémně finančně náročné.

## 5.6. Ostatní doporučení

### 1) Odvodnění RWY

Z kapitoly 4 vyplývá, že největší nebezpečí je spojeno s vyjetím za konec dráhy. V 12% případů byly nehody typu RWY Overrun zapříčiněny zejména i vodou na RWY.

Proto bych v tomto odstavci rád upozornil na nezbytnost správného příčného sklonu dráhy a taky kvalitního odvodnění (např. drážkováním).

## 2) Značení neprovozeroschopnosti

Náležitá pozornost by měla být věnována značení neprovozeroschopnosti ploch a také značení stavebních prací. Existující bariéry, které používá Letiště Praha, jsou dostatečně rozsáhlé a měly by účinně bránit RWY a TWY Confusion.

V kontextu budoucí stavby bych ale dodatečně upozornil na nezbytnost provedení všech možných a potřebných opatření. Lze předpokládat, že budoucí dráha může být otevřená ještě před úplným dokončením všech stavebních prací na letišti. Proto se musí udělat všechno, aby posádky, které budou poprvé přistávat na novou dráhu, měly úplné a přehledné informace o provozoschopných a také o zavřených TWY a popř. stáních.

## Závěr

Ve své diplomové práci jsem provedl safety studii návrhu budoucí paralelní dráhy 06R/24L letiště LKPR a provozu letadel na ní.

Ve studii jsem dohledal desítky případů nehod v okolí vzletových a přistávacích drah po celém světě. Navíc na žádost Letiště Praha jsem se primárně zaměřil na případy z XXI století, tj. z posledních 15 let. Primárním důvodem bylo to, že za posledních 15 let došlo k velkému technickému pokroku (vylepšení letadlové a letecké zabezpečovací techniky), změně leteckých předpisů a metod výcviků leteckého personálu. Všechny nehody jsem se snažil představit v podmínkách pražského letiště.

Po shromáždění dat byl proveden detailní rozbor nehod za účelem zjištění příčin, resp. hlavních faktorů, které k těmto nehodám vedly. Analýza byla prováděna zvlášť podle jednotlivých kategorií safety událostí na vzletových a přistávacích dráhách nebo v jejich blízkosti.

Projekt budoucí paralelní dráhy odpovídá normám Annexu 14 a předpisu L 14. Hodnoty parametrů dráhy a koncové bezpečnostní plochy odpovídají doporučeným hodnotám.

Nejprve byla provedena analýza případů RWY Overrun. Zjistilo se, že hodnoty RESA doporučené Annexem 14 a L 14 nejsou zcela dostačující pro bezpečné zastavení v 64% případů RWY Overrun na dráhách o délce 3000m nebo více. Navíc v případě pražského letiště vyjetí letadla za konec dráhy může ohrozit účastníky silničního provozu na silnici R7. Z těchto důvodů jsem doporučil upravit povrch RESA před prahem dráhy 24L, změnit vyhlášené délky dráhy nebo upravit celý návrh výstavby.

Z hlediska RWY Undershoot je návrh dráhy v pořádku a nevyžaduje žádné úpravy.

Posouzení rizika RWY Incursion je v tuto chvíli velmi teoretické. Návrh dráhy v tuto chvíli neobsahuje žádnou informaci o rozsahu značení na TWY a RWY. Proto jsem preventivně doporučil věnovat zvýšenou pozornost úpravě vyčkávacích míst.

Při posuzování rizika RWY Confusion jsem dospěl k závěru, že současný návrh rozvoje dráhového systému skrývá určité nebezpečí. Dvě paralelní dráhy jsou dostatečně daleko od sebe a také kvůli mnoha bariérám je riziko RWY-RWY Confusion minimální. Ale 3 paralelní prvky nového systému představují riziko RWY-TWY a TWY-

TWY Confusion. Z tohoto důvodu jsem zpracoval doporučení o přejmenování jedné z TWY a upozornil ve své práci na nutnost náležitého vizuálního značení RWY a TWY.

Celkově bych ohodnotil návrh rozvoje dráhového systému a umístění samotné dráhy 06R/24L jako velmi dobré. Z hlediska bezpečnosti ji hodnotím jako nadprůměrně dobrou.

Tato diplomová práce spolu se všemi podklady a dodatky bude předána Safety Managementu Letiště Praha. Údaje a závěry popsané v této práci by mohly najít primární využití při finálním rozhodování o zahájení výstavby nové paralelní dráhy 06R/24L. Některé poznatky jsou velmi univerzální a mohou být použité nejen na letišti v Praze (například při případném posuzování úprav dráhy 12/30), ale také na jakémkoliv dalším letišti, které se bude zabývat otázkou provozní bezpečnosti svého dráhového systému.

## Zdroje

- [1] **LETIŠTĚ PRAHA.** *Prague Airport: Paralelní dráha* [online]. Praha [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://www.prg.aero/cs/o-letisti-praha/paralelni-draha/>
- [2] **KAZDA, Antonín.** *Letiská: design a prevádzka*. 1. vyd. Žilina: Vysoká škola dopravy a spojov, 1995, 377 s. ISBN 80-7100-240-2
- [3] **ES, G.W.H. van.** *A STUDY OF RUNWAY EXCURSIONS FROM A EUROPEAN PERSPECTIVE: Executive summary* [online]. 2010 [cit. 2014-11-11]. Dostupné z: <http://www.nlr-atsi.nl/downloads/a-study-of-runway-excursions-from-a-european-p.pdf>
- [4] **FLIGHT SAFETY FOUNDATION.** *Aviation Safety Network: Database* [online] [cit. 2015-05-29]. Dostupné z: <http://aviation-safety.net/database>
- [5] **HRADECKY, Simon.** **THE AVIATION HERALD.** *The Aviation Herald: Crashes, Accidents, Incidents* [online]. 2015 [cit. 2015-05-30]. Dostupné z: <http://avherald.com/h?list=&opt=6144>
- [6] **ICAO.** *Air Traffic Management: Procedures for Air Navigation Services. Doc 4444.* [Online] 14th edition. Montreal, Quebec: International Civil Aviation Organization, 2005. [cit. 2014-11-10]. Dostupné z: <http://www.aeronav.spb.ru/library/4444.pdf>
- [7] **STEWART, Will.** *Daily Mail: Russian pilots managed to pull up and avoid catastrophic crash at Barcelona airport.* [online] 2014. [cit. 2014-08-10]. Dostupné z: <http://www.dailymail.co.uk/news/index.html>
- [8] **SKYBRARY.** *Accidents and Incidents.* [online] 2015. [cit. 2015-05-30]. Dostupné z: [http://www.skybrary.aero/index.php/Category:Accidents\\_and\\_Incidents](http://www.skybrary.aero/index.php/Category:Accidents_and_Incidents)



- [9] **THE BOEING COMPANY.** *Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents: Worldwide Operations | 1959 – 2013.* [online] Seattle, Washington, 2014. [cit. 2015-03-05]. Dostupné z: [http://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/company/about\\_bca/pdf/statsum.pdf](http://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/company/about_bca/pdf/statsum.pdf)
- [10] **THE BOEING COMPANY.** *Reducing Runway Landing Overruns.* [online] 2012. [cit. 2015-03-13]. Dostupné z: [http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/2012\\_q3/3/](http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/2012_q3/3/)
- [11] **ICAO.** *Runway Surface Condition Assessment.* [online] AN/191 [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: [https://www.iata.org/iata/RERR-toolkit/assets/Content/Contributing%20Reports/ICAO\\_Circular\\_on\\_Rwy\\_Surface\\_Condition\\_Assessment\\_Measurement\\_and\\_Reporting.pdf](https://www.iata.org/iata/RERR-toolkit/assets/Content/Contributing%20Reports/ICAO_Circular_on_Rwy_Surface_Condition_Assessment_Measurement_and_Reporting.pdf)
- [12] **ES, G.W.H. van. NATIONAL AEROSPACE LABORATORY NLR.** *Running out of runway: Analysis of 35 years of landing overrun accidents.Executive summary* [online]. NLR-TP-2005-498. 2005 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: <http://www.nlr-atsi.nl/downloads/running-out-of-runway.pdf>
- [13] **JEPPESEN SANDERSON, INC.** *Airport Information For UKFF* [online]. 2012 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: <http://ru.flyua.net/images/charts/UKFF.pdf>
- [14] **ICAO.** *Safety management manual (SMM)* [online]. 3rd edition. Montreal, Quebec: International Civil Aviation Organization, 2013 [cit. 2015-05-20]. ISBN 978-929-2492-144. Dostupné z: <http://www.icao.int/safety/SafetyManagement/Documents/Doc.9859.3rd%20Edition.alltext.en.pdf>
- [15] **ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ.** *LETECKÝ PŘEDPIS: LETIŠTĚ L14.* 641/2009-220-SP/4, Praha, 2011.

[16] **FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION**. *Advisory Circular: Engineered Materials Arresting Systems* [online]. 150/5220-22B. 2012 [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: [http://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory\\_Circular/150\\_5220\\_22b.pdf](http://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/150_5220_22b.pdf)

[17] **ČT24**. *Plánovaná ranvej v Ruzyni*. [online] 2011. [cit. 2015-08-10]. Dostupné z: <http://img.ct24.cz/cache/616x411/article/23/2293/229237.jpg>

[18] **GOOGLE, INC**. *Mapová data*. [online] 2015. [cit. 2015-05-30]. Dostupné z: <https://www.google.cz/maps>

## Seznam obrázků

Obrázek 1. Umístění plánované paralelní dráhy 06R/24L [17] .....	11
Obrázek 2. RWY Overrun Boeingu 737 na Jamajce [4] .....	15
Obrázek 3. RWY Veer-off Airbusu A320 na letišti v Hirošimě [5] .....	16
Obrázek 4. RWY Incursion na letišti BCN [7].....	17
Obrázek 5. Trosky letadla v následku RWY Undershoot (SFA) [5].....	19
Obrázek 6. Složitě křížení TWY na letišti v Nice [8].....	20
Obrázek 7. Dráhový systém letiště v Casablance, Maroko [5] .....	21
Obrázek 8. Poloha letišť Simferopol a Hvardijske [18] .....	22
Obrázek 9. Počet nehod za posledních 10 let [9] .....	23
Obrázek 10. Rozložení letových dob a fatalních nehod [9] .....	24
Obrázek 11. Podíl jednotlivých druhů letecké dopravy na případech RWY Exursion .....	27
Obrázek 12. Nejčastější příčiny RWY Overrun [10].....	29
Obrázek 13. Faktory RWY Overrun [10] .....	29
Obrázek 14. Ukázka vypracované tabulky.....	31
Obrázek 15. Dílčí faktory .....	32
Obrázek 16. Porovnání počtů RWY Overrunů.....	33
Obrázek 17. Závislost ujeté vzdálenosti na rychlosti vyjetí .....	34
Obrázek 18. Polohy RWY Undeshootů .....	36
Obrázek 19. Rozdělení různých typů nehod typu RWY Confusion .....	38
Obrázek 20. Statistické výstupy: denní doba a konfigurace RWY při RWY Incusion .....	38
Obrázek 21. Procentuální rozdělení primární odpovědnosti za RWY Confusion .....	39
Obrázek 22. Část Jeppesen mapy letiště Simferopol s poznámkou [13].....	41
Obrázek 23. Pohled na RESA RWY 24L a silnici R7 [1].....	47
Obrázek 24. Poloha letadel po RWY Overrun RWY 06R (viz Příloha E) .....	47
Obrázek 25. Poloha letadel po RWY Overrun RWY 24L (viz Příloha F).....	49

## Seznam tabulek

Tabulka 1. Porovnání frekvencí Runway Excursion .....	27
Tabulka 2. Porovnání výsledků.....	32
Tabulka 3. Matice rizik.....	45

## Seznam příloh

Příloha A. Tabulka Runway Overrun .....	69
Příloha B. Tabulka Runway Undershoot .....	70
Příloha C. Tabulka Runway Incursion .....	71
Příloha D. Tabulka Runway Confusion.....	72
Příloha E. Poloha letadel po Runway Overrun (RWY 06R) .....	73
Příloha F. Poloha letadel po Runway Overrun (RWY 24L).....	74
Příloha G. Poloha letadel po Runway Undershoot (RWY 24L) .....	75
Příloha H. Poloha letadel po Runway Undershoot (RWY 06R) .....	76

## Příloha A. Tabulka Runway Overrun

č.	datum	Let			město		RWY		Konečná poloha		Rychlost vyjetí (kt)	Fáze	Škody na letadle	Příčina			
		letadlo	společnost	druh	město	stát	číslo	délka	podélná	příčná				Počasi	Posádka	Technika	RWY
1	29.3.2013	A321	Air Mediterranee	PAX	Lyon	Francie	36L	4000	300	-30	N/A	L	úspěšné				
2	24.1.2005	B747	Atlas Air	cargo	Düsseldorf	Německo	23L	3192	90	+5	N/A	L	poškozen motor a podvozek	1			
3	13.12.2002	DC8	Arrow Air	cargo	Singapore	Singapore	20R	3260	300	N/A	N/A	L	N/A		1		
4	22.9.1999	B744	Qantas	PAX	Bangkok	Thajsko	21L	3150	320	+18	88	L	N/A	1			
5	4.12.2010	Tu 154M	Dagestan Airlines	PAX	Moskva Domodedovo	Rusko	32R	3794	800	-150	117	L	zničeno		1	1	
6	6.11.2010	A321	Ural Airlines	PAX	Ekaterinburg	Rusko	N/A	3004	30	N/A	N/A	L	úspěšné	1			
7	9.7.2009	A310	S7	PAX	Irkutsk	Rusko	30	3565	310	N/A	98	L	shořelo		1		
8	20.11.2012	Tu 204	Red Wings	PAX	Novosibirsk	Rusko	25	3600	300	N/A	N/A	L	N/A				
9	30.12.2012	Tu 204	Red Wings	PAX	Moskva Vnukovo	Rusko	19	3060	320	+20	111	L	zničeno			1	
10	16.9.2011	E190	TAME	PAX	Quito	Ekvádor	17	3125	275	+50	N/A	L	zničeno	1	1		
11	16.6.2014	MD-82	Far Eastern	PAX	Kinmen	Taiwan	06	3001	30	N/A	N/A	L	úspěšné	1			1
12	22.12.2009	B738	American Airlines	PAX	Kingston	Jamajka	12	2716	70	N/A	N/A	L	zničeno	1	1		
13	25.5.2008	B747	Kallita Air	cargo	Brusel	Belgie	20	2984	330	+30	72	TO	zničeno		1		
14	2.8.2005	A340	Air France	PAX	Toronto	Kanada	24L	2.743	300	0	86	L	zničeno	1	1		
15	24.5.2013	A320	Air VIA	PAX	Varna	Bulharsko	09	2500	270	-30	N/A	L	malé škody	1			
16	1.6.1999	MD-82	American Airlines	PAX	Little Rock	USA	4R	2515	125	N/A	97	L	zničeno	1	1	1	
17	14.2.2011	B739	Lionair	PAX	Pekanabaru	Indonésie	36	2600	5	0	N/A	L	úspěšné	1			1
18	15.2.2011	B739	Lionair	PAX	Pekanabaru	Indonésie	36	2600	20	+30	N/A	L	úspěšné	1			1
19	6.4.2012	B734	Globus	PAX	Rostov	Rusko	04	2500	100	N/A	N/A	L	rozbitá světla				
20	12.1.2013	A319	Sibir	PAX	Rostov	Rusko	N/A	2500	68	N/A	N/A	L	škody na podvozku				
21	11.6.2011	A319	Rossia	PAX	Rostov	Rusko	N/A	2500	100	N/A	N/A	L	škody na podvozku	1			
22	23.7.2011	B737	Utair	PAX	Rostov	Rusko	N/A	2500	100	N/A	N/A	L	škody na podvozku	1		1	
23	1.12.2012	B738	Jakutia	PAX	Rostov	Rusko	N/A	2500	80	N/A	N/A	L	škody na podvozku		1		
24	31.8.1999	B737	LAPA	PAX	Buenos Aires	Argentina	13	2100	650	N/A	150	TO	zničeno		1		
25	5.8.2013	MD-88	Onur Air	PAX	Groningen (Eelde)	Nizozemsko	23	2500	100	N/A	75	TO	N/A		1		
26	19.6.2014	E145	China Eastern	PAX	Changzhi	Čína	01	2600	300	N/A	N/A	L	úspěšné	1			
27	24.11.2010	B738	N/A	PAX	Hobart	Austrálie	12	2251	5	N/A	N/A	L	úspěšné	1			1
28	25.8.2013	B738	Travel Service	PAX	Pardubice	ČR	27	2500	156	-90	51	L	úspěšné		1	1	
29	16.10.2012	CRJ7	Air France	PAX	Lorient	Francie	25	2230	200	+10	N/A	L	malé škody				
30	29.12.2010	B757	American Airlines	PAX	Jackson Hole	USA	19	1920	223	N/A	N/A	L	úspěšné		1	1	
31	17.6.2007	A320	TAM	PAX	Sao Paulo	Brazíle	35L	1940	240	-150	90	L	shořelo	1	1		
32	24.3.2010	B727	Cargojet Airways	cargo	New Brunswick	Kanada	06	1850	340	N/A	50	L	N/A	1			
33	30.5.2008	A320	TACA	PAX	Tegucigalpa	Honduras	02	1863	120	N/A	54	L	zničeno		1		
34	5.3.2000	B733	Southwest Airlines	PAX	Burbank	USA	08	1768	150	+50	32	L	zničeno		1		

Zdroje: [4] [5] [8]

## Příloha B. Tabulka Runway Undershoot

č.	datum	Let			Místo			RWY		Bod dotyku* (m)	Příčina
		letadlo	společnost	druh	letišťe	město	stát	číslo	délka		
1	říjen 2002	B747	N/A	N/A	ONT	Los Angeles	USA	26L	3109	14	chyba posádky
2	17.1.2008	B772	British Airways	PAX	LHR	London	UK	27L	3660	330	chyba techniky
3	24.9.2010	A319	Wind Jet	PAX	PMO	Palermo	Itálie	07	3326	367	chyba posádky, chybné mapy špatné počasí
4	6.7.2013	B772	Asiana Airlines	PAX	SFO	San Francisco	USA	28L	3469	100	chyba posádky
5	14.4.2015	A320	Asiana Airlines	PAX	HIJ	Hiroshima	Japonsko	28	3000	148	TBA
6	9.1.2007	Jetstream 3112	Peace Air Ltd.	PAX	YXJ	Fort St. John	USA	29	2106	97	chyba posádky

\* před práhem dráhy

Zdroje: [4] [5] [8]

## Příloha C. Tabulka Runway Incursion

č.	Datum	Podmínky	Místo události				1. Vlnik				2. Poškozený				Důsledek	Příčina
			letišťe	Místo	stát	výbavení	letadlo	druh	fáze	letadlo	druh	fáze	letadlo	druh		
1	8.10.2001	den	LIN	Milán	Itálie	36R TWY x RWY	špatně viditelné znaky	Cessna C12	PAX	taxi	MD-87	PAX	TO	1. vjel na RWY. Oběti - 4 (všichni) 2. narazil do Cessny, narazil do hangáru. Oběti - 104 (včetně pilota)	1) špatně značení vyčkávacího místa 2) chyba posádky Cessny 3) chyba řídicího	
2	23.5.2000	noc	CDG	Paříž	Francie	27 TWY x RWY	špatně označené hold on pointy	Shorts 330	cargo	taxi	MD 83	PAX	TO	1. vjel na RWY. Křídlo MD 83 prorazilo kokpít Shorts 330 2. přerušeny vzlet. Škoda na levém křídle	1) přebytek zdrojů světla 2) problémy s radarem na stanovišti TWR 3) komunikace na frekvenci ve dvou jazycích 4) malý úhel mezi TWY 16 a RWY	
3	29.3.2010	noc	NCE	Nice	Francie	04R TWY x RWY	malý úhel mezi TWY 16 a RWY	Raytheon 390	PAX	taxi	Bombardier CRJ200	PAX	TO	1. vjel na RWY 2. přerušeny vzlet	1) nepřesné mapy 2) matoucí podsvícení TWY 3) chyba posádky Raytheonu 390 4) tma (noc)	

Zdroje: [8]

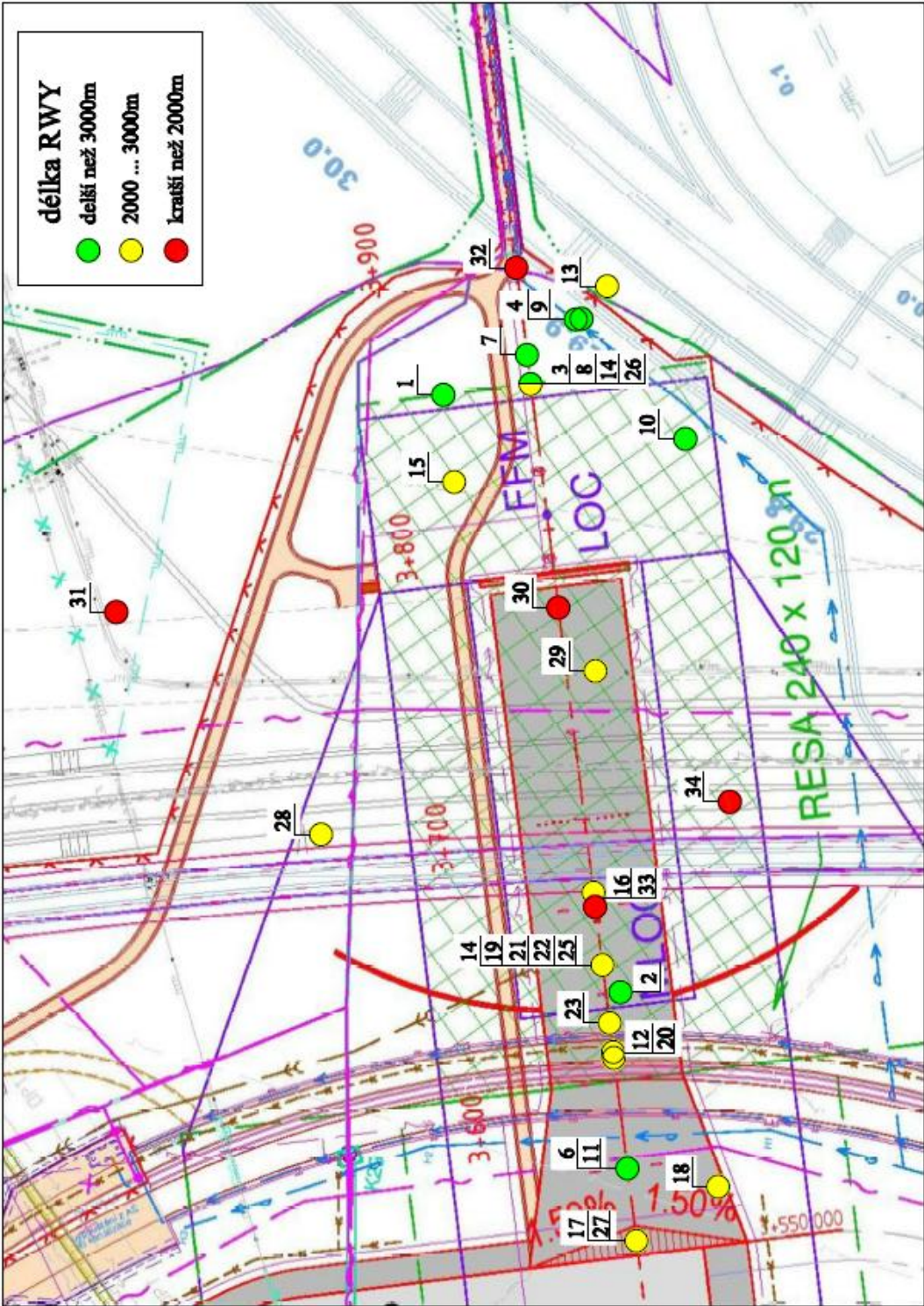


## Příloha D. Tabulka Runway Confusion

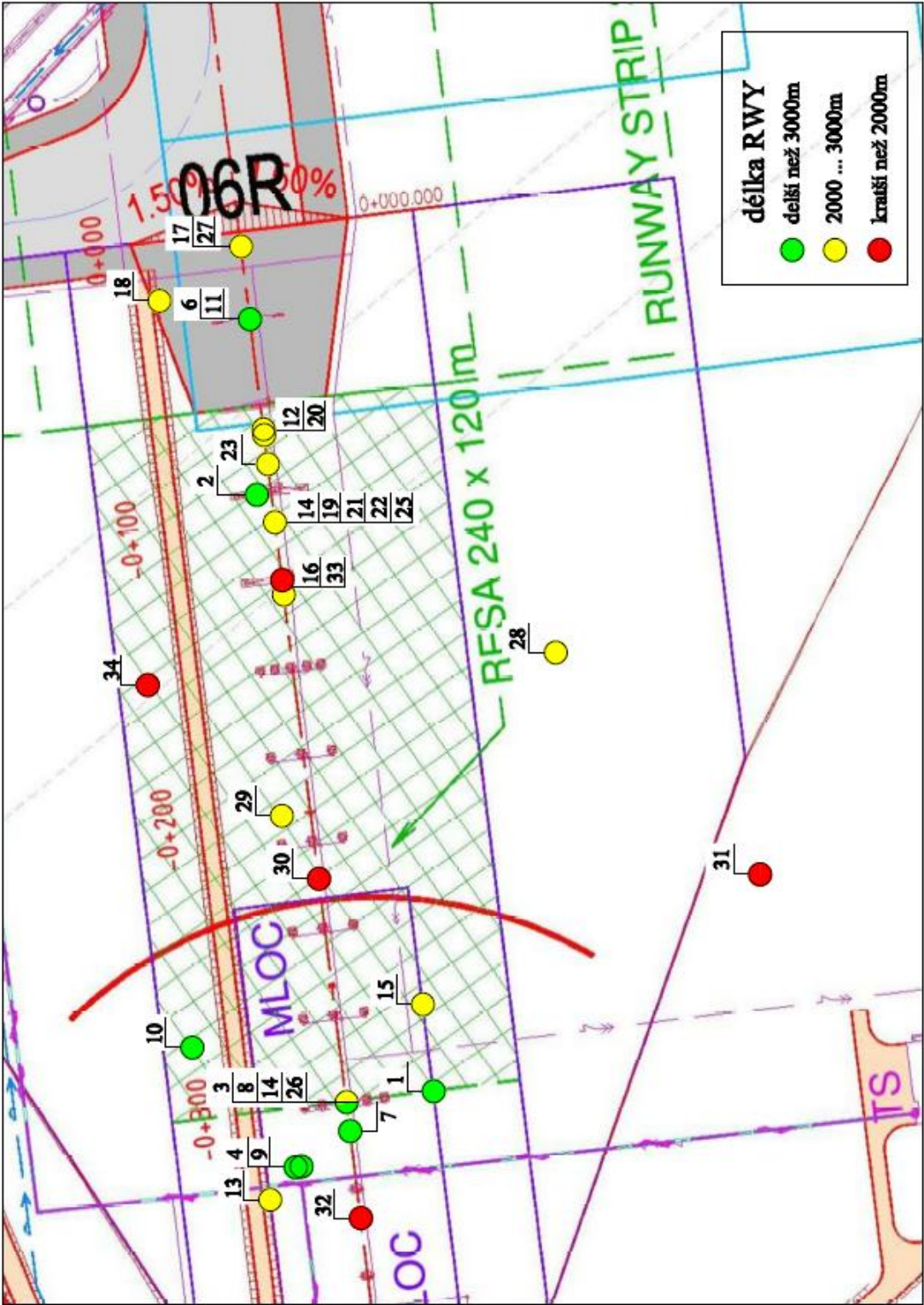
č.	Druh		Datum	Podmínky	Letiště		RWY/TWY správná		RWY /TWY faktická		Let		Příčina	
	RWY	TWY			město	stát	číslo	umístění	číslo	Vybavení	letadlo	společnost	Posádka	Postup
1	1		31.10.2000	noc	Taipei	Taiwan	05L	paralelní	RWY 08R	podsvícena TWY, RWY	B747	Singapore Airlines	1	1
2	1		27.8.2006	dešť	Lexington	USA	22	V	RWY 26	chyběla, jakákoliv viditelná značení/rekonstrukce (vybavení RWY nemělo žádný vliv)	CRJ100	Comair	1	1
3		1	28.10.2006	noc	Newark	USA	29	paralelní	TWY Z	minimum HIRL, all lights on	B757	Continental Airlines	1	1
4		1	19.10.2009	noc	Atlanta	USA	27R	paralelní	TWY M	bright lights	B767	Delta Airlines	1	1
5		1	23.10.2005	noc	Oslo	Norsko	A3	paralelní	TWY M	unabled ASDE-X	B737	Pegasus Airlines	1	1
6		1	20.10.1993	noc	London Gatwick	UK	26R	mezi RWY 26L a TWY 2	TWY 2	confusing type and colours of lights	B737	Air Malta	1	
7	1		8.8.2011	den	Casablanca	Maroko	35L	paralelní	RWY 35R	Zelená osvětla viditelná při přiblížení	A319	Air France	1	1
8		1	22.12.2010	den	Casablanca	Maroko	17L	vizuálně stejné	TWY T	V době události byla uzavřena	B737	Royal Air Maroc	1	1
9		1	1.3.2009	den	Casablanca	Maroko	35R	vizuálně stejné	TWY T	N/A	B738	Jetairfly	1	1
10		1	25.1.2002	noc	Anchorage	USA	32	vizuálně stejné	TWY K	N/A	A340	China Airlines	1	1
11		1	18.4.2007	noc	Miami	USA	30	V	27	(vybavení RWY nemělo žádný vliv)	A320	United Airlines	1	1
12	1		5.7.2014	den	Katowice	Polsko	27	paralelní	N/A	chyběla, jakákoliv viditelná značení/rekonstrukce	CRJ7	Lufthansa	1	1
13		1	17.6.2014	den	Nanning	Čína	05	paralelní	TWY A	V době události nebyla hotova	A320	China Eastern	1	
										špatně viditelná značení/neprovizovschopnosti				
										byvalá RWY, čerstvá TWY				

Zdroje: [4] [5] [8]

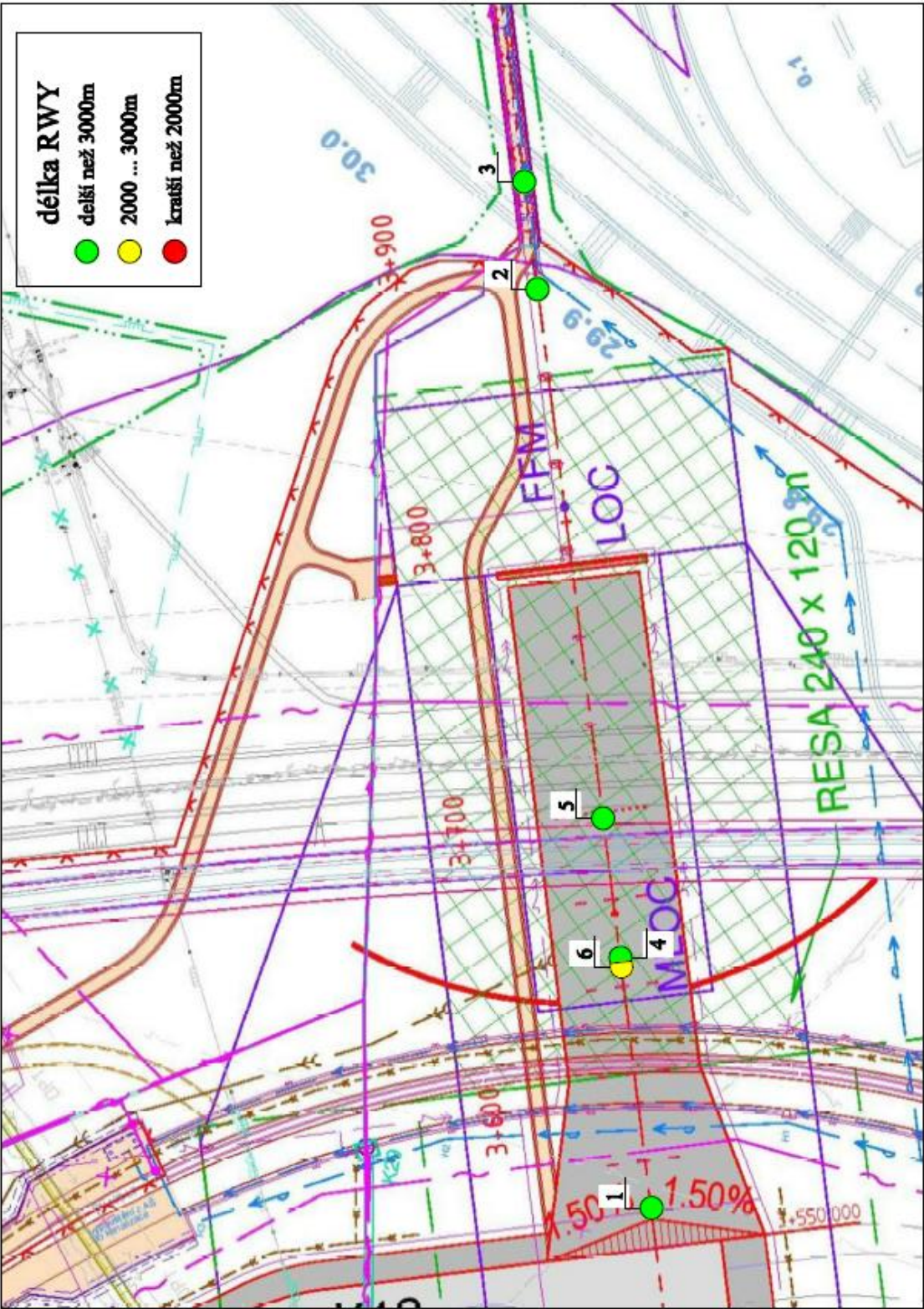
# Příloha E. Poloha letadel po Runway Overrun (RWY 06R)



**Příloha F. Poloha letadel po Runway Overrun (RWY 24L)**



**Příloha G. Poloha letadel po Runway Undershoot (RWY 24L)**



**Příloha H. Poloha letadel po Runway Undershoot (RWY 06R)**

