ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

Jana Velková

# STUDIE BEZPEČNOSTI PŘIBLÍŽENÍ V KONTEXTU SYSTÉMU PARALELNÍCH DRAH NA LKPR

Bakalářská práce

2018

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**
**Fakulta dopravní**
**děkan**
Konviktská 20, 110 00 Praha 1

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

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Jana Velková**

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

**B 3710 – LED – Letecká doprava**

Název tématu (česky): **Studie bezpečnosti přiblížení v kontextu systému paralelních drah na LKPR**

Název tématu (anglicky): Safety Study of Approaches with Parallel Runway Configuration at LKPR

## Zásady pro vypracování

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

- Analýza souvisejících předpisů
- Analýza návrhu systému paralelních drah na LKPR
- Identifikace rizik při přiblížení v kontextu daného systému
- Hodnocení identifikovaných rizik

ČVUT FD

Rozsah grafických prací: Dle pokynů vedoucího bakalářské práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: Ministerstvo dopravy ČR, Úřad pro civilní letectví: Letecký předpis L14 Letiště

European aviation Safety Agency: Certification Specifications and Guidance Material for aerodromes design

Soldán Vladimír: Letové postupy a provoz letadel

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Markéta Kafková**

**Mgr. Iveta Kameníková**

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

Datum odevzdání bakalářské práce: **27. srpna 2018**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

L.S.

Kraus

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

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

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Velková Jana

Jana Velková
jméno a podpis studenta

V Praze dne ..... 20. října 2017

## Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucí mé bakalářské práce Ing. Markétě Kafkové za vedení při jejím vypracování. Zároveň za poskytnutí času, materiálů a užitečných rad k jejímu zpracování. V závěru bych ráda poděkovala své rodině a blízkým za trpělivost a podporu, která mi byla poskytována během studia.

## Prohlášení

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

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

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

V Praze dne 30. listopadu 2018

Velková Jana

Jana Velková
jméno a podpis studenta

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

# STUDIE BEZPEČNOSTI PŘIBLÍŽENÍ V KONTEXTU PARALELNÍCH DRAH NA LKPR

Bakalářská práce

Jana Velková

ANOTACE

Předmětem bakalářské práce „Studie bezpečnosti přiblížení v kontextu paralelních drah na LKPR“ je identifikace možných rizik, která mohou nastat při přiblížení na dráhu 06R/24L. Práce je rozdělená na teoretickou a praktickou část. Teoretická část se zabývá analýzou předpisů, popisem úseků přiblížení, druhů přiblížení, analýzu návrhu dráhy a řízením provozní bezpečnosti. Praktická část je zaměřena na identifikaci rizik daného systému a hodnocením těchto rizik.

*Klíčová slova: přiblížení, paralelní dráhový systém,LKPR, bezpečnost, riziko, hodnocení*

ANOTATION

The aim of bachelor thesis " Study of Safety Approach in Context of LKPR Parallel Runways" is to identify possible risks, which could occur during the approach of an aircraft on RWY 06R/24L. Thesis is divided into theoretical and practical part. The theoretical part focuses on the analysis of regulations, description section of approach, types of approach, analysis of RWY draft and safety management. Practical part focuses on the identification of risks in paralel RWY system and their evaluation.

Keywords: approach, parallel runway system, LKPR, safety, risk, assessment

## Obsah

Obsah……..7

Seznam použitých zkratek……10

1 Úvod ..... 12

2 Analýza právní předpisů ..... 13

2.1 Předpis L14 ..... 13

2.2 Letecký předpis L 8168 ..... 14

2.3 Letecký předpis L 4444 ..... 14

2.4 Doc 9859 Manuál řízení bezpečnosti ICAO ..... 14

3 Přiblížení na přistání ..... 16

3.1 Úseky přiblížení ..... 16

3.1.1 Ochranný prostor ..... 17

3.1.2 Příletová trať ..... 17

3.1.3 Úsek počátečního přiblížení ..... 17

3.1.4 Úsek středního přiblížení ..... 17

3.1.5 Úsek konečného přiblížení ..... 18

3.1.6 Úsek nezdařilého přiblížení ..... 18

3.2 Přístrojová přiblížení ..... 19

3.2.1 Přesné přístrojové přiblížení ..... 19

3.2.2 Přiblížení s vertikálním vedením ..... 19

3.2.3 Nepřesné přístrojové přiblížení ..... 19

3.2.4 Vizuální přiblížení ..... 20

3.2.5 Přiblížení okruhem ..... 20

4 Analýza návrhu systému paralelních drah LKPR ..... 21
4.1 Technické parametry nových částí infrastruktury ..... 22
4.1.1 Paralelní dráha 06R/24L ..... 22
4.2 Paralelní pojezdové dráhy 06R/24L ..... 25
4.3 Režimy provozu RWY 06R/24L ..... 26
5 Systém řízení provozní bezpečnosti ..... 27
5.1 Řízení bezpečnostního rizika ..... 27
5.1.1 Závažnost ..... 27
5.1.2 Pravděpodobnost ..... 28
5.1.3 Klasifikace rizika ..... 29
6 Analýza rizik při přiblížení v kontextu daného systému ..... 30
6.1 Riziko kolize s dopravní infrastrukturou ..... 32
6.1.1 THR 24L ..... 32
6.1.2 THR 06R ..... 33
6.2 Konflikt letadla s překážkou ..... 34
6.3 Riziko záměny RWY/TWY ..... 35
6.4 Riziko narušení funkce světelných přibližovacích zařízení ..... 38
6.4.1 THR 24 ..... 38
6.4.2 THR 06R ..... 38
7 Alternativní metoda hodnocení ..... 40
7.1 Bezpečnostní riziková metodika založená na rizicích, dle NASA ..... 40
7.1.1 Popis navrhovaného hodnocení ..... 41
8 Hodnocení rizik ..... 44

8.1 Hodnocení rizik metodou SMS ..... 44

8.1.1 Hodnocení rizika kolize letadla s dopravní infrastrukturou ..... 44

8.1.2 Hodnocení riziko kolize s překážkou ..... 45

8.1.3 Hodnocení rizika záměny RWY/TWY ..... 45

8.1.4 Hodnocení riziko narušení funkce světelných přibližovacích zařízení ..... 45

8.2 Hodnocení rizik metodou NASA ..... 46

8.3 Závěrečná hodnocení metod použitých při hodnocení rizik ..... 51

9 Závěr ..... 53

Seznam použitých zdrojů ..... 53

Seznam použitých obrázků ..... 58

Seznam použitých tabulek ..... 59

Seznam použitých rovnic ..... 61

Seznam použitých schémat ..... 62

## Seznam použitých zkratek

| | | |
|---|---|---|
| **ALS** | Approach Light System | Přibližovací světelný systém |
| **ASDA** | Accelerate-stop distance available | Použitelná délka přerušeného vzletu |
| **ATIS** | Automatic terminal informatik service | Automatická služba v koncové řízené oblasti |
| **CWY** | Clearway | Předpolí |
| **DH** | Decision Height | Výška rozhodnutí |
| **EASA** | European Aviation Safety Agency | Evropská agentura pro bezpečnost v letectví |
| **EIA** | Environmental Impact Assessment | Studie dopadu na životní prostředí |
| **FAF** | Final Approach Fix | Fix konečného přiblížení |
| **FAP** | Final Approach Point | Bod konečného přiblížení |
| **GBAS** | Ground Based Augmentation System | Přístrojový přistávací systém |
| **GP** | Glidepath | Sestupný maják |
| **IAF** | Initial Approach Fix | Fix počátečního přiblížení |
| **ICAO** | International Civil Aviation Organization | Mezinárodní organizace pro civilní letectví |
| **IF** | Intermediate Fix | Fixu středního přiblížení |
| **IFR** | Instrument flight rules | Let podle přístrojů |
| **ILS** | Instrument landing system | Přístrojový přistávací systém |
| **LDA** | Landing distance available | Použitelná délka přistání |
| **LIS** | Letecká informační služba | Letecká informační služba |
| **LKPR** | | Kód letiště Praha podle ICAO |
| **LOC** | Localiser | Kurzový maják |
| **MAPt** | Missed Approach Point | Bod nezdařilého přiblížení |
| **MFA** | Minimum Flight Altitude | Minimální letová výška |
| **MLS** | Microwave landing system | Mikrovlnný přistávací systém |
| **MOC** | Minimum Obstacle Clearance | Minimální výška nad překážkami |
| **NASA** | National Aeronautics and Space Administration | Národního úřadu pro letectví a kosmonautiku |
| **NDB** | Non-Directional Beacon | Nesměrový radiomaják |

| | | |
|---|---|---|
| **NOZ** | Normal operating zone | Normální provozní zóna |
| **NTZ** | No transgression zone | Nepřekročitelná zóna |
| **NTSB** | National Transportation Safety Board | Americký Národní úřad pro bezpečnost v dopravě |
| **PAPI** | Precision Approach Path Indicators | Indikátor |
| **PCN** | Pavement Classification Numbre | Bezrozměrné číslo vyjadřující únosnost |
| **RESA** | Runway end safety area | Koncová bezpečnostní plocha |
| **RWY** | Runway | Dráha |
| **SMS** | Safety Management System | Systém řízení bezpečnosti |
| **SSR** | Secondary Surveillance Radar | Sekundární přehledový radar |
| **SWY** | Stop way | Dojezdová dráha |
| **SZZ** | | Světelná zabezpečovací zařízení |
| **THR** | Threshold | Práh dráhy |
| **TMA** | Terminal kontrol area | Koncová řízená oblast |
| **TODA** | Take-off distance available | Použitelná délka vzletu |
| **TORA** | Take-off run available | Použitelná délka rozjezdu |
| **TWY** | Taxiway | Pojezdová dráha |
| **VNAV** | Vertical navigation | Vertikální navigace |
| **VOR** | VHF Omnidirectional Radio Range | Všesměrový radiomaják |

# 1 Úvod

Moderní doba s sebou přináší stále se zvyšující poptávku po rychlém a efektivním způsobu přepravy, kterou právě letecká doprava nabízí. Tento stále se zvyšující zájem přináší nutnost navyšování kapacity letiště. Jednou z cest je rozšíření dráhového systému, tedy vytvoření paralelní dráhy. Samotná realizace a následný provoz paralelního dráhového systému přináší mnoho změn, u kterých je nutné prošetřit, že nebudou mít negativní vliv na úroveň provozní bezpečnosti.

V souvislosti s tím bylo vytvořeno zadání této bakalářské práce. Předmětem práce je identifikace rizik, která mohou nastat při přiblížení na navrhovaný paralelní systém Mezinárodního letiště Václava Havla Praha. Vzhledem k tomu, že se jedná o poměrně náročný proces, je nutné se postupně seznámit s předpisy, postupy, návrhy a také s principy samotného řízení bezpečnosti. Proto je práce koncipována následujícím způsobem.

V první řadě se práce zaměřuje na analýzu právních předpisů, které jsou klíčové pro další postup. Zde jsou uvedeny předpisy zabývající se problematikou paralelních drah a samotnou bezpečností. Třetí kapitola seznamuje se samotným přiblížením na přistání. Specifikuje jednotlivé úseky a následně na to, typy jednotlivých druhů přiblížení. Samotnému návrhu paralelního dráhového systému a to z pohledu technického a provozního, je věnována kapitola čtyři. Kromě těchto parametrů obsahuje také jejich porovnání s právními předpisy. Bezpečnost je široký pojem, který s sebou přináší hned několik pojmů a postupů. Ty jsou uvedeny v kapitole pět, která kromě toho uvádí i základní hodnocení rizik. Šestá kapitola se již zaměřuje pouze na rizika, tedy jejich identifikaci, popis a stanovení možných klíčových ochranných opatření. Sedmá kapitola se zpočátku zabývá problematikou a nedostatky současných metod hodnocení rizik. Následně na to definuje postup alternativní metodiky hodnocení a poté jsou daná rizika zhodnocena.

Téma bakalářské práce bylo zvoleno vzhledem k autorovu zájmu o létání a o samotnou problematiku přiblížení na přistání. Společně s kontextem problematiky připravovaného návrhu paralelní dráhy bylo zároveň zajímavou volbou.

# 2 Analýza právní předpisů

Infrastruktura dvou paralelních vzletových a přistávacích drah tvoří komplikovaný systém, při jehož stavbě a následném provozu musí být kladen vysoký důraz na zajištění požadované provozní bezpečnosti. Je tedy nezbytné řídit se danými předpisy. Konkrétní předpis zaměřený přímo na problematiku systému paralelních drah neexistuje. Následující podkapitoly shrnují výsledky analýzy jednotlivých předpisů, které se zabývají pravidly pro návrh a následný provoz předmětného systému. Analyzované předpisy jsou L 14 Letiště, EASA Aerodrome Rules, letecký předpis L 8168, letecký předpis L 4444 a Doc 9859 Manuál řízení bezpečnosti ICAO. Po provedené analýze EASA Aerodrome Rules, bylo možné konstatovat, že daný předpis obsahuje stejné požadavky ohledně paralelních drah jako předpis L 14 Letiště. Proto už se dále vychází pouze z předpisů řady L a ICAO. [1]

## 2.1 Předpis L14

Stěžejním dokumentem pro návrh a výstavbu paralelního dráhového systému, je předpis L 14 Letiště. Tento předpis se řadí do takzvaných předpisů řady L, kterými jsou aplikovány standarty a doporučení řadící se do ICAO Annexů. ICAO je zkratka pro Mezinárodní leteckou organizaci (International Civil Aviation Organization). V České republice je uveřejňuje Ministerstvo dopravy ČR, skrze Leteckou informační službu (LIS) státního podniku Řízení letového provozu ČR (ŘLP ČR, s.p.). [2] [3]

Předpis definuje základní definice, týkající se paralelních drah RWY (Runway). Pro příklad lze uvést nezávislé paralelní, které je předpisem definované jako *„Současná přiblížení na paralelní nebo téměř paralelní přístrojové dráhy, kde nejsou předepsány minimální radarové rozstupy mezi letadly na sousedních prodloužených osách drah*.“ [3]

V dalších podkapitolách jsou uvedeny minimální vzdálenostní hodnoty mezi přístrojovými paralelními drahami. Jak už bylo zmíněno dříve, tyto hodnoty jsou vztaženy ke kódovému číslu a písmenu. Poznávací značení dvou rovnoběžných paralelních drah se skládá z dvoumístného čísla, bílé barvy, doplněného písmenem a to „L“ a „R“ v pořadí zleva doprava, ve směru přistání. V okolí letiště musí dojít k vymezení vzdušného prostoru bez překážek, které by mohly narušit bezpečnost nebo dokonce způsobit nepoužitelnost letiště. Děje se tak na základě vytvoření překážkových ploch. K zajištění bezpečného provozu pro paralelní dráhu je nutné vytvoření ochranných pásem, která dle předpisu dělíme na ochranná pásma letiště a ochranná pásma leteckých zabezpečovacích zařízení. Ochranná pásma letiště mají parametry vztažené ke kódovému číslu dráhy a provoznímu statusu dráhy a to přístrojová, nepřístrojová a rozdělují se na ochranná pásma: se zákazem staveb,

s výškovým omezením staveb, proti nebezpečným a klamavým světlům, se zákazem laserových zařízení, s omezením staveb vzdušných vedení VN a VVN a ornitologická, bližší specifikace ochranných pásem je uvedena v předpisu L 14, hlava 11 (11.0 - 11.5). [3]

## 2.2 Letecký předpis L 8168

Letecký předpis L 8168 Provoz letadel – Letové postupy, je základním předpisem, kterým se řídí pracovníci civilního letectví České republiky. Podkladový materiál při jeho tvorbě byl dokument Doc 8168/OPS/611, vytvořený ve Spojených státech amerických, ale plně akceptovaný ICAO. Obsahuje postupy pro lety podle přístrojů a provoz letadel. Předpis se dělí na dvě části. V první části s názvem Volume I. lze nalézt letové postupy, ve druhé části Volume II. jsou obsažena pravidla visuálních a přístrojových postupů. Předpis dále uvádí postupy pro odlet, přílet a přiblížení, rovněž i traťová kritéria a postupy pro vyčkávání. Popis jednotlivých fázi přiblížení, uvádí Kapitola 3. Zásadní pro účely bezpečnosti přiblížení, je část předpisu pojednávající o minimálních rozestupech od překážek, jak ve vertikální tak i v horizontální rovině. Vyžadované rozestupy se zásadně liší podle použití typu radionavigačního zařízení nebo daného navigačního vybavení letadla. V neposlední řadě předpis uvádí i požadavky týkající se provozu na paralelních drahách. [4]

## 2.3 Letecký předpis L 4444

Předpis L 4444 Postupy pro letové provozní služby a uspořádání letového provozu se zaobírá pravidly pro poskytování provozních letových služeb a zajištění bezpečnosti letecké dopravy. Rovněž vymezuje základní požadavky pro letedla přilétávající na paralelní dráhu. Řídící letového provozu je dle předpisu zodpovědný za řazení sledu a rozestupů letadel pro každou z těchto drah. Paralelní dráhy se používají pro současný provoz podle přístrojů pro nezávislá/závislá paralelní přiblížení a pro oddělený paralelní provoz. [5]

Všeobecná ustanovení o letových provozních službách uvádí Hlava 4. Hlava 5 určuje druhy a minima rozestupů. Rozestupy v blízkosti letiště se předpis zabývá v Hlavě 6. Postupy pro letištní služby řízení jsou uvedeny v Hlavě 7. Letová informační služba a pohotovostní služba je v předpise obsažena v Hlavě 9. [5]

## 2.4 Doc 9859 Manuál řízení bezpečnosti ICAO

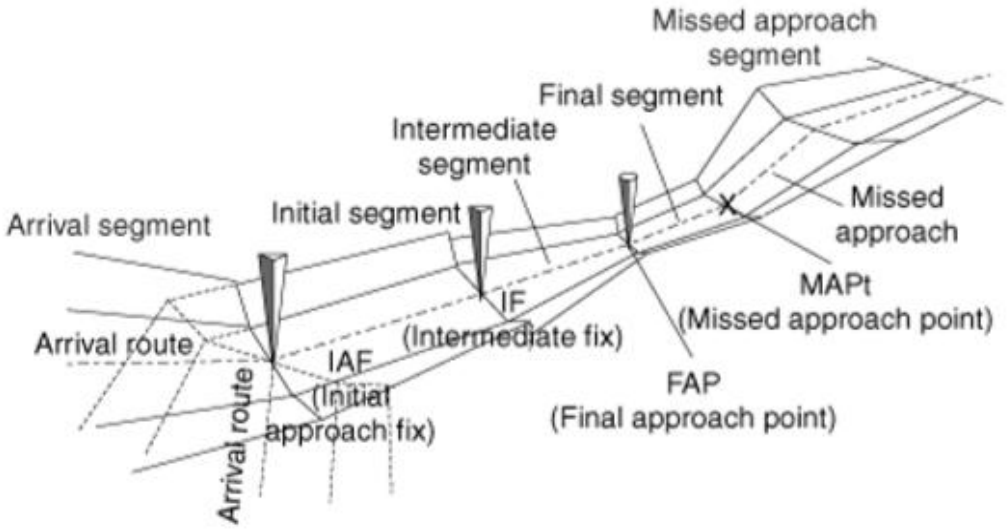
Doc 9859 neboli Manuál řízení bezpečnosti ICAO, slouží jako zdroj informací a pokynů pro řízení bezpečnosti. Hlavním cílem je poskytovat členským státům pokyny týkající se vypracování a provádění státního bezpečnostního programu (SSP) v souladu

s Mezinárodními normami a doporučeními (SARP). Jedná se například o udělování licencí pro letecký personál, provozování letadel nebo vyšetřování leteckých nehod.

Doc 9859 obsahuje základní bezpečnostní pojmy, pro pochopení potřeby Safety Management System (SMS) a Státní bezpečnostní program. Další nedílnou součástí je návod, ve kterém jsou vysvětleny bezpečnostní koncepce obsažené v SARP ICAO (a to v přílohách 1, 6, 8, 11, 13 a 14). Návod dále popisuje principiální přístup k zavádění SMS ze strany poskytovatelů služeb a postupné provádění a udržování SSP s důrazem na úlohu, kterou hrají úřady pro civilní letectví při podpoře implementace SMS poskytovateli služeb. [6]

# 3 Přiblížení na přistání

Přiblížení je konečná fáze letu, během které je letadlo přivedeno po známé trajektorii letu na letiště, kde hodlá provést přistání. Přiblížení se dělí do pěti segmentů a to příletová trať, počáteční přiblížení, střední přiblížení, konečné přiblížení a nezdařilé přiblížení. Tyto segmenty znázorňuje Obrázek 1. Jednotlivé úseky jsou od sebe děleny fixy a budou dále jednotlivě popsány. [7]




**Obrázek 1. Úseky přístrojových přiblížení [7]**

## 3.1 Úseky přiblížení

Přiblížení podle přístrojů, které bude podrobně popsáno v kapitole 3.2, lze dělit na pět samostatných úseků a to příletová trať, počáteční přiblížení, střední přiblížení, konečné přiblížení a úsek nezdařilého přiblížení. V těchto úsecích je stanoveno, že letadlo smí provádět zatáčky s náklonem 25 stupňů. Pro úsek nezdařilého přiblížení je tento náklon upraven na 15 stupňů, z důvodu možnosti vysazení motoru. Proto jsou pro každé letiště a každou dráhu zpracovány postupy pro lety s jedním vysazeným motorem, kde je možné provádět tyto zatáčky. [7]

### 3.1.1 Ochranný prostor

Přibližující se letadlo, které užívá postupy pro přiblížení podle přístrojů, se pohybuje po stanovené trajektorii letu. Za předpokladu, že se celou dobu pohybuje v oblačnosti, nemá pilot k dispozici žádnou vizuální referenci o své poloze. Proto je v této vymezené oblasti stanovena minimální výška, pod kterou pilot s letadlem nesmí klesnout. V letecké terminologii se nazývá jako minimální letová výška MFA (Minimum Flight Altitude) a jejím hlavním úkolem je chránit letadlo od překážek na zemi. Vertikální rozestup letadla od překážek se nazývá minimální výška nad překážkami MOC (Minimum Obstacle Clearance). Ochranným prostorem definujeme předpisově vymezenou oblast radionavigačních zařízení a letiště, ve které nesmí docházet k narušení, aby nedošlo k ovlivnění funkčnosti zařízení nebo bezpečnosti provozu. [7]

### 3.1.2 Příletová trať

Příletová trať, slouží k přechodu letadla z traťového letu do fáze přiblížení. Úsek příletové trati se nachází na letové cestě, popřípadě místě radionavigačního zařízení a končí na fixu počátečního přiblížení IAF (Initial Approach Fix). Ochranný prostor je široký 5 – 10 NM (1 NM se rovná 1,852 km) a je rozdělen na primární a sekundární. Výška nad překážkami se pohybuje okolo 1 000 ft (300 m) v primárním prostoru a v sekundárním se snižuje k nule. [7]

### 3.1.3 Úsek počátečního přiblížení

V této části letu pilot zakončuje traťový let a připravuje letadlo na vstup do úseku středního přiblížení. Začátek počátečního přiblížení je na fixu počátečního přiblížení IAF a končí na fixu středního přiblížení IF (Intermediate Fix). Pilot může provádět letové manévry reversal[1], racetrack[2] a holding[3]. Ochranný prostor je tvořen jak primárním, tak sekundárním prostorem. Minimální výška nad překážkami je 1 000 ft (300 m). [7]

### 3.1.4 Úsek středního přiblížení

Úsek středního přiblížení slouží k přivedení letadla do poslední fáze letu, tedy konečného přiblížení. Je zde upravována rychlost a konfigurace letadla, aby bylo dosaženo přistávací

[1] „Reversal“ je návrat letadla na stejnou přibližovací trať v opačném směru. [7]
[2] „Racetrack“ je sklesání z výšky. [7]
[3] „Holding“ je postup vyčkání. [7]

konfigurace nejpozději v bodě fixu konečného přiblížení FAF (Final Approach Fix). Začátek úseku konečného přiblížení je ve fixu středního přiblížení IF a končí na fixu konečného přiblížení FAF. [7]

Ochranný prostor středního přiblížení poskytuje v primární části rozestup od překážek 150 m (500 ft) o šířce 10 NM v úrovni fixu středního přiblížení IF. Tato šířka není pevná, ale postupně se snižuje v závislosti na druhu konečného přiblížení. [7]

### 3.1.5 Úsek konečného přiblížení

Úsek konečného přiblížení začíná ve fixu konečného přiblížení FAF nebo v bodě konečného přiblížení FAP (Final Approach Point) a končí v bodě nezdařeného přiblížení MAPt (Missed Approach Point). Tento úsek řadíme do závěrečné fáze letu, během které je letadlo přivedeno na přistání. Pilot klesá do výšky rozhodnutí DH (Decision Height) a v případě získání vizuální reference (kontakt) s dráhou nebo světelnou přibližovací soustavou, může pokračovat v přistání. Ochranné prostory jsou různě široké, dle použitého typu přístrojového přiblížení. Při použití přesného přístrojového přiblížení se aplikuje pouze primární část ochranného prostoru, protože se předpokládají jen drobné odchylky od osy přiblížení. Pokud je použito nepřesné přiblížení, je v primárním prostoru zajištěn rozestup od překážek 75 – 90 m za předpokladu, že nejde stanovit FAF. [7]

### 3.1.6 Úsek nezdařilého přiblížení

Nezdařené přiblížení začíná v bodě nezdařeného přiblížení MAPt a končí na určeném radionavigačním zařízení. Pilot provádí nezdařené přiblížení, když není navázána vizuální reference s dráhou. Ochranný prostor přiblížení je odlišný pro různé druhy použitého přiblížení. Čím přesnější je radionavigační zařízení daného přiblížení, tím užší je požadovaný ochranný prostor. [7]

Postup nezdařeného přiblížení vyžaduje okamžitou reakci pilota, který musí v bodě nezdařeného přiblížení zvýšit výkon motorů a převést letadlo do stoupání. Následně dochází k postupnému zavírání a otvírání vztlakových klapek a zasunutí podvozku. Letadlo se v této fázi nachází v těsné blízkosti od překážek. Z tohoto důvodu jsou postupy pro nezdařené přiblížení navrženy tak, aby byly co nejjednodušší. [7]

## 3.2 Přístrojová přiblížení

Pilot musí být schopen určit polohu letadla v každém okamžiku letu. Proto je hlavním úkolem přístrojového přiblížení umožnit bezpečné dovedení letadla do nejnižší možné výšky a vzdálenosti od prahu dráhy. Přiblížení podle přístrojů je možné rozdělit na pět druhů, které budou dále jednotlivě popsány.

### 3.2.1 Přesné přístrojové přiblížení

Přesné přístrojové přiblížení (Precision Approach) využívá přesné vedení jak ve směrové, tak i vertikální rovině. Směrové a vertikální vedení se poskytuje prostřednictvím informací z pozemních navigačních zařízení a generováním navigačních údajů palubním počítačem. Během přesného přiblížení je pilotovi průběžně poskytována informace, jak o směrovém vedení, tak i vertikální poloze. Zařízení sloužící pro přesná přístrojová přiblížení jsou například ILS (Instrument Landind System), MLS (Microwave Landing System) a GBAS (Ground Based Augmentation System). [7]

### 3.2.2 Přiblížení s vertikálním vedením

Přiblížení s vertikálním vedením (Approach Procedure with Vertical Guiance) využívá směrového a vertikálního vedení. Ty však nesplňují požadavky stanovené pro přesné přístrojové přiblížení. Jedná se například o NDB (Non-direction Radio Beacon) nebo VNAV (Vertical Navigation). [7]

### 3.2.3 Nepřesné přístrojové přiblížení

Nepřesné přístrojové přiblížení (Non-Precision Aproach) je postup přiblížení podle přístrojů s využitím směrového vedení a bez použití vertikálního vedení. Pilot je schopen v každém okamžiku letu vyhodnotit svoji polohu vůči trati konečného přiblížení a provádět korekce. Chybějící informace o vertikální poloze letadla pilot určuje kontrolou výšky na stanovených fixech, pomocí tabulek a výpočtů. Zařízení sloužící k provedení nepřesného přístrojového přiblížení jsou:

- Všesměrový radiomaják VOR
- Nesměrový radiomaják NDB
- ILS bez GP
- Přehledový radar [7]

### 3.2.4 Vizuální přiblížení

Přiblížení za viditelnosti země, nebo také vizuální přiblížení (Visual Approach) je závěrečná část letu podle přístrojů, která se provádí za stálého vizuálního kontaktu se zemí. Pilot vede letedlo pomocí srovnávací navigace a korekce směru provádí na základě vizuálních referencí. I přes to, že poloha letadla je vyhodnocována pohledem pilota z kabiny, jedná se stále o let podle přístrojů (IFR). Řídící letového provozu zajišťuje podle kategorie vzdušného prostoru rozestupy od ostatního letového provozu a pilot zajišťuje rozestupy od překážek. K provedení vizuálního přiblížení, musejí být splněny tři základní podmínky: [7]

- Pilot navázal vizuální kontakt se zemí
- Hlášená výška oblačnosti je stejná nebo vyšší než výška počátečního přiblížení
- Letová dohlednost je minimálně 1,5 km [7]

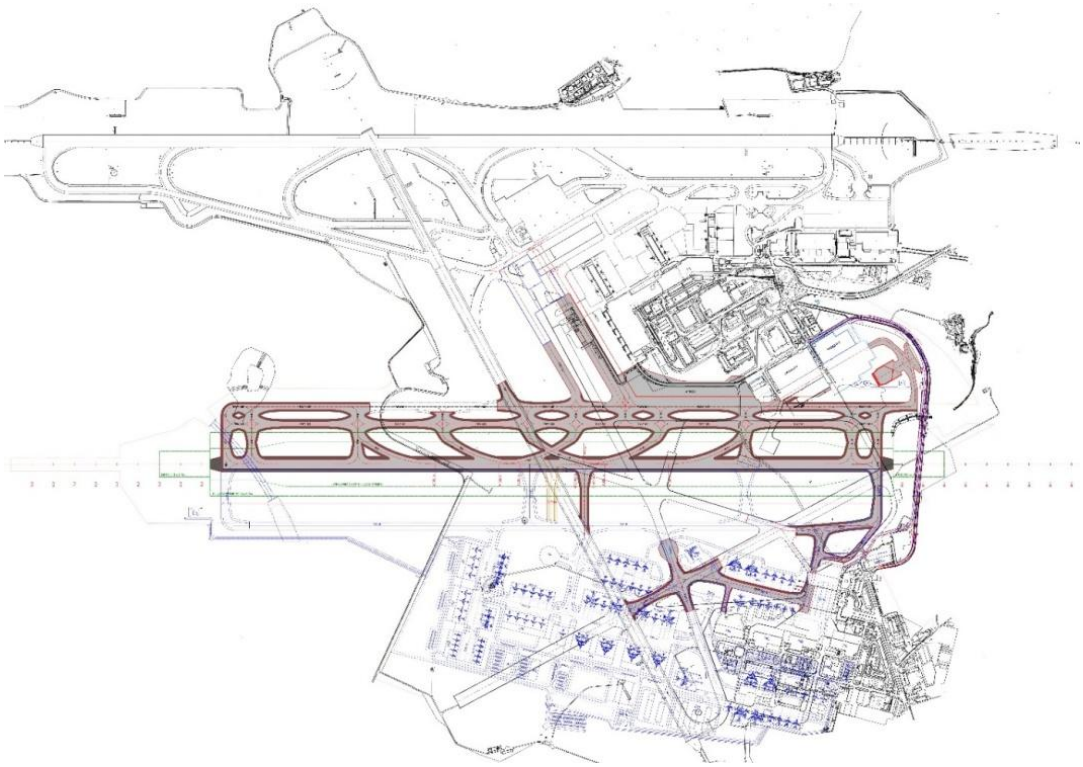
### 3.2.5 Přiblížení okruhem

Přiblížení okruhem (Circling Approach) je postup přiblížení podle přístrojů. Jeho účelem je přivést letadlo do polohy pro přistání na jinou dráhu, než na kterou mělo být uskutečněno předešlé. Musí být provedeno za stálého kontaktu se zemí a s pomocí srovnávací navigace. Obecně tedy platí, že pomocí přiblížení okruhem lze přivést letadlo na dráhu, na kterou nelze provést přesné nebo nepřesné přístrojové přiblížení a přiblížení s vertikálním vedením. [7]

# 4 Analýza návrhu systému paralelních drah LKPR

Myšlenka výstavby paralelní dráhy 06R/24L na pražském letišti, byla započata již na začátku realizace současné dráhy 06/24. Proto byla v 70. letech připravena územní plánovací dokumentace, zabývající se touto stavbou. Kladný posudek od Ministerstva životního prostředí České republiky, byl však získán až v roce 2011. Jeho vypracování vycházelo ze studie dopadu na životní prostředí EIA (Environmental Impact Assessment). Navrhované schéma paralelní dráhy je orientačně uvedeno na Obrázek 2. [8] [9]

Skutečnost potřeby rozšíření dráhového systému, ve svém rozhovoru pro deník Právo potvrzuje generální ředitel Řízení letového provozu České republiky pan Jan Klas. Ten uvádí dle citace *„Letiště je vyčerpané, potřebuje novou dráhu i věž, aby i v budoucnu nadále zůstalo významným středoevropským letištěm.“* [10] Tento fakt potvrzuje i stále se zvyšující zájem cestujících o tento druh vysoce efektivní a rychlé přepravy, který na letišti Václava Havla zaznamenal v roce 2017 nárůst odbavených cestujících o 17 %. Realizace dráhy bude mít vysoký přínos i z ekonomického hlediska a to vytvořením nových pracovních míst, příspěvky do státního rozpočtu, ale i rozvojem cestovního ruchu. [8]



**Obrázek 2. Navrhovaná dispozice dráhového systému [11]**

## 4.1 Technické parametry nových částí infrastruktury

Následující podkapitoly uvádí základní technické parametry dráhy RWY 06R/24L a paralelní pojezdové dráhy TWY. Analýzy byla provedena dle porovnání poskytnutých materiálů od letiště Praha a je zcela nezbytná pro další postup identifikace rizik.

### 4.1.1 Paralelní dráha 06R/24L

Nová paralelní dráha, která s označení 06R/24L, bude realizována na místo stávající dráhy RWY 04/22. Ta je v současné době využívána jako odstavná plocha pro parkování letadel. Vzdálenost mezi dráhou 06/24 a 06R/24L bude 1 525 m. Tato vzdálenost 1 525 m je dle předpisu L 14, dostačující, aby bylo možné obě dráhy provozovat současně, tedy provádět nezávislá paralelní přiblížení. Vyhlášené délky pro dráhu RWY 06R/24L obsahuje Tabulka 1. [11]

**Tabulka 1. Vyhlášené délky dráhy RWY 06R/24L, vlastní tvorba dle [11]**

| Vyhlášené délky RWY | | | | |
|---|---|---|---|---|
| RWY | TORA | TODA | ASDA | LDA |
| | [m] | [m] | [m] | [m] |
| 06R | 3 100 | 3 160 | 3 100 | 3 100 |
| 24L | 3 100 | 3 160 | 3 100 | 3 100 |

Pro oba směry dráhy bude zřízena koncová bezpečností plocha RESA navazující na pásy dráhy. Její délka je stanovena na 240 m a šířka na 300 m. Nově vzniklá sít podzemních silničních tunelů, která bude vedena mimo koncovou bezpečnostní plochu a to nejméně 150 m od prodloužené osy dráhy 06R/24L, by závažným způsobem neměla narušovat bezpečnost. V případě potřeby může dojít k doplnění nadstandardní úrovně RESA RWY. [11]

Délka předpolí CWY je určena na 300 m a navazuje na použitelnou délku rozjezdu. Vybudování dojezdové dráhy SWY není nutné, protože použitelná délka rozjezdu je podle šetření vztaženého k standardním podmínkám provozu (podle nejvíce využívaných typů přistávajících/odlétávajících letadel, jejich brzdné síle a v závislosti na meteorologických podmínkách) dostačující. Schéma znázorněných vyhlášených délek uvádí Schéma 1. [11]

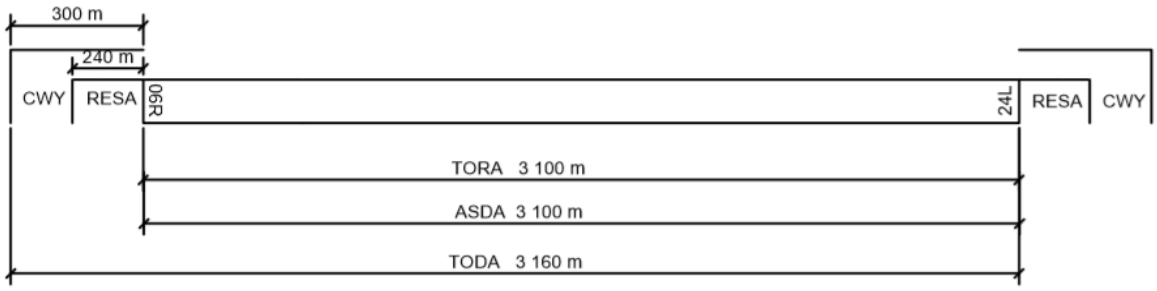



**Schéma 1. Schéma dráhy RWY 06R/24L, vlastní tvorba dle [11]**

Povrch vozovky bude betonový (Rigid) nebo živičný (Flexible). Únosnost vozovky PCN RWY 06R/24L se musí pohybovat v parametrech od minimální hodnoty PCN[4] 78/R/B vzhledem ke kritickým typům letadel A 340-500 a A340-600. Spolu s novým povrchem musí být kalibračním měřením naměřena minimální hodna 0,74 při rychlosti 95 km/h, pro brzdící účinek. [11]

Pro oba směry dráhy 06R/24L bude instalováno světelné zabezpečovací zařízení pro přesná přístrojová přiblížení ICAO ILS CAT III B. ILS (Instrumental Landing System) je zařízení pro přesné přístrojové přiblížení, které pilotům během přiblížení na přistání poskytuje informace o vertikální a směrové poloze letadla, ale i o možném vychýlení od trati konečného přiblížení. Na základě těchto údajů je možné provádět opravené korekce. Zařízení je tvořeno sestupným majákem GP (Glide Path), kurzovým majákem LLZ (LLZ) a třemi polohovými návěstidly (Markery). Dle požadavků ICAO, lze ILS rozdělit z hlediska minim na kategorie uvedené v Tabulka 2. Tato minima vyjadřují požadavky na přibližovací světelnou soustavu dle předpisu L 14 a vybavení letedla. [3] [12]

Jednotlivé prvky návrhu světelného zabezpečovacího zařízení, byly posuzovány vůči požadavkům legislativy předpisu L 14 Letiště. Dané posouzení uvádí Tabulka 3. [11]

**Tabulka 2. ICAO ILS CAT dle požadavku na DH a RVR, vlastní tvorba dle [3] [12]**

| Kategorie | Výška rozhodnutí DH | Minimální dráhová dohlednost RVR |
|---|---|---|
| CAT I | 60 m | ne méně než 550 m |
| CAT II | 30 m | ne méně než 350 m |
| CAT III A | méně než 30 m | ne méně než 200 m |
| CAT III B | méně než 15 m | ne méně než 50 m |
| CAT III C | 0 m | bez RVR minim |

[4] *„PCN“ Bezrozměrné číslo vyjadřující únosnost letištní vozovky v závislosti na únosnosti podloží* [3]

**Tabulka 3. Posouzení návrhu dráhy 06R/24L vůči požadavkům legislativy, vlastní tvorba dle [3] [11]**

| Označení | Ustanovení předpisu | Posuzovaný parametr | RWY 06R/24L | |
|---|---|---|---|---|
| | | | ANO | NE |
| 5.3.4.22 | *„Světelná soustava pro přesné přiblížení III. kategorie se musí skládat"* | *„Jednoduché přibližovací světelné soustavy délky 900 m"* | ☑ | |
| | | *„Přibližovací soustavou pro přesné přiblížení CAT III B délky 900 m"* | ☑ | |
| | | *„Zábleskovou soustavou obsahující osovou řadu v intervalu 300 - 900 m před THR"* | ☑ | |
| | | *„Světelným vytyčením RWY postraními návěstidly, doplněné všesměrovými zapuštěnými návěstidly pro přiblížení okruhem a koncovými návěstidly v konfiguraci pro CAT III B"* | ☑ | |
| | | *„Osovými návěstidly RWY"* | ☑ | |
| | | *„Návěstidly dotykové zóny RWY 24L v délce 900 m od THR"* | ☑ | |
| | | *„Světelnou sestupovou soustavou pro vizuální přiblížení PAPI"* | ☑ | |
| | | *„Osovými návěstidly TWY pro rychlé odbočení"* | ☑ | |
| | | *„Osovými návěstidly TWY ostatních pro nájezd a výjezd z RWY"* | ☑ | |
| | | *„STOP příčkami a ochrannými návěstidly RWY na všech nově vzniklých vyčkávacích místech RWY 06R/24L"* | ☑ | |
| | | *„Prosvětlenými informačními znaky výjezdu z RWY 24L"* | ☑ | |

## 4.2 Paralelní pojezdové dráhy 06R/24L

Pro dráhu 06R/24L bude v celé její délce zřízena paralelní pojezdová dráha (TWY). U prahu dráhy RWY 06R dojde ke zdvojení, vlivem většího provozního zatížení. Konstrukce povrchu bude betonová s únosností odpovídající RWY 06R/24L. Její vybavení bude pro obousměrný provoz za podmínek ILS CAT III B. [11]

Stejně jako dráha 06R/24L bude TWY vybavena světelným zabezpečovacím zařízením. Jednotlivé prvky návrhu, byly posuzovány vůči požadavkům legislativy předpisu L 14 Letiště. Dané posouzení uvádí Tabulka 4. [11]

**Tabulka 4. Posouzení návrhu pojížděcí dráhy vůči požadavkům legislativy [3] [11]**

| Označení | Ustanovení předpisu | Posuzovaný parametr | TWY | |
|---|---|---|---|---|
| | | | ANO | NE |
| 5.3.18 | *„Postranní návěstidla TWY"* | *„Postranními návěstidly TWY v úsecích rychlého odbočení a v úsecích, které se nacházejí na Pásu RWY."* | ☑ | |
| 5.3.20 | *„Stop příčky"* | *„STOP příčkami a ochrannými návěstidly RWY na všech nově vzniklých vyčkávacích místech RWY 06R/24L"* | ☑ | |
| 5.3.21 | *„Návěstidla mezilehlých vyčkávací míst"* | *„Návěstidly mezilehlých vyčkávacích míst u křižovatek TWY"* | ☑ | |
| 5.3.23 | *„Dráhová ochranná návěstidla."* | *„Ochrannými návěstidly umístěnými na všech vyčkávacích místech před RWY 06R/24L jak pro CAT I tak pro CAT II/III"* | ☑ | |
| 5.4.1.3 | *"Znaky, všeobecně."* | *„Všechny prvky SZZ budou křehkého a lámavého provedení dle předpisu"* | ☑ | |
| 5.4.2.2 | *„Příkazové znaky."* | *„Prosvětlenými příkazovými a informačními znaky umístěnými na vyčkávacích místech pro CAT I, resp. CAT II/III dle ICAO (zahrnující směrové znaky, znaky místa, cílové znaky, znaky uvolněné RWY, znaky vzletu z křižovatky)"* | ☑ | |

## 4.3 Režimy provozu RWY 06R/24L

Dle předpokládaného plánu bude RWY 06R/24L během dne využívána pro přistání a v nočních hodinách bude uzavřena. Omezení provozu v nočních hodinách je koncipováno z důvodu omezení hlukové zátěže nad obytnými oblastmi Prahy a přilehlého okolí. Předběžně se předpokládá o zhruba 5 % snížení z celkového počtu pohybů. Jednotlivé využití drah shrnuje Tabulka 5. [13]

**Tabulka 5. Využití jednotlivých drah během denního a nočního provozu, vlastní tvorba dle [13]**

| Dráha | Využití dráhového systému den/noc | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Vzlety | | Přistání | |
| | Den | Noc | Den | Noc |
| 06R | / | / | Ano | / |
| 24L | / | / | Ano | / |
| 06L | Ano | Ano | / | Ano |
| 24R | Ano | Ano | / | Ano |
| 12 | Pouze za mimořádných situací | | | |
| 30 | Pouze za mimořádných situací | | | |

# 5 Systém řízení provozní bezpečnosti

Systém řízení bezpečnosti z anglického překladu Safety Managament System (SMS) je systematický přístup k řízení bezpečnosti a udržení její přijatelné úrovně. Použití SMS je možné obecně interpretovat jako uplatnění řízení bezpečnostních rizik. [14]

SMS poskytuje určitý organizační rámec pro rozvoj nebo vytvoření kladné bezpečnostní kultury. Mezinárodní SMS normy, popřípadě požadavky jsou koncipovány spíše jako objektivní předpisy. Ty kladou důraz na poskytnutí užitečných rad a postupů „co dělat“ než „jak to dělat“. Důvod je vytvoření pružných standardů, které jsou nastaveny tak, aby vyhovovaly širokému spektru organizací. Tyto standardy jsou navrženy tak, aby umožnily provozovatelům a poskytovatelům služeb integrovat postupy řízení bezpečnosti do svých organizačních modelů. [14] [15]

## 5.1 Řízení bezpečnostního rizika

Řízení rizik můžeme rozdělit do tří kroků, zde je ovšem nutné zdůraznit, že záleží na vybrané metodě řešení. Bližší popisy ostatních způsobů nebudou v této práci dále uváděny. Pro účel bakalářské práce, byly vybrány tyto následující kroky řízení rizik. První se zaměřuje na identifikaci nebezpečí, za pomoci re-aktivní, pro-aktivní nebo prediktivní metody. Nebezpečí definujeme jako existující případ nebo okolnost, která může vést k zapříčinění smrti, zranění, poškození nebo poklesu schopnosti vykonávané funkce nebo činnosti. Vede tedy k neplánované a nežádoucí události. Re-aktivní metoda prověří nebezpečí, která se již v minulosti vyskytovala. Pro-aktivní vyhledává nebezpečí v reálném čase a prediktivní využívá k odhalení nebezpečí sběru dat a je zaměřená na budoucí možná nebezpečí. Po identifikaci nebezpečí následuje identifikace rizik. Rizika jsou možným následkem nebezpečí. Ta jsou posuzována z hlediska jejich závažnosti následků a pravděpodobnosti výskytu. Poslední částí kroku dva, je stanovení zda se jedná o rizika, která jsou přijatelná nebo nepřijatelné. Identifikace rizik bude více popsána v podkapitole 5.1.1, 5.1.2 a 5.1.3. V případě, že se jedná o nepřijatelná rizika, je aplikován třetí krok řízení rizik a to zmírnění rizika. Ten navrhuje opatření, která slouží po celkové odstranění nepřijatelných rizik nebo alespoň jejich zmírnění. [14] [15]

### 5.1.1 Závažnost

Závažnost lze definovat jako rozsah následku rizika, tedy jak velkou újmu dané riziko přináší v důsledku na člověka, techniku nebo prostředí. Je vždy vyhodnocováno s ohledem na nejvyšší možný následek. Do výsledného vyhodnocení se začleňují stávající a navrhovaná

opatření ke zmírnění. Příkladovou matice hodnocení závažnosti rizika obsahuje Tabulka 6. [15] [16]

**Tabulka 6. Příklad hodnocení závažnosti výskytu rizika, vlastní tvorba dle [15] [16]**

| Závažnost | Význam | Hodnota |
|---|---|---|
| Katastrofická | Zařízení zničeno, několikanásobná úmrtí. | A |
| Nebezpečná | Velké omezení úrovně bezpečnosti, vážná zranění, poškození zařízení. | B |
| Velká | Významné omezení úrovně bezpečnosti, omezení schopnost výkonu. | C |
| Malá | Obtíže, provozní omezení, použití náhradních postupů, nezávažný incident. | D |
| Nepatrná | Žádný nebo neznatelný vliv | E |

## 5.1.2 Pravděpodobnost

Pravděpodobnost lze chápat jako míru výskytu, s jakou se riziko vyskytuje nebo k němu může dojít v budoucnu. Pro některé případy jsou dostupné údaje, které umožňují přímý číselný odhad pravděpodobnosti a tím stanovení její hodnoty. To především platí pro historické záznamy, statistiky, evidence, rozbory nehod/incidentů a mnoho dalších. V případě, že není k dispozici dostatečné množství dat o výskytu, je nutný odhad pravděpodobnosti výskytu nebezpečí a rizik. Ten závislí na subjektivním hodnocení hodnotitele a je úzce spjat s lidskou chybou, protože každý osoba má odlišné zkušenosti a názory. Příkladovou matici hodnocení pravděpodobnosti rizika obsahuje Tabulka 7. [15] [16]

**Tabulka 7. Příklad pravděpodobnosti rizika, vlastní tvorba dle [15] [16]**

| Pravděpodobnost | Význam | Hodnota |
|---|---|---|
| Velmi vysoká | Často se opakující | 5 |
| Vysoká | Občasně se opakující | 4 |
| Střední | Výjimečně se opakující | 3 |
| Nízká | Velmi nepravděpodobná | 2 |
| Velmi nízká | Neopakující se | 1 |

### 5.1.3 Klasifikace rizika

Klasifikace rizika se stanovuje kombinací pravděpodobnosti a závažnosti. Tak vznikne index bezpečnostního rizika obsahující číslo a písmeno. Číslo vyjadřuje pravděpodobnost a písmeno závažnost. Indexem určíme, zda analyzované riziko spadá do kategorie nepřijatelného, tolerovaného nebo přijatelného rizika. Červená oblast vyjadřuje nepřijatelnou, žlutá tolerovatelnou a zelená přijatelnou oblast, viz Tabulka 8. Pokud se riziko pohybuje v kategorii jiné než přijatelné, jsou navržena bezpečnostní doporučení. V případě, že není možné navrhnout zmírňující opatření a riziko zůstává v nepřijatelné kategorii, mělo by dojít k zrušení činnosti. [15] [16]

**Tabulka 8. Příkladová matice vyhodnocení, vlastní tvorba dle [15] [16]**

| Pravděpodobnost rizika | | Závažnost rizika | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Katastrofální | Nebezpečná | Velká | Malá | Nepatrná |
| | | A | B | C | D | E |
| Častý | 5 | 5A | 5B | 5C | 5D | 5E |
| Občasný | 4 | 4A | 4B | 4C | 4D | 4E |
| Výjimečný | 3 | 3A | 3B | 3C | 3D | 3E |
| Nepravděpodobný | 2 | 2A | 2B | 2C | 2D | 2E |
| Zvlášť nepravděpodobný | 1 | 1A | 1B | 1C | 1D | 1E |

Výhodou takto vytvořeného hodnocení rizik je vysoká přehlednost a snadné porozumění. Není však zcela přesná. Například může porovnávat jen malý počet náhodně vybraných prvků (méně jak 10 %). Dále je zde možná existence chyb, které vedou k přiřazení vyšší kategorie závažnosti rizikům s menším kvalitativním hodnocením. V neposlední řadě je nutné konstatování, že celé hodnocení je ve velké míře založeno na subjektivních schopnostech hodnotitele. Různé osoby hodnotí stejné riziko odlišně. Tyto skutečnosti naznačují, že tzv. rizikové matice by měly být používány s opatrností. [17]

# 6 Analýza rizik při přiblížení v kontextu daného systému

Provoz paralelních drah je vysoce náročný a obnáší vysoký dohled nad udržením požadované úrovně provozní bezpečnosti, která je závislá na důkladně provedené identifikaci rizik. Procesu řízení bezpečnosti a identifikace rizik byla věnována kapitola 5.

Rizik, která se mohou vyskytnout během provozu na paralelních drahách, je nespočet. Mezi základní rizikové faktory patří například počasí, výcvik řídících pracovníků letového provozu ATC a samotných pilotů, překážky, letová techniky, komunikace a mnoho dalších.

Jak je uvedeno v kapitole 5, před tím než je možné identifikovat riziko, je zapotřebí určit všeobecné nebezpečí. To bylo stanoveno jako přiblížení na paralelní dráhový systém. Dané nebezpečí s sebou přináší nespočet rizik, která jsou způsobena odlišnými aspekty. Dle analýzy, kterou ve své diplomové práci vytvořila paní Ing. Dita Dudová, je lze v souvislosti s přiblížení dělit následovně a to na: prostředí (počasí, denní doba, terén, konfigurace drah), technologie (ILS, SSZ, letadlové systémy), letové posádky a pracovníky ATC. V souvislosti nato, byl vytvořen základní přehled možných rizik s ohledem na tyto zmiňované aspekty a kontext zadání práce, které znázorňuje Schéma 2. Zelenou, oranžovou, žlutou a světle modrou barvou, jsou vyjádřeny výše zmíněné aspekty a tmavě modrou barvou možná rizika, která mohou následkem nebezpečí a aspektů nastat. Zde je nutné konstatovat, že se jedná pouze o výběr rizik, nikoli o veškerá rizika, která se mohou vyskytovat. [16] [18]

Vybraná rizika pro řešení bakalářské práce  jsou konflikt letadla s dopravní infrastrukturou, konflikt letadla s překážkou, RWY Confusion a riziko narušení světelných přibližovacích zařízení. Daná rizika byla vybrána na základě provedené analýzy, poskytnutých materiálů o předběžné identifikaci Safety rizik – PSSA od letiště Praha a na základě odborných konzultací a snaze zastoupit rizika různých povah a aspektů. [11]

V návaznosti na daná rizika, je nutné definovat i dva základní pojmy, která jsou úzce vzpjaty s nebezpečím a riziky. Prvním pojmem je letecká nehoda, která je dle definice vyjádřena jako událost, která se stala v době mezi nástupem a výstupem osob s cílem vykonat let. Následkem této události je smrt/vážné zranění osob, zničení/výrazné poškození letadla nebo pokud jsou osoby či letadlo nezvěstné. Letecký incident je událost odlišná od letecké nehody, spojená s provozem letadla, která může ovlivnit provoz. Může se jednat o chybnou činnost ze strany posádky, leteckých a pozemních zařízení. [19]

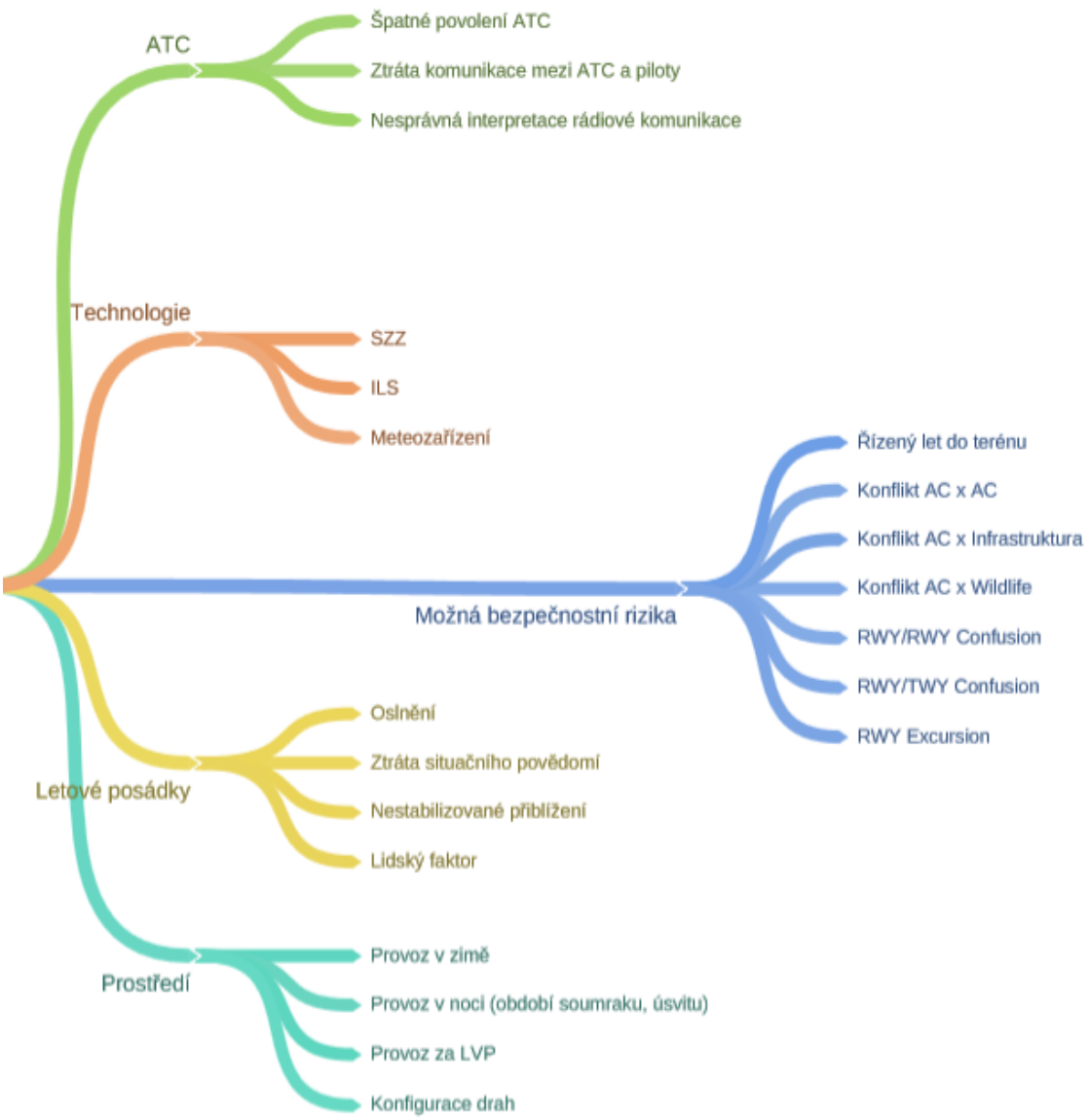



**Schéma 2. Možné aspekty vzniku rizik[5], vlastní tvorba dle [11] [18]**

[5] „RWY Excursion“ je vyjetí ze zpevnění plochy dráhy. [26]

## 6.1 Riziko kolize s dopravní infrastrukturou

Kolize letadla s dopravní infrastrukturou není v letectví příliš běžná. Ve světě však existují případy, kdy k omylu i přes veškeré bezpečnostní prvky došlo a letadla provedla přiblížení nebo přistání na jinou plochu v blízkosti dráhy. Proto je tomuto riziku nutné věnovat pozornost.

### 6.1.1 THR 24L

Pro přiblížení na přistání má být dle plánu využíván převážně směr dráhy 24L. Zde se bude nacházet potenciální možné nebezpečí v podobě rychlostní silnice R7, která je vedena téměř rovnoběžně s dráhou. Tato konfigurace může vést k záměně části silniční komunikace za RWY 24L. [20]

Vzhledem k tomu, že dráha 24L je uzpůsobena pro přesná přístrojová přiblížení (CAT III, CAT II CAT I), nepřesná přístrojová přiblížení a vizuální přiblížení, je nutné stanovit, pro které je dané riziko nejkritičtější. Přesnější popis daných typů přiblížení na přistání je uveden v podkapitole 3.2. [20]

Přesná přístrojová přiblížení se provádí výhradně za použití radionavigačního zařízení ILS, které vede piloty jak osově tak výškově a eliminuje tak možnost přiblížení na jinou plochu než je určená dráha. Výskyt rizika se tedy jeví jako nepravděpodobný. [7] [20]

Nepřesné přístrojové přiblížení se provádí pomocí radionavigačních prostředků, po celou dobu přiblížení. Piloti kontrolují vzdálenost a výšku pomocí tabulek. Výskyt rizika se tedy jeví jako nepravděpodobný. [7] [20]

Při vizuálním přiblížení, které pro přiblížení využívá vizuální navigační prostředky, jako znaky nebo světelné zabezpečovací zařízení SSZ, je vznik rizika tohoto typu během denní doby vyloučen, vzhledem k jejímu nezaměnitelného tvaru a specifického značení. Za snížených světelných podmínek, je vznik rizika tohoto typu možný. [7] [20]

**Obrázek 3. Rychlostní silnice R7 v blízkosti THR 24L [21]**

### 6.1.2 THR 06R

Výstavba paralelní dráhy není jediná rozsáhlá plánovaná stavba, která pražské letiště očekává. Zároveň má dojít k plánované modernizace železniční trati ve směru Praha – Kladno, s přípojem na pražské letiště. Ta bude představovat potenciální zdroj nebezpečí a rizik pro dráhu 06R/24L. Plánovaný úsek železniční trati se bude fyzicky křížit s prodlouženou osou nové dráhy 06R/24L a to v 16,46 km úseku trati. Jedná se o úsek za prahem dráhy 06R v místě předpolí. Zde bude trať vedena mimo úrovňově. [22] [23]

S ohledem na fyzické křížení trati a dráhy, je zde možnost, že trať bude zasahovat do ochranných pásem proti klamavým a nebezpečným světlům a to přibližně 2 km své délky. Jedná se o úsek žst. Hostivice až do žst. Jeneč a to včetně mezilehlé nově navrhované zastávky Hostivice – Jeneček. [23]

Železniční infrastruktura zahrnuje vysoký počet možných zdrojů klamavých světel. Například drážní návěstidla, osvětlení nástupišť stanic, světlomety a poziční světla souprav samotných vlaků. Zde může docházet ke vzniku nebezpečí a následnému vyústění v riziko. [23]

**Obrázek 4. Železniční trať Praha – Kladno v blízkosti THR 06R [21]**

**Opatření pro zmírnění rizika konfliktu letadla s infrastrukturou:**

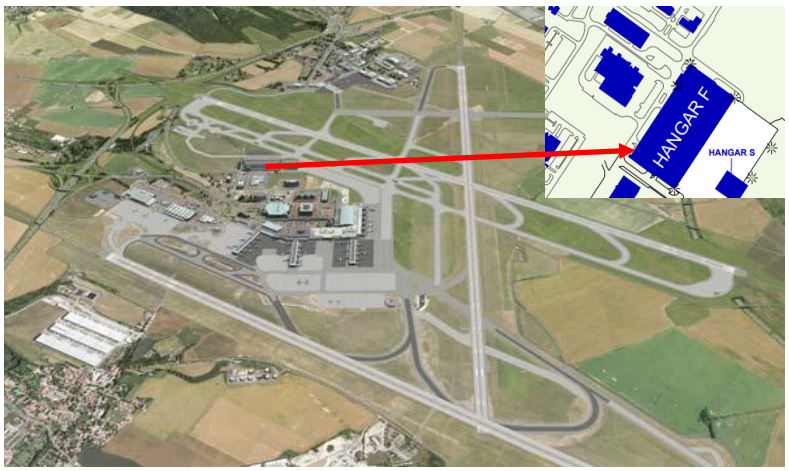
Mezi ochranná opatření zmírňující nebo zcela eliminující toto riziko řadíme opatření proti klamavým světlům dle předpisu L 14, povinné vybavení letadla odpovídačem sekundárního radaru SSR v oblasti TMA Praha, vizuální identifikaci dopravní infrastruktury z menší výšky při vizuálním přiblížení, světelné zabezpečovací zařízení SSZ dle předpisu L 14 a jejich automatické zapínání v noci a ve dne při snížené dohlednosti. Jako další možné ochranné opatření se nabízí například publikace informací o silniční a železniční dopravní infrastruktuře v přibližovací mapě a instalace přibližovací soustavy ALS (Approach Light Systém) CAT I. [3] [23]

## 6.2 Konflikt letadla s překážkou

Jakýkoli konflikt letadla s překážkou představuje vysoké riziko. Proto je dle zákona o civilním letectví č. 49/1997 Sb. stanoveno zřizování ochranných pásem. Ta mají za úkol zajistit bezpečnost letového provozu. Pro paralelní dráhu byly zkonstruovány dle předpisu L 14 překážkové plochy pro přiblížení na dráhu 06R/24L a to přibližovací rovina, přechodová plocha, vnitřní vodorovná rovina, kuželová plocha a vzletová rovina. [3] [13]

Výsledná analýza byla provedena na základě srovnání výškových hodnot potenciálních zdrojů nebezpečí, v kontextu budoucího návrhu. Jednalo se převážně o stávajících nebo nově vzniklých překážek s parametry překážkových ploch dráhy 06R/24L. Porovnání bylo provedeno pomocí programu Autodesk AutoCAD, kde byly porovnány dané překážky s parametry překážkových ploch, jejich sklony a kótové umístění na situační mapě. [3] [11] [13]

Terén v okolí letiště je převážně rovinatého charakteru a nepředstavuje tedy nebezpečí narušení ochranných pásem dráhy 06R/24L. Dalším potenciálním zdrojem nebezpečí, které může vyústit v riziko konfliktu letadla s překážkou, se jeví hangár F, který je nejvyšším objektem v blízkosti dráhy. Po následném porovnání bylo zjištěno, že se nachází téměř 1 m pod přechodovou rovinou. [11] [13]




**Obrázek 5. Poloha hangáru F vzhledem RWY 06R/24L [21] [24]**

Společně s výstavbou paralelní dráhy 06R/24L se předpokládá modernizace již zmíněné železniční trati Praha – Kladno, která povede v těsné blízkosti dráhy. Proto další posuzovanou překážkou bylo drážní zařízení. Kde nejvyšší drážní zařízení budou trakční stožáry, resp. nosné lano trakčního vedení. Výška stožáru bude cca 9 m nad niveletou kolejí, nosné lano potom max. 7 m. Vzhledem k tomu, že železniční trať bude v blízkosti letiště vedena v zářezu a to v hloubce 7,85 m, bylo po následném porovnání zjištěno, že nepředstavuje budoucí nebezpečí narušení OP přibližovacích prostorů a vylučuje riziko kolice letadla s touto překážkou. [23]

**Opatření pro zmírnění rizika konfliktu letadla s překážkou:**

Dle výše zmíněného textu, není nutné zavedení dalších ochranných opatření.

## 6.3 Riziko záměny RWY/TWY

Záměna RWY nebo TWY se v letecké terminologie nazývá jako RWY Confusion. Jedná se o případ, kdy pilot chybně vzlétne, přistane, provede přiblížení nebo vstup, na jinou než přidělenou dráhu. Tento problém se vyskytuje zejména na letištích s paralelním dráhovým uspořádáním drah, kde je vysoká možnost záměny a to převážně během zhoršených světelných podmínek. [25]

Analýzou nehod a incidentů tohoto typu se zabýval pan Ing. Olexander Dorovskyy ve své diplomové práci. V té identifikoval celkem 13 případů tohoto typu. Z těchto případů bylo

právě 61 % způsobeno chybnou identifikací vzletové nebo přistávací dráhy. Hlavní příčinou vzniku těchto událostí, během kterých došlo k záměně RWY nebo TWY, byla nedostatečná pozornost pilotů, komunikace mezi piloty a řídícími letového provozu, která je zcela zásadní. [26] Špatné porozumění, chybný povel to vše vede k možnosti záměny RWY nebo TWY. Proto je předpisem stanoveno, že pokud jsou ne letišti provozována paralelní nezávislá přiblížení, musí být pro každou z těchto drah přidělen pracovník řízení letového provozu, aby se tomuto riziku předcházelo. Složité uspořádání dráhového systému, které zhoršuje poziční uvědomění a vyžaduje zvýšenou pozornost, přípravu a zvyšuje psychickou zátěž na piloty je dalším důvodem vzniku rizika. Stejně tak, jako provoz za nízkých dohledností LVP[6] (Low Visibility Procedures) a při zhoršených světelných[7] a meteorologických podmínkách. Procentuální zastoupení příčin vzniku RWY Confusion znázorňuje Obrázek 6. [27] [28]

**Obrázek 6. Procentuální zastoupení příčin vzniku RWY Confusion [26]**

Pro pražské letiště se jedná o zcela nový druh rizika, jehož vznik byl při současné konfiguraci zcela vyloučen. Proto mu do budoucna musí být kladen vysoký důraz. S ohledem na zadání bakalářské práce, která se zaměřuje na přiblížení na paralelní dráhu 06R/24L, bude dále uvažováno pouze riziko RWY/RWY Confusion a RWY/TWY Confusion.

RWY/TWY Confusion neboli záměna dráhy za pojížděcí dráhu. Dané riziko se vzhledem k budoucí konfiguraci dráhového a pojezdových drah, nelze vyloučit. Společně se stavbou paralelní dráhy, dojde i rozšíření pojezdových drah, které jsou dle návrhu koncipovány paralelně, aby byla umožněna její obsluha. Jedná se o pojezdovou dráhu TWY L, ta je v současné době již provozována. Dále se jedná o prodloužení pojezdové dráhy

[6] „LVP“ neboli provoz letiště za nízkých dohledností, je souhrn meteorologických podmínek, které mají za následek zhoršený stupeň dohlednosti. Zároveň obsahuje i provozní opatření, které se při nich aplikují a slouží k zaručení bezpečnosti. [27]
[7] „Noc“ je doba mezi koncem občanské soumraku a začátkem občanského rozbřesku. [28]

TWY M a výstavby nové pojezdová dráha TWY M1. Jak je patrné z textu, zde by již mohlo dojít k omylu a to k záměně označení pojezdových drah TWY M a TWY M1. Proto dojde k přejmenování TWY M na TWY M2, aby se tomuto omylu předcházelo. Jak již bylo zmíněno v předešlém textu, k výskytu rizika tohoto typu nejčastěji dochází během zhoršených světelných podmínek, během kterých se letové posádky spoléhají na komunikaci s pracovníky řízení letového provozu a na světelná zabezpečovací zařízení. Během těchto zhoršených podmínek se každá nepozornost nebo omyl, mohou změnit v riziko zcela katastrofálním důsledkem. Světelné zabezpečovací zařízení drah a pojezdových drah je koncipováno odlišnými barvami, tak aby bylo zcela jedinečné a nezaměnitelné mezi sebou. Světelné značení dráhy se skládá z dráhových osových a postranních návěstidel bíle barvy. Oproti tomu světelná značení pojezdové dráhy osová, jsou zelená a postranní návěstidla pomocí modré barvy. [11] [29]

RWY/RWY Confusion neboli záměna dráhy za dráhu. Výskyt rizika tohoto typu je typický pro letiště s malou osovou vzdáleností. Touto problematikou se již zabýval pan Ing. Olexander Dorovskyy ve své diplomové práci, ve které uvádí, že pro pražské letiště vzhledem k tomu, že osová vzdálenost drah bude 1 525 m, je vznik rizika tohoto typu nepravděpodobná. V souvislosti s tím, že dané riziko bylo již řešeno, je zde uvedeno pouze informačně a nebude dále zohledňováno. [11] [26]

**Opatření pro zmírnění rizika využití chybné RWY nebo TWY**

Jako opatření ke zmírnění rizika využití chybné RWY nebo TWY, slouží v první řadě předletový briefingem. Při samotném přiblížení je nutná zvýšená pozornost posádky a udržování si situačního povědomí a to pomocí vizuální identifikace přidělené dráhy. Ten by měl obsahovat detailní přehled uspořádání RWY a TWY na daném letišti. Dále pak tvorba postupů a školení pro letové posádky a samotné řídící letového provozu. Během noci nebo během snížených světelných podmínek, je klíčovým opatřením světelná přibližovací soustava a zařízení pro přesné přístrojové přiblížení. Osvětlení dráhy by se mělo lišit od pojezdové dráhy, tak aby posádka letadla byla dostatečně schopná je od sebe odlišit. Stejně tomu tak platí i pro značení RWY a TWY.

## 6.4 Riziko narušení funkce světelných přibližovacích zařízení

Nejkritičtějším obdobím přístrojového přiblížení je bod, ve kterém musí pilot rozhodnout, zda přistane nebo provede nezdařilé přiblížení. Je nesmírně důležité, aby byla zajištěna

funkčnost všech zařízení ALS. Vizuální identifikace ALS musí být okamžitá, proto je jakékoliv pochybení nebo narušení funkčnosti zcela nepřípustné. Piloti jsou zároveň povinni, se před každým letem seznámit s typem ALS letiště, na které hodlají provádět přistání. Plánovaná světelná přibližovací soustava pro dráhu 06R/24L, má splňovat podmínky pro přesná přiblížení ICAO ILS CAT III B, tedy DH méně než 15 m a RVR ne méně než 50 m. Proto je zcela nezbytné, aby se předcházelo vzniku možných rizik. [23]

### 6.4.1 THR 24

Světelná přibližovací soustava se bude skládat z celkem 30 stožárů ALS a v prodloužené ose RWY 06R/24L, ve vzdálenosti do 900 m před THR 24L. Zde bude docházet ke křížení s rychlostní silnicí R7, jak je znázorňuje Obrázek 7. Návěstidla budou konfigurována po obou stranách silnice R7. Vzdálenost návěstidel přibližovací soustavy ILS CAT III, je dle plánu 30 m. Tyto rozměry umožňují umístění jednoho návěstidla doprostřed středního dělícího pásu. Zde existuje možnost vzniku rizika narušení funkce.

**Obrázek 7. Fyzické křížení ALS s rychlostní komunikací R7 [22]**

### 6.4.2 THR 06R

Parametry světelné přibližovací soustavy pro THR 06R jsou totožné jako pro THR 24L. Tedy bude se skládat z celkem 30 stožárů ALS ve vzdálenosti 900 m THR 06R. Zde je ovšem nutné zdůraznit, že poslední tři příčky ALS leží již v ochranném pásmu dráhy a to na vzdálenějším drážním svahu. Proto bude umístnění dvou posledních příček navrženo na pomocné konstrukci, aby nedocházelo k vzájemnému ovlivňování. [23]

**Opatření pro zmírnění rizika narušení světelných přibližovacích zařízení**

S prvním možným opatřením se již v budoucnu počítá. Je naplánován odklon rychlostní silnice R7 a to východním směrem za pomoci oblouku, který bude veden až k začátku přibližovací soustav, aby bylo zaručeno, že nejde ke křížení s návěstidlovou linií. S ohledem na železniční trať se jedná o již zmínění umístění příček na pomocnou konstrukci. [23]

# 7 Alternativní metoda hodnocení

V předešlé kapitole byla provedena identifikace rizik při přiblížení v kontextu návrhu paralelní dráhy. Daná vybraná rizika jsou konflikt letadla s dopravní infrastrukturou, konflikt letadla s překážkou, RWY Confusion a riziko narušení funkce světelní přibližovací soustavy.

Vzhledem k tomu, že pro použití klasického hodnocení rizik uvedeného v kapitole 5, nejsou k dispozici pravděpodobnosti výskytu daných rizik, není její použití vhodné. Výsledné hodnocení by bylo založeno na značné míře subjektivního odhadu hodnotitele. Proto bude začleněno pouze pro porovnání s nově vzniklou metodou hodnocení rizik, jejíž popis a postup je uveden v následující podkapitole.

## 7.1 Bezpečnostní riziková metodika založená na rizicích, dle NASA

Nově vytvářený přístup k hodnocení rizik, se zcela odchyluje od tradičních metod hodnocení. Dnešní doba s sebou přináší stále rychleji se vyvíjející technologie, procesy a postupy, které jsou stále komplikovanější. To ovšem přináší otázky ohledně udržení provozní bezpečnosti na přijatelné úrovni. [31]

Tento stále se zvyšující pokrok, potřebuje zcela nový pohled na rizika, která jsou náhodná nebo zcela nová, pro daný systém. Běžné metody hodnocení spočívají převážně na pravděpodobnosti výskytu daných rizik, která slouží pro výsledné hodnocení. Zde se ovšem nabízí otázka *„Jak tedy ohodnotit riziko systému, u kterého pravděpodobnost neznáme?“.* [31] [32]

Tuto otázku si kladli i odborníci z Národního úřadu pro letectví a kosmonautiku NASA (National Aeronautics and Space Administration). Ti během plánování letu Mars narazili právě na tento problém. V misích tohoto typu, je nesmírně důležité zohledňovat veškerá rizika a to i neočekávaná, která mohou během mise nastat a ohrozit ji tak. Proto se zaměřili na začlenění bezpečnostních rizik, již do samotného návrhu systému. Z toho důvodu, že pokud jsou rizika identifikována již na začátku návrhu systému, lze daný systém zdokonalit, tak aby jim bylo předcházeno. Dále se zaměřili na samotné hodnocení těchto specifických rizik. Došlo tedy k vytvoření metody založené na rizicích, s názvem Bezpečnostní riziková metodika (dále nazývaná metoda NASA). Popis jednotlivých kroků k vyhodnocení rizik danou metodou uvádí podkapitola 7.1.1. [32]

### 7.1.1 Popis navrhovaného hodnocení

Analýza bezpečnostního rizika je tří stupňová a postupuje následovně:

1) Identifikace nebezpečí a rizik na úrovni systému
2) Stanovení strategie zmírňování
3) Výpočet metriky rizika

První dva kroky se provádějí pouze jednou, na začátku procesu. Pokud je zapotřební identifikace dalších možných rizik, může dojít k jejímu zopakování. Třetí krok se provádí opakovaně. [32]

#### 7.1.1.1 Identifikace nebezpečí a rizik na úrovni systému

Identifikace nebezpečí se nijak neodlišuje od již zmíněného postupu v kapitole 5.1. Po stanovení nebezpečí, následuje identifikace rizik. Poté se pro každé riziko vyhodnocuje míra závažnosti a to dle nejhoršího možného dopadu, dle Tabulka 9. Každé kategorii a to člověk (H), mise (M), letadlo (L) a prostředí (P), je v závislosti na dopadu přiřazena úroveň závažnosti, kterou dané riziko na daný člen přináší. [32]

**Tabulka 9. Stupnice závažnosti, vlastní tvorba dle [32]**

| Úroveň závažnosti | Člověk H (Human) | Postupy/Přiblížení/Let M (Mission) | Letadlo L | Prostředí P |
|---|---|---|---|---|
| 4 | Ztráta života | Nedokončené | Zničeno | |
| 3 | Těžké zranění | Vážné komplikace | Vážné poškození | |
| 2 | Menší zranění | Malé komplikace | Malé poškození | |
| 1 | Méně než drobná zranění | Nepatrné komplikace | Méně než malé poškození | |

#### 7.1.1.2 Stanovení možnosti zmírnění

Druhý krok zahrnuje návrh strategie zmírnění pro každé riziko. Nejprve dochází k identifikaci ochranných opatření a v návaznosti na to se pro každé riziko stanoví hodnota zmírnění dle

Tabulka **10**. Tedy jak daná ochranná opatření zmírní riziko pro každou kategorii H, M, L a P. [32]

**Tabulka 10. Stupnice zmírnění, vlastní tvorba dle [32]**

| Úroveň | | Postup řešení |
|---|---|---|
| 4 | Odstranit | Úplné odstranění rizika |
| 3 | Zabránit | Snížení možného výskytu rizika |
| 2 | Dohled | Malá pravděpodobnost výskytu rizika |

| 1 | Snížit | Malé poškození v případě nehody |
|---|---|---|

#### 7.1.1.3 Výpočet hodnoty rizika

Výpočet hodnoty rizika tzv. risk index je posledním kromě hodnocení. Postup výpočtu je následující:

I. Pro každé riziko a každou kategorii H, M, L, a P je stanoveno maximální možné zmírnění, které vyjadřuje indexy snížení rizika.

II. Stanovení indexu zbytkového rizika, na základě vztahu uvedeného v Rovnice 1.

**Rovnice 1. Index zbytkového rizika**

$$\text{index zbytkovéo rizika (h,c)} = (1 - (\text{index snížení rizika (h,c)} / \text{ zmírnění (h,c)}))$$

III. V případě, že je riziko zcela vyloučeno, je index zbytkového rizika nastaven na nulu.

IV. Relativní index závažnosti následků stanovíme pro každou kategorii a riziko, dle vztahu v Rovnice 2.

**Rovnice 2. Index vyjadřující závažnost rizika**

$$\text{index závažnosti rizika (h,c)} = (1 - (\text{index zbytkového rizika (h,c)}) * \text{ původní závažnost rizika (h)}^2)$$

V. Relativní míra rizika (člověk, mise, letadlo, prostředí) se získají zprůměrováním relativních indexů závažnosti, pro každou kategorii u všech rizik.

VI. Tři relativní metriky rizika (člověk, mise nebo zařízení) se získají zprůměrováním relativních indexů závažnosti pro každou kategorii (H, M, L, P) u všech rizik.

**Rovnice 3. Index relativní závažnosti**

$$\text{index relativní závažnosti (h,c)} = (\text{relativní zbytkový index (h,c)} * \text{původní závažnost rizika (h)}^2)$$

VII. Zbytkové riziko se určí pomocí váženého průměru, dle váhových faktorů uvádějící Tabulka 11. [32]

V posledním kroku jsou hodnoty relativní míry rizika a jejich indexů zbytkového rizika rozřazeny, dle hodnot, které obsahuje Tabulka 11. Tedy zda se jedná o riziko přijatelné (zelená oblast), tolerovatelné (žlutá oblast) nebo nepřijatelné (červená oblast). Váhové faktory vycházející z návrhu NASA a uvádí je Tabulka 11. Váhové faktory byly stanoveny v souvislosti na významu každé kategorie. [32]

**Tabulka 11. Váhové faktory, vlastní tvorba dle [32]**

| Závažnost rizika | Váha | H | M | L P |
|---|---|---|---|---|
| | | > 9 | 3 | 1 |
| Katastrofický | 16 | | | |
| Kritický | 9 | | | |
| Závažný | 4 | | | |
| Nepatrný | 1 | | | |

# 8 Hodnocení rizik

V návaznosti na kapitolu 6, tedy po provedené identifikaci rizik, jejich popisu a návrhu ochranných opatření, bylo provedeno jejich hodnocení. Daná rizika jsou kolize letadla s dopravní infrastrukturou, riziko kolize s překážkou a riziko narušení funkce světelné přibližovací soustavy. Hodnocení proběhlo dvěma metodami. Postup vyhodnocení je uveden v následujících podkapitolách.

## 8.1 Hodnocení rizik metodou SMS

Hodnocení začíná shromažďováním dostupných záznamů, statistik a další možných zdrojů, které by poskytly pravděpodobnosti výskytu pro dané riziko. Jak již bylo zmíněno v předešlých textech, pravděpodobnost v tomto případě není možné stanovit z ověřených zdrojů. Proto výsledné ohodnocení pravděpodobnosti vychází pouze ze subjektivního odhadu autora práce. Oproti tomu hodnocení závažnosti, je dle dané metody zcela proveditelné. Hodnocení bylo rozděleno na dva případy a to na hodnocení rizika bez použití ochranných opatření a s použitím ochranných opatření. Podrobné popisy jednotlivých rizik, společně se stanovením stávajících nebo navrhovaných ochranných opatření, uvádí Kapitola 6.

### 8.1.1 Hodnocení rizika kolize letadla s dopravní infrastrukturou

Bez použití ochranných opatření bylo dané riziko kolize letadla s dopravní infrastrukturou R1 vyhodnoceno s pravděpodobností 2 (nepravděpodobné) a závažností A (katastrofální). Výsledný risk index byl stanoven na 2A, tedy riziko se pohybuje v tolerovatelné (žluté) oblasti matice Tabulka 8. S použitím ochranných opatření bylo hodnota pravděpodobnosti 1 (zvlášť nepravděpodobná) a závažnosti A (katastrofální). Výsledný risk index byl stanoven na 1A, tedy riziko se pohybuje v přijatelné (zelené) oblasti Tabulka 8. Výsledné hodnocení uvádí Tabulka 12.

**Tabulka 12. Hodnocení rizika R1 dle metody SMS, vlastní tvorba**

| Bez ochranných opatření | | S ochrannými opatřeními | |
|---|---|---|---|
| Pravděpodobnost | 2 | Pravděpodobnost | 1 |
| Závažnost | A | Závažnost | A |
| Risk index | **2A** | Risk index | **1A** |

### 8.1.2 Hodnocení riziko kolize s překážkou

Riziko kolize letadla s překážkou R2, bylo vyhodnoceno s pravděpodobností 1 (zvlášť nepravděpodobné) a závažností A (katastrofální). Výsledný risk index byl stanoven na 1A, tedy riziko se pohybuje v tolerovatelné (žluté) oblasti matice Tabulka 8. S použitím ochranných opatření, byla hodnota pravděpodobnosti 1 (zvlášť nepravděpodobná) závažnosti A (katastrofální). Výsledný risk index byl stanoven na 1A, tedy riziko se pohybuje v tolerovatelné (žluté) oblasti Tabulka 8. Výsledné hodnocení uvádí Tabulka 13.

**Tabulka 13. Hodnocení rizika R2 dle metody SMS, vlastní tvorba**

| Bez ochranných opatření | | S ochrannými opatřeními | |
|---|---|---|---|
| Pravděpodobnost | 1 | Pravděpodobnost | 1 |
| Závažnost | A | Závažnost | A |
| Risk index | **1A** | Risk index | **1A** |

### 8.1.3 Hodnocení rizika záměny RWY/TWY

Riziko záměny RWY/TWY R3, bylo vyhodnoceno s pravděpodobností 3 (výjimečné) a závažností A (katastrofální). Výsledný risk index byl stanoven na 3A, tedy riziko se pohybuje v nepřijatelné (červené) oblasti matice Tabulka 8. S použitím ochranných opatření bylo hodnota pravděpodobnosti 2 (nepravděpodobná) a závažnosti A (katastrofální). Výsledný risk index byl stanoven na 2A, tedy riziko se pohybuje v nepravděpodobné oblasti (žluté) matice Tabulka 8. Výsledné hodnocení uvádí Tabulka 14.

**Tabulka 14. Hodnocení rizika R3 dle metody SMS, vlastní tvorba**

| Bez ochranných opatření | | S ochrannými opatřeními | |
|---|---|---|---|
| Pravděpodobnost | 3 | Pravděpodobnost | 2 |
| Závažnost | A | Závažnost | A |
| Risk index | **3A** | Risk index | **2A** |

### 8.1.4 Hodnocení riziko narušení funkce světelných přibližovacích zařízení

Riziko narušení funkce světelného přibližovacího zařízení, bylo vyhodnoceno s pravděpodobností 2 (nepravděpodobné) a závažností D (malou). Výsledný risk index byl stanoven na 2D, tedy riziko se pohybuje v přijatelné (zelené) oblasti matice Tabulka 8.

S použitím ochranných opatření bylo hodnota pravděpodobnosti 1 (zvlášť nepravděpodobná) a závažnosti D (malá). Výsledný risk index byl stanoven na 1D, tedy riziko se pohybuje v přijatelné (zelené) oblasti matice Tabulka 8. Výsledné hodnocení uvádí Tabulka 15.

**Tabulka 15. Hodnocení rizika R4 dle metody SMS, vlastní tvorba**

| Bez ochranných opatření | | S ochrannými opatřeními | |
|---|---|---|---|
| Pravděpodobnost | 2 | Pravděpodobnost | 1 |
| Závažnost | D | Závažnost | D |
| Risk index | **2D** | Risk index | **1D** |

## 8.2 Hodnocení rizik metodou NASA

Metoda NASA se zpočátku zaměřuje na stanovení závažnosti dopadu, následně na návrh identifikaci ochranných opatření a v posledním kroku na samotný výpočet hodnoty rizika. Postup hodnocení metodou NASA, byl podrobně popsán v podkapitole 7.1.1, na základě kterého bylo provedeno hodnocení rizika R1 až R4 následovně.

V prvním kroku došlo ke stanovení míry závažnosti rizik. Tedy pokud by riziko vyústilo v nehodu či incident, jaké by mělo následky na jednotlivé kategorie H, M, L, a P v souvislosti jednotlivých rizik, dle hodnot uvádějících Tabulka 9. Například následkem rizika R1 by došlo ke ztrátě na životech, nedokončení letu, zničení letadla a prostředí. Proto mu byly přidělena hodnota závažnosti 4. Tímto způsobem byly ohodnoceny závažnosti všech rizik. Výsledné ohodnocení shrnuje Tabulka 16.

**Tabulka 16. Závažnost rizik R1 až R4 na jednotlivé kategorie H, M, L a P, vlastní tvorba**

| | | Závažnost | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ID | Riziko | H | M | L | P |
| R1 | Kolize letadla s dopravní infrastrukturou | 4 | 4 | 4 | 4 |
| R2 | Kolize letadla s překážkou | 4 | 4 | 4 | 4 |
| R3 | Riziko záměny RWY za TWY | 4 | 4 | 4 | 4 |
| R4 | Riziko narušení funkce SZZ | 2 | 2 | 2 | 1 |

V následujícím kroku dochází ke stanovení způsobu zmírnění rizika. Pro jednotlivá rizika R1 až R4 byla stanovena ochranná opatření. Následně na to, se pro každou kategorii H, M, L a P stanoví, jak tyto daná opatření zmírňují závažnost dopadu rizika na ně. Příkladové ohodnocení zmírnění jednotlivých rizik obsahuje Tabulka 17.

**Tabulka 17. Zmírnění rizika R1 pro jednotlivé kategorie H, M, L a P**

| Ochranné opatření | Riziko ID | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **Riziko R1** | **Kolize letadla s dopravní infrastrukturou** | | | |
| | Závažnost | 4 | 4 | 4 | 4 |
| | Kategorie | **H** | **M** | **L** | **P** |
| Opatření proti klamavým světlům | | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Publikované informace | | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Přibližovací světelná soustava ALS CAT I | | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Vybavení SZZ dle předpisu L14 | | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Vizuální identifikace komunikace | | 1 | 1 | 1 | 1 |

| **Riziko R2** | **Kolize letadla s překážkou** | | | |
|---|---|---|---|---|
| Zavedení ochranných opatření není nutné, vzhledem k provedené analýze 6.2. | 1 | 1 | 1 | 1 |

| **Riziko R3** | **Záměna RWY/TWY** | | | |
|---|---|---|---|---|
| Předletový briefing | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Dodržování postupů | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Postupy | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Značení RWY a TWY | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Komunikace | 1 | 1 | 1 | 1 |

| **Riziko R4** | **Narušení funkce světelných přibližovacích zařízení** | | | |
|---|---|---|---|---|
| Odklon silnice R7 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Umístění příček na pomocnou konstrukci | 1 | 1 | 1 | 1 |

Třetí krok slouží již k výpočtu hodnoty rizik a je následující:

i. Pro každé riziko R1 až R4 a každou kategorii H, M, L a P je stanoveno maximální možné zmírnění, které vyjadřuje indexy snížení rizika a jsou uvedeny v Tabulka 18.

**Tabulka 18. Index snížení rizika, vlastní tvorba**

| Maximální možné zmírnění | |
|---|---|
| R1 | 1 |
| R2 | 1 |
| R3 | 1 |
| R4 | 1 |

ii. Dle Rovnice 1. je určen index zbytkového rizika, pro každou uvažovanou kategorii H, M, L a P a každé riziko R1 až R4. Příklad výpočtu indexu zbytkového rizika R1 pro kategorii H, uvádí Rovnice 4. Výsledné indexy zbytkových rizik pro každé riziko, pak uvádí Tabulka 19.

**Rovnice 4. Příklad výpočtu index zbytkového rizika R1 pro kategorii H, vlastní tvorba dle [32]**

$$\text{index zbytkového rizika}_{R1}\ (h,c) = (1 - (\text{index snížení rizika}(h,c)/\ \text{zmírnění}(h,c)) = \left(1 - \left(\frac{1}{1}\right)\right) = 0$$

**Tabulka 19. Index zbytkového rizika R1 až R4, vlastní tvorba**

| Index zbytkového rizika | H | M | L | P |
|---|---|---|---|---|
| R1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| R2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| R3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| R4 | 0 | 0 | 0 | 0 |

iii. V případě, že je riziko zcela vyloučeno, je index zbytkového rizika nastaven na nulu.

iv. Dle Rovnice 2. je stanoven index závažnosti rizika a pro každou kategorii H, M, L a P a každé riziko R1 až R4 v závislosti na počátečním ohodnocení závažnosti. Příklad výpočtu indexu zbytkového rizika R1 pro kategorii H, uvádí Rovnice 5. Výsledné indexy závažnosti rizik pro každého riziko uvádí Tabulka 20.

**Rovnice 5. Příklad výpočtu indexu závažnosti rizika R1 pro kategorii H, vlastní tvorba dle [32]**

$$\begin{aligned}&\text{index závažnosti rizika}_{R1}\ (h, c)\\&\quad = (1 - (\text{index zbytkového rizika}\ (h, c) * \text{původní závažnost rizika}\ (h)^2)\\&\quad = (1 - (0 * 4) = 1\end{aligned}$$

**Tabulka 20. Index závažnosti rizika R1 až R4, vlastní tvorba**

| Index závažnosti rizika | H | M | L | P |
|---|---|---|---|---|
| R1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| R2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| R3 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| R4 | 1 | 1 | 1 | 1 |

v. Relativní míra rizika každé kategorie H, M, L a P, se získají zprůměrováním relativních indexů závažnosti, pro každou kategorii u všech rizik. Výsledné indexy závažnosti rizik uvádí Tabulka 21.

**Tabulka 21. Relativní míra rizika R1 až R4, vlastní tvorba**

| Relativní míra rizika | |
|---|---|
| R1 | 1 |
| R2 | 1 |
| R3 | 1 |
| R4 | 1 |

vi. Index zbytkového rizika, se stanoví na základě váženého průměru indexů závažnosti rizika pro každou kategorii H, M, L a P, pro všechna rizika. Váhové faktory vycházejí z návrhu NASA.

**Tabulka 22. Index zbytkového rizika R1 až R4, vlastní tvorba**

| Relativní index zbytkového rizika | |
|---|---|
| R1 | 1 |
| R2 | 1 |
| R3 | 1 |
| R4 | 1 |

V posledním kroku jsou hodnoty relativní míry rizik R1 až R4 a jejich indexů zbytkového rizik dle hodnot, které obsahuje Tabulka 11, rozřazeny. Tedy zda se jedná o riziko přijatelné (zelená oblast), tolerovatelné (žlutá oblast) nebo nepřijatelné (červená oblast).

Riziko R1, bylo vyhodnoceno jako nepatrné. Navrhovaná ochranná opatření jsou dostatečně účinná na to, aby vzniku rizika bylo přecházeno. Výsledek hodnocení rizika R1, znázorňuje Tabulka 23.

**Tabulka 23. Matice hodnocení pro riziko R1, vlastní tvorba**

| Závažnost rizika | Váha | H | M | L | P |
|---|---|---|---|---|---|
| | | >9 | 3 | 1 | |
| Katastrofický | 16 | | | | |
| Kritický | 9 | | | | |
| Závažný | 4 | | | | |
| Nepatrný | 1 | | | • | |

Riziko R2, bylo vyhodnoceno jako nepatrné. Navrhovaná ochranná opatření jsou dostatečně účinná na to, aby vzniku rizika bylo přecházeno. Výsledek hodnocení rizika R2, znázorňuje Tabulka 24.

**Tabulka 24. Matice hodnocení pro riziko R2, vlastní tvorba**

| Závažnost rizika | Váha | H | M | L | P |
|---|---|---|---|---|---|
| | | >9 | 3 | 1 | |
| Katastrofický | 16 | | | | |
| Kritický | 9 | | | | |
| Závažný | 4 | | | | |
| Nepatrný | 1 | | | • | |

Riziko R3, bylo vyhodnoceno jako nepatrné. Navrhovaná ochranná opatření jsou dostatečně účinná na to, aby vzniku rizika bylo přecházeno. Výsledek hodnocení rizika R3, znázorňuje Tabulka 25.

**Tabulka 25. Matice hodnocení pro riziko R3, vlastní tvorba**

| Závažnost rizika | Váha | H | M | L P |
|---|---|---|---|---|
| | | 9 | 3 | 1 |
| Katastrofický | 16 | | | |
| Kritický | 9 | | | |
| Závažný | 4 | | | |
| Nepatrný | 1 | | | • |

Riziko R4, bylo vyhodnoceno jako nepatrné. Navrhovaná ochranná opatření jsou dostatečně účinná na to, aby vzniku rizika bylo přecházeno. Výsledek hodnocení rizika R4, znázorňuje Tabulka 26.

**Tabulka 26. Matice hodnocení pro riziko R4, vlastní tvorba**

| Závažnost rizika | Váha | H | M | L P |
|---|---|---|---|---|
| | | >9 | 3 | 1 |
| Katastrofický | 16 | | | |
| Kritický | 9 | | | |
| Závažný | 4 | | | |
| Nepatrný | 1 | | | • |

## 8.3 Závěrečná hodnocení metod použitých při hodnocení rizik

Na základě provedeného hodnocení rizik metodami SMS a NASA, byla vyhodnocena vybraná identifikovaná rizika. Postup a zhodnocení jsou uvedené v předešlých podkapitolách. Na závěr je nutné provést závěrečné posouzení použitých metod, které je následující.

Hodnocení metodu SMS poskytuje rychlé a velice názorné hodnocení rizik. Za předpokladu, že existují seriozní zdroje pro sestavení pravděpodobnosti výskytu rizika, je použití této metody zcela dostačující. Pro případ této práce, se při hodnocení pravděpodobnosti ovšem bylo nutné spoléhat pouze na subjektivní odhad. Proto je třeba dané výsledné ohodnocení rizik, brát pouze orientačně. Navzdory tomu, vyhodnocení závažnosti rizika danou metodu je zcela přijatelné a dostačující. Výsledné hodnocení rizik R1 až R4 uvádí Tabulka 27.

**Tabulka 27. Výsledné hodnocení rizik R1 až R4, metodou SMS, vlastní tvorba**

| Hodnocení rizik R1 až R4, dle metody SMS | | | |
|---|---|---|---|
| Bez ochranných opatření | | S ochrannými opatřeními | |
| R1 | 2A | R1 | 1A |
| R2 | 1A | R2 | 1A |
| R3 | 3A | R3 | 2A |
| R4 | 2D | R4 | 1D |

Metoda NASA je koncipována, tak aby se na dané riziko nahlíželo hned od počátku převážně z pohledu závažnosti dopadu rizika a účinnosti ochranných opatření. Dané hodnocení je oproti metodě SMS poměrně rozsáhlejší, protože je zde nutné stanovení ochranných opatření a provést výpočet hodnot indexů rizika, dle postupu. Navzdory tomu, ale poskytuje přijatelné hodnocení, které vychází ze získaných podkladů. Výsledné hodnocení rizik R1 až R4 uvádí Tabulka 28.

**Tabulka 28. Výsledné hodnocení rizik R1 až R4, metodou NASA, vlastní tvorba**

| Výsledné hodnocení rizik R1 až R4, metodou NASA | |
|---|---|
| S ochrannými opatřeními | |
| R1 | Přijatelné |
| R2 | Přijatelné |
| R3 | Přijatelné |
| R4 | Přijatelné |

Jak je patrné z uvedených hodnot obsažených v Tabulka 27 a Tabulka 28, daná rizika jsou ohodnocena zcela odlišně, dle použité metody. Metodou SMS byla daná rizika hodnocena jako přijatelná, pouze pro případ rizika R4. Rizika R1 až R3 byla hodnocena jako tolerovatelná. Pro tato rizika by měla být začleněna dodatečná ochranná opatření, pro jejich zmírnění.

Zatím co metodou NASA se daná rizika s použitím ochranných opatření jeví jako přijatelná a není potřeba zavedení doplňujících ochranných opatření a nebude mít přímý vliv na provozní bezpečnost.

# 9 Závěr

Letecká doprava se řadí mezi nejbezpečnější druh dopravy. Tato skutečnost je postavena na důrazu na udržení požadované úrovně provozní bezpečností. Proto jsou při zavádění změn a nových systémů prováděny bezpečnostní studie, které mají odhalovat možná nebezpečí a rizika, která by mohla vést ke vzniku leteckých nehod a incidentů.

Samotný Americký Národní úřad pro bezpečnost v dopravě NTSB (National Transportation Safety Board) vypracoval tak zvaný Most Wanted List, který shrnuje nejčastější příčiny incidentů a nehod v dopravě. V souvislosti s leteckou dopravou, byly jako nejčastější příčiny stanoveny faktory jako ztráta pozornosti, kontroly a ovladatelnosti letadla.[33]

Předmětem bakalářské práce, bylo provést studii bezpečnosti přiblížení v kontextu systému paralelních drah na LKPR. Vzhledem k tomu, že samotné přiblížení na přistání je vysoce náročný proces a společně v kontextu paralelní dráhy se tato náročnost zvyšuje, je nutné dané problematice věnovat zvýšenou pozornost. Jednotlivé kroky studie byly rozčleněny tak, aby na sebe logicky navazovaly. Ať už se jednalo o legislativní požadavky, postupy a druhy přiblížení, řízení provozní bezpečnosti nebo samotnou analýzu návrhu systému. Dané kroky byly uzpůsobeny, aby čtenářům poskytly přehled o dané problematice, před samotnou identifikací rizik, která byla provedena v kapitole 6. V té byl zdůvodněn postup výběru rizik a následný popis společně s návrhem ochranných opatření. V následující kapitole 7 došlo k seznámení s alternativním způsobem hodnocení, který nepracuje s pravděpodobností rizika. Touto alternativní metodu byla následně vybraná rizika hodnocena, společně s hodnocením pomocí stávající metody tak, aby bylo možné obě metody srovnat a názorně ilustrovat vzájemný rozdíl mezi nimi. Hodnocena byla rizika riziko kolize letadla s dopravní infrastrukturou, riziko kolize letadla s překážkou, riziko záměny RWY/TWY a riziko narušení funkce světlených přibližovacích zařízení. Jak již bylo zmíněno, k hodnocení byly použity dvě metody a to bezpečnostní riziková metodika založená na rizicích dle NASA a metoda pomocí rizikových matic dle ICAO doc 9859 Safety Management Manual. Výsledky hodnocení jsou uvedeny v kapitole 8.

Jako nejvhodnější metoda byla zvolena metoda NASA, protože vychází z ověřených zdrojů a poskytuje názorný postup vyhodnocení v souvislosti dopadu rizik na jednotlivé kategorie systému. Oproti tomu hodnocení metodou SMS, které vycházelo pouze z odhadu hodnotitele, bylo vyhodnoceno jako neověřené a je považováno za pouze orientační.

Závěrem lze konstatovat, že jednotlivé body zadání bakalářské práce a stanovené cíle byly splněny. Hlavním přínosem práce je analýza návrhu paralelní dráhy a poukázání na možné rizikové faktory, které se při jejím provozu mohou vyskytovat. V neposlední řadě je zahrnuto hodnocení vybraných rizik. Jelikož řízení bezpečnostních rizik je zcela zásadní pro udržení požadované úrovně provozní bezpečnosti leteckého provozu, je třeba výběru vhodné metody pro hodnocení rizik věnovat pozornost. Autor práce poskytuje potřebné informace a srovnání dvou vybraných metod a využívá tyto metody při řešení daného úkolu.

## Seznam použitých zdrojů


[1] EASA / *European Aviation Safety Agency* [online] Copyright [cit. 29.11.2018]. Dostupnéz:https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/Easy%20Access%20Rules%20for%20Aerodromes%20%28Jan%202018%29.pdf

[2] Naše služby. Řízení letového provozu [online]. [cit. 2018-08-23]. Dostupné z: http://www.rlp.cz/sluzby/nase/Stranky/default.aspx

[3] L-14, Ministerstvo Dopravy České Republiky a Úřad pro civilní letectví. Letecký předpis: Letiště L 14. Praha, 2009. [online]. [cit. 2018-08-21]. Dostupné z: http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-14/data/print/L-14_cely.pdf

[4] Letecký předpis L8168: Provoz letadel – Letové postupy. In. Letecké předpisy. dopravy České republiky – Úřad pro civilní letectví. [online]. 2018 [cit. 2018-08-23]. Dostupné z: https://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L8168/index.htm

[5] Letecký předpis L4444: Postupy pro letové provozní služby a uspořádání letového provozu. In. Letecké předpisy. dopravy České republiky – Úřad pro civilní letectví. [online]. 2018 [cit. 2018-08-23]. Dostupné z: https://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-4444/index.htm

[6] Document 9859, Safety Management Manual, Třetí vydání, 2013, International Civil Aviation,[Online], [cit. 2018-11-15], Dostupné z: https://www.icao.int/safety/SafetyManagement/Documents/Doc.9859.3rd%20Edition.alltext.en.pdf

[7] SOLDÁN, V.: Letové postupy a provoz letadel. Letecká informační služba Řízení letového provozu České republiky, Jeneč, 2007, ISBN: 978-80-239-8595-5.

[8] LETIŠTĚ PRAHA. Prague Airport: Paralelní dráha [online]. Praha [cit. 2018-08-20]. Dostupné z: http://www.prg.aero/cs/o-letisti-praha/paralelni-draha/

[9] Environmental Impact Assessment – Ministerstvo životního prostředí. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. Copyright 2008 [cit. 26.11.2018]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/en/environmental_impact_assessment

[10] PRÁVO: Ruzyně je vyčerpaná, potřebuje novou ranvej i věž, tvrdí šéf řízení letového provozu. [online]. Copyright © ŘLP ČR, s.p. [cit. 27.11.2018]. Dostupné z: http://www.rlp.cz/spolecnost/tisk/tiskzpravy/Stranky/Ruzyn%C4%9B-jevy%C4%8Derpan%C3%A1.aspx

[11] Odborné konzultace u organizační jednotky Kvality, safety a procesů Letiště Praha, a.s.. 2017-2018.

[12] Instrument Landing System (ILS) – SKYbrary Aviation Safety. [online]. Dostupné z: https://www.skybrary.aero/index.php/Instrument_Landing_System_(ILS)

[13] Stránky MČ Praha – Lysolaje [online]. Copyright ©3 [cit. 27.11.2018]. Dostupné z: http://www.praha-lysolaje.cz/letiste/RWY06R-24L_EIA_oznam.pdf

[14] Safety Management System - SKYbrary Aviation Safety. [online]. Dostupné z: https://www.skybrary.aero/index.php/Safety_Management_System

[15] VLČEK, František. ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ. Poradní materiál k požadavkům ORO.GEN.200 Systém Řízení [online]. Praha, 2013, 25.3 .2013, 103 s . [cit. 2018-08-25]. Dostupné z : http://www.caa.cz/file/6472

[16] Hazard Identification - SKYbrary Aviation Safety. [online]. Dostupné z: https://www.skybrary.aero/index.php/Hazard_Identification

[17] Anthony, Louis.:What‘s Wrong with Risk Matrices? *Risk Analysis, vol.28/no.* 2008, pp.497-512.

[18] Dudová, D.: Posouzení bezpečnosti přístrojových přiblížení. Praha: ČVUT 2015. Diplomová práce, ČVUT, Fakulta dopravní, Ústav letecké dopravy.

[19] LETECKÝ PŘEDPIS O ODBORNÉM ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD A INCIDENTŮ L 13. 28.376/01-220. MINISTERSTVO DOPRAVY ČESKÉ REPUBLIKY Zpracovatel: Úřad pro civilní letectví [cit. 26.11.2018]

[20] Přiblíženi a přistání na RWY 24L. Letiště Praha. Safety studie[online] Copyright [cit. 29.11.2018].Dostupnéz:http://www.nerwy.cz/www/eia_rwy_09/p_26_priblizeni_na_rwy24l_verze1_0.pdf/priblizeni_na_rwy24l-verze1_0.pdf

[21] Artoo - 3D vizualizace | 3D grafika, modely a vizualizace | výstavba paralelní dráhy 06R-24L na letišti Praha-Ruzyně. artoo | 3D vizualizace staveb, vizualizace interiéru a designu [online]. Copyright © [cit. 27.11.2018]. Dostupné z: http://www.artoo.cz/vizualizace_212.html

[22] Železnice na letiště. /*železnice na letiště/* [online]. Copyright 2016 SŽDC [CIT. 26.11.2018]. Dostupné z: http://www.praha-kladno.cz/

[23] Koordinační dokumentace staveb. /*Modernizace trati Praha-Kladno, II. etapa a Dráhy RWY 06R/24L letiště Praha-Ruzyně/.* [CIT. 26.11.2018]. Dostupné z: http://www.nerwy.cz/www/eia_rwy_09/p_05_koordinace-s-prakii/001_technicka_zprava.pdf

[24] AIP – Letecká informační příručka (ŘLP ČR, s.p.). *Letecká informační služba [online].* Dostupné z: http://lis.rlp.cz/ais_data/www_main_control/frm_en_aip.htm

[25] Runway safety. Airservices *Airservices.* [online]. Dostupné z: http://www.airservicesaustralia.com/flight-briefing/pilot-and-airside-safety/runway-safety/

[26] Dorovskyy, Olexandr.: Safety studie provozu letadel na RWY 06R/24L LKPR. Praha: ČVUT 2015. Diplomová práce, ČVUT, Fakulta dopravní, Ústav letecké dopravy.

[27] Low Visibility Procedures, IVAO Division, 2012, [Online], [cit. 2016-05-4], Dostupné z: http://www.ivao.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=286:lvppostupy&catid=109:letistni-obecne&Itemid=136

[28] Lety VFR, Úřad pro civilní letectví. *Úřad pro civilní letectví* [online]. Copyright 2001 [cit. 29.11.2018] Dostupné z: http://www.caa.cz/navody/od-kdy-do-kdy-lze-letet-ve-dne-za-vfr

[29] Sury, Jakub.: Bezpečnostní studie připravované paralelní RWY 24L/06R. Praha: ČVUT 2016. Diplomová práce, ČVUT, Fakulta dopravní, Ústav letecké dopravy.

[30] Instrument Approach Systems – Approach Lighting Systems (ALS). *Flight Learnings – Pilot and student pilot community. Share your pilot lessons or aviatio stories.* [online]. Copyright Flightlearnings.com [cit. 29.11.2018]. Dostupné z http://www.flightlearnings.com/2017/07/23/instrument-approach-systems-approach-lighting-systems-als/

[31] Leveson, Nancy.: Engineering a Safety World. The MIT Press Cambridge, Massachusetts London, 2011, ISBN: 978-0-262-01662.

[32] Leveson, Nancy. Nicolas Dulac.: Incorporating Safety Risk in Early System Architecture Trade Studies, Journal of spacecraft and rockets. [pdf Dokument] Cambridge, 2009. DOI: 10.2514/1.37361

[33] NTSB poukazuje na největší rizika v letecké dopravě - Aeroweb.cz. Aeroweb.cz [online]. Copyright © 2005 [cit. 30.11.2018]. Dostupné z: https://www.aeroweb.cz/clanky/4852-ntsb-poukazuje-na-nejvetsi-rizika-v-letecke-doprave

## Seznam obrázků

Obrázek 1. Úseky přístrojových přiblížení [7] ..... 16

Obrázek 2. Navrhovaná dispozice dráhového systému [11] ..... 21

Obrázek 3. Rychlostní silnice R7 v blízkosti THR 24L [21] ..... 33

Obrázek 4. Železniční trať Praha – Kladno v blízkosti THR 06R [21] ..... 33

Obrázek 5. Poloha hangáru F vzhledem RWY 06R/24L [21] [24] ..... 35

Obrázek 6. Procentuální zastoupení příčin vzniku RWY Confusion [26] ..... 36

Obrázek 7. Fyzické křížení ALS s rychlostní komunikací R7 [22] ..... 38

## Seznam tabulek

Tabulka 1. Vyhlášené délky dráhy RWY 06R/24L, vlastní tvorba dle [11] ..... 22

Tabulka 2. ICAO ILS CAT dle požadavku na DH a RVR, vlastní tvorba dle [3] [12] ..... 23

Tabulka 3. Posouzení návrhu dráhy 06R/24L vůči požadavkům legislativy, vlastní tvorba dle [3] [11] ..... 24

Tabulka 4. Posouzení návrhu pojížděcí dráhy vůči požadavkům legislativy [3] [11] ..... 25

Tabulka 5. Využití jednotlivých drah během denního a nočního provozu, vlastní tvorba dle [13] ..... 26

Tabulka 6. Příklad hodnocení závažnosti výskytu rizika, vlastní tvorba dle [15] [16] ..... 28

Tabulka 7. Příklad pravděpodobnosti rizika, vlastní tvorba dle [15] [16] ..... 28

Tabulka 8. Příkladová matice vyhodnocení, vlastní tvorba dle [15] [16]..... 29

Tabulka 9. Stupnice závažnosti, vlastní tvorba dle [32] ..... 41

Tabulka 10. Stupnice zmírnění, vlastní tvorba dle [32] ..... 41

Tabulka 11. Váhové faktory, vlastní tvorba dle [32] ..... 43

Tabulka 12. Hodnocení rizika R1 dle metody SMS, vlastní tvorba ..... 44

Tabulka 13. Hodnocení rizika R2 dle metody SMS, vlastní tvorba ..... 45

Tabulka 14. Hodnocení rizika R3 dle metody SMS, vlastní tvorba ..... 45

Tabulka 15. Hodnocení rizika R4 dle metody SMS, vlastní tvorba ..... 46

Tabulka 16. Závažnost rizik R1 až R4 na jednotlivé kategorie H, M, L a P, vlastní tvorba ... 46

Tabulka 17. Zmírnění rizika R1 pro jednotlivé kategorie H, M, L a P ..... 47

Tabulka 18. Index snížení rizika, vlastní tvorba ..... 48

Tabulka 19. Index zbytkového rizika R1 až R4, vlastní tvorba ..... 48

Tabulka 20. Index závažnosti rizika R1 až R4, vlastní tvorba ..... 49

Tabulka 21. Relativní míra rizika R1 až R4, vlastní tvorba ..... 49

Tabulka 22. Index zbytkového rizika R1 až R4, vlastní tvorba ..... 49

Tabulka 23. Matice hodnocení pro riziko R1, vlastní tvorba ..... 50

Tabulka 24. Matice hodnocení pro riziko R2, vlastní tvorba ..... 50

Tabulka 25. Matice hodnocení pro riziko R3, vlastní tvorba ..... 51

Tabulka 26. Matice hodnocení pro riziko R4, vlastní tvorba ..... 51

Tabulka 27. Výsledné hodnocení rizik R1 až R4, metodou SMS, vlastní tvorba ..... 52

Tabulka 28. Výsledné hodnocení rizik R1 až R4, metodou NASA, vlastní tvorba ..... 52

## Seznam rovnic

Rovnice 1. Index zbytkového rizika ..... 42

Rovnice 2. Index vyjadřující závažnost rizika ..... 42

Rovnice 3. Index relativní závažnosti ..... 42

Rovnice 4. Příklad výpočtu index zbytkového rizika R1 pro kategorii H, vlastní tvorba dle [32] ..... 48

Rovnice 5. Příklad výpočtu indexu závažnosti rizika R1 pro kategorii H, vlastní tvorba dle [32] ..... 49

## Seznam schémat

Schéma 1. Schéma dráhy RWY 06R/24L, vlastní tvorba dle [11]..... 23

Schéma 2. Možné aspekty vzniku rizik, vlastní tvorba dle [11] [18] ..... 31