



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
**FAKULTA DOPRAVNÍ**

**MAXIM DELITSYN**

**Návrh opatření k zabránění vyjetí letadla z dráhy**

**Bakalářská práce**

**2020**



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

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Maxim Delitsyn**

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

**B 3710 – PIL – Profesionální pilot**

Název tématu (česky): **Návrh opatření k zabránění vyjetí letadla z dráhy**

Název tématu (anglicky): **Proposal of Measures to Avoid Runway Excursions**

### **Zásady pro vypracování**

Při zpracování bakalářské práce se řiďte následujícími pokyny:

- Cílem práce je návrh opatření k zabránění vyjetí z dráhy v rámci přípravy posádek před letem a přistáním
- Proved'te analýzu případů vyjetí z dráhy a popište nejčastější příčiny
- Proved'te analýzu stávajícího stavu doporučení z pohledu zabránění vyjetí z dráhy (z pohledu letiště, z pohledu činnosti posádky)
- Proved'te analýzu briefingu posádek s ohledem na hodnocení rizika vyjetí z dráhy
- Navrhnete opatření na zlepšení metodiky briefingu posádky s ohledem na dráhový systém, meteorologické podmínky a technický stav letadla



- 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: Eurocontrol: A study of runway excursions from a European perspective  
EASA: European Action Plan for the Prevention of Runway Excursions  
FAA: AC 91-79A Mitigating the Risks of a Runway Overrun Upon Landing

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ladislav Keller**

Datum zadání bakalářské práce: **9. října 2019**  
(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: **10. srpna 2020**

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

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



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

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

  
Maxim Delitsyn  
jméno a podpis studenta

V Praze dne.....9. října 2019

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval panu Ing. Ladislavu Kellerovi za odborné vedení a konzultování bakalářské práce a za rady, které mi poskytoval po celou dobu mého studia. Dále bych rád poděkoval panu Ing. Viktoru Valentovi za cenné připomínky ke struktuře a obsahu práce. V neposlední řadě bych rád poděkoval rodině a blízkým za podporu, ochotu a pochopení v průběhu studia.

## **Prohlášení**

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

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

Nemám závažný důvod proti užití tohoto 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 10. srpna 2020

.....

podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

Návrh opatření k zabránění vyjetí letadla z dráhy

Bakalářská práce

srpen 2020

Maxim Delitsyn

#### Abstrakt

Předmětem bakalářské práce „Návrh opatření k zabránění vyjetí letadla z dráhy“ je analýza leteckých nehod, způsobených vyjetím letounů z dráhy. Součástí práce je rovněž provedení analýzy stávajících opatření z pohledu různých účastníků letecké dopravy. Výsledkem provedených analýz je návrh nejvhodnějšího opatření pro zabránění vyjetí letadla z dráhy.

#### Klíčová slova

Vyjetí, dráha, letoun, přistání, vzlet, nehoda, briefing

CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

Faculty of transportation sciences

Proposal of Measures to Avoid Runway Excursions

Bachelor thesis

August 2020

Maxim Delitsyn

#### Abstract

The aim of the bachelor thesis "Proposal of Measures to Avoid Runway Excursions" is the analysis of the aviation accidents that were caused by the runway excursion. Another aim of the thesis is the analysis of current measures to avoid runway excursions which are applied by different participants of air transport. As the result of the carried out analysis, is a proposal of the most appropriate solution to avoid runway excursions.

#### Key words

Excursion, runway, aircraft, landing, takeoff, accident, briefing

## Obsah

Seznam použitých zkratek .....	6
1. Úvod .....	7
2. Příčiny a spolupůsobící faktory při vyjetí ze vzletové a přistávací dráhy .....	8
2.1 Vyjetí za konec dráhy při přistání .....	10
2.1.1 Nehoda B737 UTair .....	12
2.1.2 Nehoda Learjet 35A N22MS .....	16
2.1.3 Nehoda Cessna 500 Citation I N125DS .....	16
2.1.4 Nehoda Cessna 550 Citation II M-AGGY .....	17
2.2 Vyjetí za postranní pás dráhy při přistání .....	17
2.2.1 Nehoda ATR-72-600 Jet Airways .....	18
2.2.2 Nehoda A330 Turkish Airlines .....	19
2.2.3 Nehoda A320 Cebu Pacific Air .....	21
2.2.4 Nehoda Learjet 60 N500SW .....	22
2.3 Vyjetí za konec dráhy při vzletu .....	22
2.3.1 Nehoda Gulfstream G-IV N121JM .....	23
2.3.2 Nehoda DC-3-65TP N834TP .....	24
2.4 Vyjetí za postranní pás dráhy při vzletu .....	24
2.4.1 Nehoda B738 VT-JBG .....	25
2.4.2 Nehoda Saab 340B Flybe .....	27
3. Stávající stav opatření z pohledu různých účastníků leteckého provozu .....	28
3.1 Letiště .....	28
3.2 Řízení letového provozu .....	29
3.3 Úřady .....	30
3.4 Výrobce letounů .....	31
3.5 Provozovatelé letecké techniky .....	33
4. Opatření k zabránění vyjetí letadel z dráhy .....	35
4.1 Analýza briefingů pilotů s ohledem na hodnocení rizika vyjetí z dráhy .....	35

4.1.1 Předletový briefing .....	35
4.1.2 Departure briefing .....	37
4.1.3 Approach briefing.....	38
4.2 Návrh zlepšení metodiky briefingu posádek pro zabránění vyjetí z dráhy.....	39
4.2.1 Zlepšení departure briefingu .....	39
4.2.2 Zlepšení approach briefingu.....	41
5. Závěr .....	46
Seznam zdrojů.....	47
Seznam obrázků.....	50



## Seznam použitých zkratk

RE	Runway excursion	Vyjetí z dráhy
RWY	Runway	Vzletová a přistávací dráha
VPD	Runway	Vzletová a přistávací dráha
V <sub>1</sub>	Decision speed	Rychlost rozhodnutí
V <sub>2</sub>	Take-off safety speed	Bezpečná rychlost vzletu
V <sub>R</sub>	Rotation speed	Rychlost rotace
CIS	Commonwealth of Independent States	Společenství nezávislých států
FMS	Flight Management System	System řízení letu
ATC	Air Traffic Control	Řízení letového provozu
FAA	Federal Aviation Administration	Federální letecká správa
HOT	Holdover time	Doba působení
SOP	Standard Operational Procedures	Standardní provozní postupy
MCP	Mode Control Panel	Panel ovládaní automatizace
TORA	Take-off run available	Použitelná délka rozjezdu
TODA	Take-off distance available	Použitelná délka vzletu
ASDA	Accelerate-stop distance available	Použitelná délka přerušného vzletu
LDA	Landing distance available	Použitelná délka přistání
ATIS	Automatic Terminal Information Service	Automatická informační služba v koncové řízené oblasti

## 1. Úvod

Tato bakalářská práce je zaměřena na problematiku vyjetí letadel ze vzletové a přistávací dráhy. S neustálým rozvojem letecké dopravy se zvyšuje i její úroveň bezpečnosti. I přes veškerá úsilí všech složek letecké dopravy a zvyšující se úrovní automatizace, se stále stávají nehody a incidenty v komerční dopravě. Proto je potřeba neustále pracovat nad optimalizací a kooperací činností všech účastníků leteckého provozu, zlepšovat již existující opatření a řešení, monitorovat a analyzovat letecký provoz.

Vyjetí ze vzletové a přistávací dráhy je označováno za nejčastější příčinu leteckých nehod v současné době. Ty mají za následek poškození letadla, zničení jeho částí či celé konstrukce, okolních budov a poškození životního prostředí. [1] Naštěstí jsou takové nehody jen zřídka fatální. I přesto, se vyjetí ze vzletové a přistávací dráhy dá považovat za jednu z největších hrozeb pro bezpečnost letecké dopravy. Těmto vyjetím předchází vždy několik příčin a spolupůsobících faktorů, které jsou v této práci rozebírány.

Vyjetí z dráhy je taková situace, při které kola podvozku letadla vyjíždí za boční kraj nebo konec povrchu dráhy. Rozlišujeme hlavně vyjetí letadla za konec dráhy nebo za postranní pás dráhy, ke kterému může dojít jak při vzletu, tak při přistání.

Na začátku práce je uvedena statistika a analýza různých případů vyjetí z drah mezi lety 2009 a 2018. Dále je čtenáři představen rozbor a popis několika leteckých nehod, spojených s vyjetím ze vzletové a přistávací dráhy. V práci jsou také rozebrána již existující opatření a řešení pro zabránění vyjetí z dráhy, a to z pohledu různých účastníků letecké dopravy.

Hlavním zaměřením této práce je důraz na přípravu posádek na let a jejich situační povědomí během letu. Pomocí získaných teoretických a zejména praktických znalostí během studia, jsem popsal průběh přípravy pilotů v podobě briefingů a navrhnul zlepšení metodiky jejich provádění tak, aby posádky byly co nejlépe připraveny na přiblížení a přistání. Zlepšení metodiky provedení briefingů před vzletem a přistáním s důrazem na zabránění vyjetí ze vzletové a přistávací dráhy je jedním z několika možných řešení této problematiky, které již nyní mohou piloti individuálně implementovat do své rutiny s cílem předejít možnému vyjetí letounu z RWY.

## **2. Příčiny a spolupůsobící faktory při vyjetí ze vzletové a přistávací dráhy.**

Zdrojem informací pro danou práci je Aviation Safety Network. Jedná se o soukromou, nezávislou iniciativu, jenž byla založena v roce 1996. Tato databáze obsahuje incidenty a letecké nehody, které se staly s dopravními letouny, a to jak s civilními, tak i vojenskými. Informace z tohoto zdroje jsou založeny na datech ze závěrečných zpráv národních úřadů, bezpečnostních komis, přehledu leteckých nehod od ICAO atd. [2]

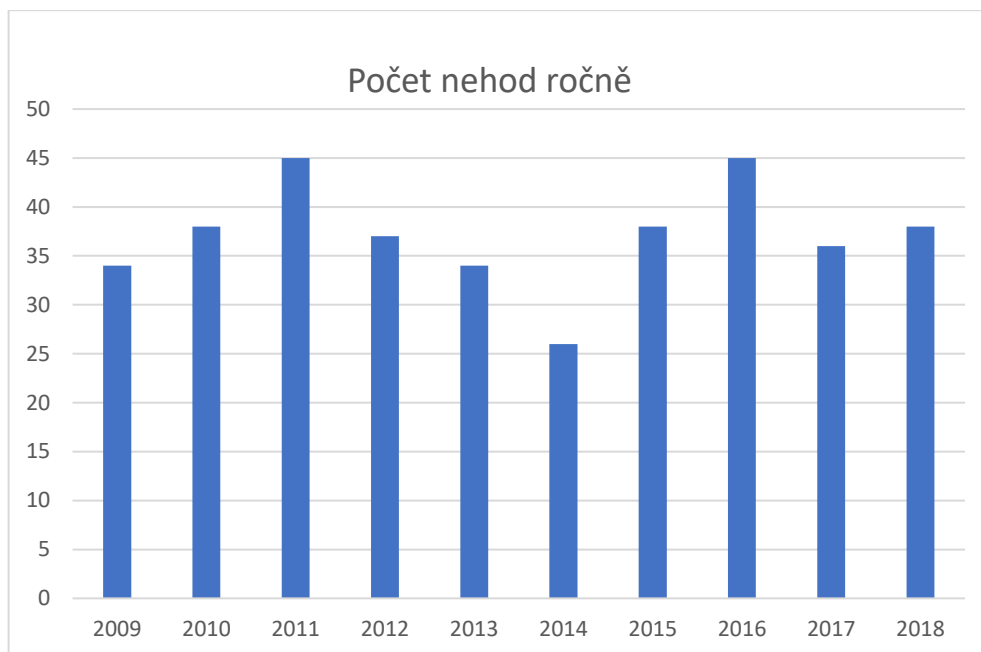
Pro znázornění problematiky jsem zanalyzoval všechny nehody komerčních letů, privátních proudových či turbovrtulových letounů a vojenských transportních letadel, z období 2009-2018, jejichž příčinou bylo vyjetí z dráhy. Nehody byly vyselektovány pomocí funkce vyhledávání na webových stránkách Aviation Safety Network (<https://aviation-safety.net>), a to konkrétně ve veřejné databázi leteckých nehod, kde jsem selektoval nehody označené jako vyjetí ze vzletové a přistávací dráhy. Dále mnou byly manuálně vybrané všechny případy RE (Vyjetí z dráhy) mezi lety 2009 a 2018. Z těchto případů byla vytvořena statistika pomocí grafů, a stanoveny nejčastější příčiny a spolupůsobící faktory.

Podle definice z národního leteckého předpisu L13 o odborném zjišťování příčin leteckých nehod a incidentů, je letecká nehoda taková událost v leteckém provozu, při které došlo ke zranění nebo úmrtí nějaké osoby, poškození nebo zničení letadla, či bylo letadlo označeno jako nezhvěstné [3].

Za vybraných 10 let došlo celkem k 371 případům vyjetím z dráhy. Všechny případy byly klasifikovány jako letecké nehody. Některé vyjetí z dráhy vyšetřovatelé označují jako vážný incident, avšak databáze Aviation Safety Network obsahuje jen nehody.

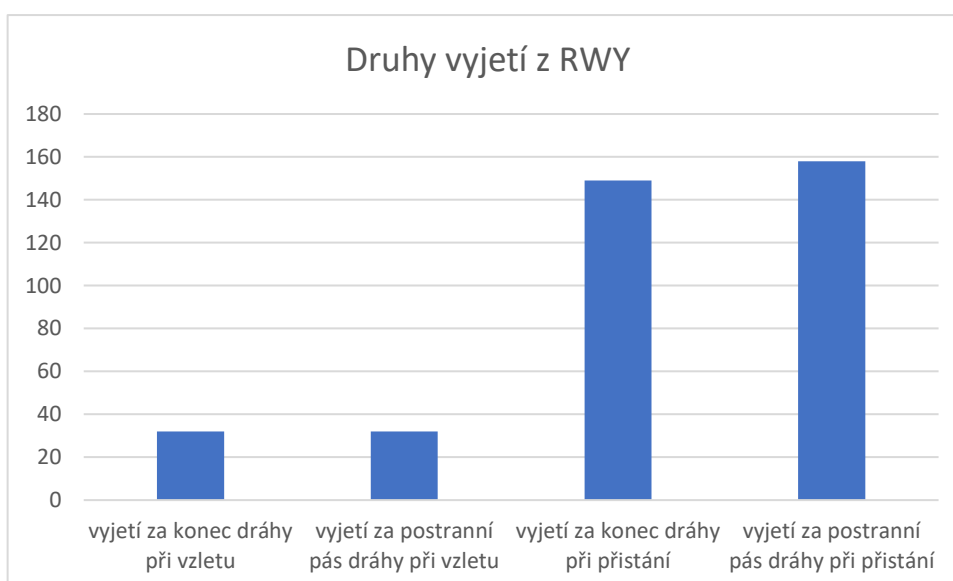
Vážný incident je to incident, jehož okolností naznačují vysokou pravděpodobnost letecké nehody. Rozdíl mezi vážným incidentem a leteckou nehodou je pouze v následcích. [3]

Níže je vyobrazena statistika vyjetí letounů ze vzletové a přistávací dráhy mezi lety 2009 a 2018, založena na podkladech z 371 leteckých nehod.



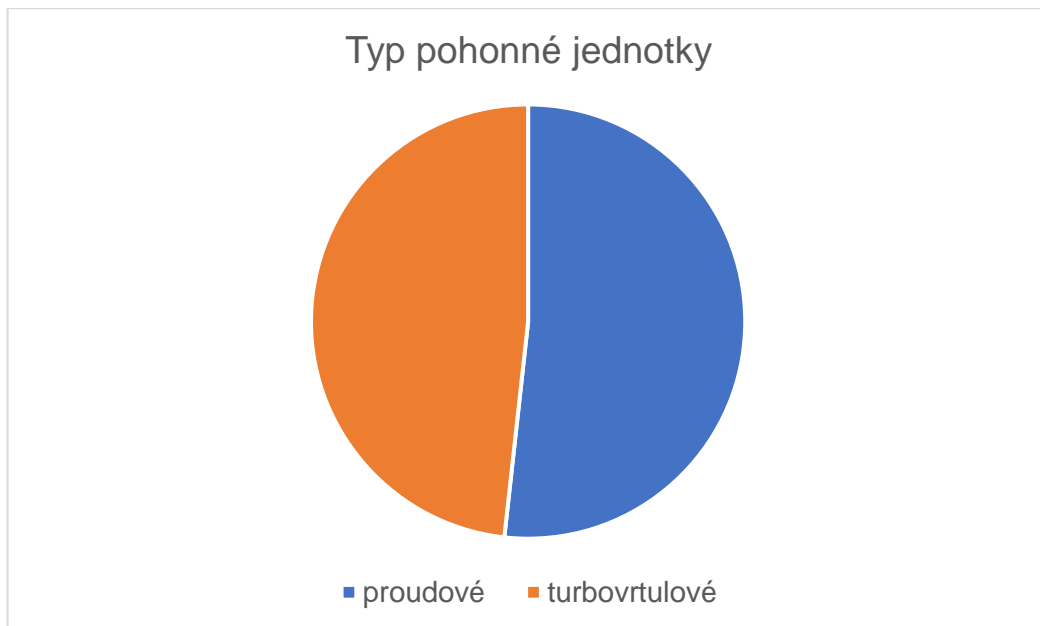
Graf 1 Počet nehod ročně

Z tohoto grafu je vidět, že problém stále zůstává aktuálním. Ve zkoumaném období docházelo průměrně ke 37 nehodám ročně. Nejvíce případů vyjetí ze vzletové a přistávací dráhy se stává při přistání, a to konkrétně za postranní pás RWY (Graf 2).



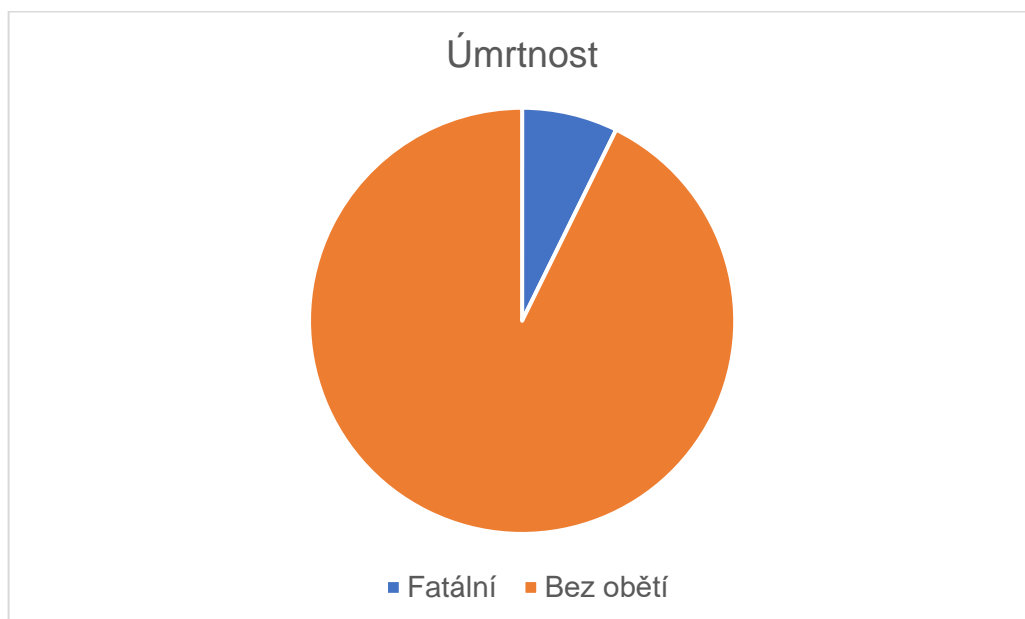
Graf 2 Druhy vyjetí z RWY

Typ pohonné jednotky má jen velmi malý vliv na RE a podíl proudových a turbovrtulových letounů je takřka stejný. (Graf 3)



*Graf 3 Typ pohonné jednotky*

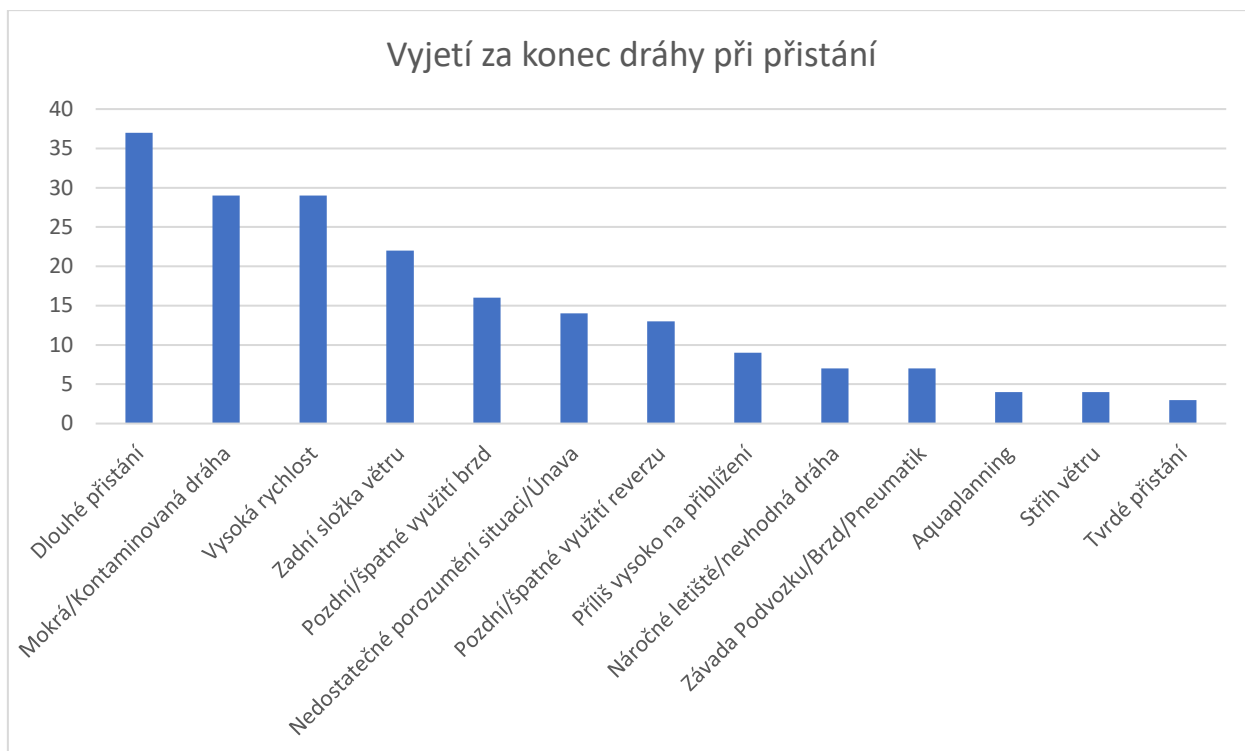
Vyjetí z dráhy má většinou za následek vážné poškození či zničení letadla. Nicméně, v 7 % případů došlo ke ztrátě lidských životů. (Graf 4)



*Graf 4 Úmrtnost*

### 2.1 Vyjetí za konec dráhy při přistání

Přistání je nejnáročnější fází letu, během které dochází k největšímu počtu leteckých nehod a incidentů, příčinou kterých, je také vyjetí z dráhy. Když se podíváme na následující graf, je zjevné, že klíčovou příčinou RE je dlouhé přistání.



*Graf 5 Vyjetí za konec dráhy při přistání*

Avšak, musíme brát v úvahu i spolupůsobící faktory, jakožto mokrá/zasněžená nebo kontaminovaná dráha. Nestabilizované přiblížení bylo v tomto případě rozděleno na vysokou rychlost a větší výšku na konečném úseku přiblížení, jelikož byl letoun většinou usazen v prodloužené ose dráhy, ale měl příliš vysokou rychlost a nacházel se nad sestupovou rovinou, což následně vyžadovalo vyšší rychlost sestupu, během kterého se zvyšovala přístrojová rychlost letadla a jeho rychlost vůči zemi.

Stabilizované přiblížení je takové přiblížení, při kterém je letoun usazený na úseku konečného přiblížení v přistávací konfiguraci, rychlost není vyšší, než  $V_{ref} + 20$  kt, vertikální rychlost není vyšší, než 1000 ft/min (vyjma postupu steep approach) a jenom malé změny kurzu/podélného sklonu jsou potřeba pro udržení správné trajektorie sestupu. Kromě toho, nastavení výkonu motorů odpovídá konfiguraci letadla a pro konečné přiblížení není nižší než minimálně předepsané výrobcem. Za přístrojových meteorologických podmínek by letadlo mělo být stabilizované do výšky 1000 ft nad letištěm a za vizuálních meteorologických podmínek do výšky 500 ft. V opačném případě takové přiblížení musí být přerušeno a je potřeba zahájit postup nezdařeného přiblížení. [4]

V případě, že foukal zadní vítr, letadlo se tak dostávalo na vysokou rychlost vůči zemi a nebylo schopné dosednout v určeném místě RWY. V poměrně velkém počtu nehod, posádka pozdě aktivovala brzdící prostředky, jako klasické brzdy, vzdušné brzdy a zpětný tah motorů.

Pro lepší porozumění čtenáře, je níže uvedeno několik nehod zastupujících každý druh vyjetí z RWY. Nehody byly vybrány ze zkoumaného období mezi lety 2009-2018 a představené níže jen ty, u kterých byla zveřejněna závěrečná zpráva, či byl dostupný popis události a příčiny na webových stránkách Aviation Safety Network (<https://aviation-safety.net>). Dále, mnou byly vyselektovány jen ty nehody, které obsahovaly co nejvíce příčin a spolupůsobících faktorů, uvedených v grafech pro každý druh RE.

### 2.1.1 Nehoda B737 UTair

Dne 01.09.2018 v 02:58 místního času (31.08.2018, 23:58 UTC) se stala letecká nehoda letadla Boeing 737-800 s imatrikulací VQ-BJI, ruské letecké společností UTair. Letadlo letělo pravidelnou linku z Moskvy (Vnukovo, UUWW) do Sochi (Adler, URSS). Při přistání na cílovém letišti za podmínek dešťových přeháněk, stříhu větru a snížené dohlednosti, letadlo vyjelo z dráhy, následně spadlo do řeky a začalo hořet. Na palubě byli 2 členové letové posádky, 4 členové kabinové posádky a 166 cestujících. Z celkového počtu lidí na palubě nikdo nezahynul, ale letoun byl vážně poškozen a rozsáhlé škody vedly k jeho úplnému vyřazení z leteckého provozu. Posádka byla zkušená. Kapitán(51let) měl celkový nálet 13995 hodin a z nich 6391 na letadle Boeing 737, první důstojník(53let) nalétal celkem 12277 hodin, včetně 5147 hodin na Boeingu 737. Letadlo bylo 16 let staré (první let se uskutečnil 30. října 2002) a nemělo žádné závady, které by mohly ovlivnit bezpečnost letu. Letiště v blízkosti ruského města Sochi, je jedním z nejnáročnějších pro vzlet a přistání ve federaci a má dvě dráhy 06/24 a 02/20. Kvůli horskému terénu se vzlet provádí jenom ve směru moře a přistání ze směru moře, tudíž buď na dráhu 06 nebo 02. V okolí letiště se vyskytují bouřky v průměru 100krát ročně, přičemž maximální počet je v srpnu a činí přibližně 20 případů. Více než polovina bouří se vyskytuje v noci mezi 21. a 6. hodinou ráno. Konkrétně v noc nehody se s příchodem studené fronty objevila bouřková činnost v 19:18 31.08.2018 a skončila v 01:25 01.09.2018. Meteorologové zaznamenali 77.5 mm dešťových přeháněk.

Pilotem letícím (PF) byl první důstojník. Ve 23:10 UTC letadlo navázalo spojení s řídicím letového provozu na frekvenci Sochi Approach a potvrdilo informaci ATIS „Y“, která v sobě obsahovala METAR, vydaný ve 23:00.

*URSS 312300Z 08009G14MPS 9000 VCTS -SHRA FEW013 OVC033CB 22/19 Q1013 WS ALL RWY R06/220355 R02/250350 NOSIG RMK R02/08007G12MPS MT OBSC QFE759. [5]*

Mezi 23:15 a 23:50 byly na letišti dešťové přehánky a dohlednost klesla pod 1000 m. Po poslechnutí ATIS „Y“ piloti nastavili režim automatického brždění na MAX a při briefingu zdůraznili silný vítr. Posádka pravidelně dostávala aktuální meteorologickou informaci od řídicího a ve 23:42 dostala povolení pro přistání na dráhu 06. Rychlost na přiblížení ( $V_{app}$ ) byla 156 kt. V průběhu čtení Landing checklist ve 23:43:50 ve výšce 1100 ft, v kokpitu zaznělo

varování Predictive windshear caution: «Monitor radar display». Přiblížení bylo stabilizované, ale ve 23:44:11 v barometrické výšce 850 ft a vzdálenosti 5000 m od prahu dráhy 06 zaznělo varování Predictive Windshear Warning: «Go around. Windshear ahead». I přesto posádka pokračovala v přiblížení. Ve výšce rozhodnutí 627 ft (190 m) PF nevydal pokyny v pokračování přiblížení («CONTINUE») nebo provedení postupu nezdařeného přiblížení («GO AROUND»). Ve 23:45:09 ve výšce 170 ft opět zazněla signalizace «Windshear, Windshear, Windshear». Posádka na to nereagovala a snažila se dohledat zemi, ale krátce poté ve 23:45:19 ve výšce 50 ft kapitán převzal řízení a začal provádět postup nezdařeného přiblížení. V průběhu tohoto manévru měla posádka problémy s připojením autopilota (pravděpodobně kvůli tomu, že kapitán stále přitahoval sloupec řízení). Oba piloti se zabývali tímto problémem a zapomněli převést vztakové klapky z polohy 1 do polohy UP, i když druhý pilot dostal pokyn od kapitána „FLAPS UP“. Dále posádka několikrát měnila režimy nastavení autopilota a rychle se připravovala na druhý pokus o přiblížení. Oba piloti se nacházeli ve stresové situaci, kvůli které nebyli schopni optimálního pracovního výkonu. Letadlo letělo rychleji, než bylo potřeba pro zahájení fáze konečného přiblížení a pokračovalo v režimu LNAV paralelně prodloužené ose dráhy bez zachycení paprsku LOC. Ve vzdálenosti 13 km od letiště zachytil autopilot paprsky horizontálního a vertikálního vedení ILS, na MCP byla nastavena rychlost 157 kt a klapky byly převedeny do polohy 30°, po čemž byl proveden kontrolní seznam úkonů před přistáním. Jako i v případě prvního přiblížení, v průběhu klesání podle ILS v 23:55:51 ve výšce 1100 ft zaznělo varování GPWS: «Monitor radar display» a 5 vteřin poté «Go around. Windshear ahead». Krátce před dosažením výšky 1000 ft byla rychlost IAS o 5 kt menší než  $V_{app}$  a 4 vteřiny po signalizaci o dosažení výšky 1000 ft o 12 kt větší. Podle SOP společnosti takové přiblížení není stabilizované a posádka by měla provést postup nezdařeného přiblížení. Avšak piloti pokračovali v letu a podle záznamu hlasů v kokpitu, ignorovali signalizaci o dosažení výšky 1000 ft nad zemí. Letadlo stále letělo v automatickém režimu, přičemž ve 23:56:40 rychlost klesla o 7 kt pod zadanou rychlost na MCP. Ve 23:56:42 v kokpitu zaznělo varování «Windshear, Windshear, Windshear». Ve výšce 75 ft kapitán odpojil autopilota a automat tahu motorů, přičemž otáčky obou motorů zůstaly zbytečně vysoké pro danou fázi letu a přístrojová rychlost vzrostla do 173 kt. V tu chvíli se letadlo nacházelo v epicentru stříhu větru a jeho rychlost vůči zemi byla 178 kt, z důvodu zadního větru. Kapitán přitáhnul řízení a snažil se zpomalit letadlo pomocí snížení vertikální rychlosti. Letadlo tak přeletělo práh dráhy ve výšce 54 ft, poté plachtilo 14 vteřin nad RWY a dosedlo až ve 23:57:28 ve vzdálenosti 1285 m za prahem dráhy s přístrojovou rychlostí 160 kt a rychlostí vůči zemi 170 kt. Tím pádem větší IAS po odpojení autopilota a automatu tahu a také výrazná zadní složka větru přispěly k pozdnímu dosednutí letadla na dráhu, která byla již mokrá, s reálným koeficientem tření mezi 0.05 a 0.18 (CIS), což bylo výrazněji menší, než koeficient uvedený v ATIS „Y“ 0.5-0.55. Po dosednutí se vysunuly spoilery a začalo automatické brždění, které bylo nastaveno v režimu MAX. Toto



potvrzují slova druhého pilota v čase 23:57:30...23:57:34: «Speedbrake up, Reversers maximum» a «autobrake maximum in use». V reálu ale reverzní tah motorů zapnutý nebyl. Kapitán ho zapnul až 20 vteřin po dosednutí ve vzdálenosti 2690 m od prahu dráhy. Letadlo tak vyjelo z dráhy ve 23:57:54, 26 vteřin po dosednutí, při rychlosti vůči zemi 75 kt a spadlo do řeky Mzymta, po čemž začalo hořet vytékající palivo z poškozené nádrže v levém křídle.



Obrázek 1 Nehoda letu UT 579

Analýza společnosti Boeing ukazuje, že zpomalení letadla bylo kolem  $9 \text{ ft/s}^2$  namísto standardního  $14 \text{ ft/s}^2$  nad rychlostí 80 kt a  $12 \text{ ft/s}^2$  pod touto rychlostí, při použití automatického brždění v režimu MAX. S použitím programu Boeing OPT (Onboard Performance Tool), bylo stanoveno, že při faktickém třecím koeficientu nebylo možné zastavit letadlo na dráze po dosednutí ve vzdálenosti 1300 m od prahu, i kdyby posádka zapnula zpětný tah motorů po dosednutí. Kdyby letadlo dosedlo v rozmezí dotykové zóny (380 m od začátku podrovnání), vyjelo by z dráhy jenom při vypnutém reverzu. Vyšetřovací komise také podotkla, že letová posádka letu UT579 nepodávala optimální pracovní výkon, jelikož z důvodu stresu nemohla komplexně vyhodnotit situaci. Je dosti pravděpodobné, že neoptimální pracovní stav posádky vzniknul z důvodu lišících se podmínek při přiblížení a přistání, od původní přípravy pilotů. [6]

Jak můžeme vidět z popisu vyjetí z RWY letounu B737, povětrnostní podmínky nebyly příznivé a posádka se dopustila několika chyb. Řetězce chyb poté vyústili v nehodu. Když se na případ podíváme podrobněji, můžeme identifikovat několik spolupůsobících faktorů. První patrnou příčinou je mokrá dráha na letišti URSS.

Kontaminované dráhy souvisí s větším rizikem RE. Podle Commission Regulation (EU) No 965/2012 se dráha považuje za kontaminovanou, jestliže je 25 % její povrchu pokryto vodou či mokrým sněhem s hloubkou více jak 3 mm, tvrdým sněhem nebo ledem [7].

V porovnání se suchou dráhou, se na mokré dráze snižuje součinitel tření mezi pneumatikami letounu a povrchem VPD. Kromě toho se na klouzavém povrchu může opozdit protočení kol podvozku, a to ovlivňuje správné fungování systému pro zabránění smyku anti-skid a vysunutí spoilerů. Při přistání na mokrou dráhu se tak zvyšuje pravděpodobnost vyjetí z dráhy o desítinásobek. Dráha, která je pokrytá sněhem, ledem či břečkou, má až čtrnáctkrát vyšší riziko vyjet, v porovnání se suchou RWY. Během několika posledních dekád proběhly výzkumy vlivu textury povrchu přistávací dráhy na brzdné schopnosti letounů, analýzy akvaplaninku pneumatik podvozku a také měření součinitele tření pomocí speciálních vozů a jejich vzájemné souvislosti s třením kol letadla. Bohužel, i přes velké úsilí NASA, USAF, FAA a Spojeného království tento problém stále zůstává aktuálním a řešení je předmětem budoucích výzkumů. [8]

Existuje také možnost, že vzhledem k rychle se měnícímu počasí, se dříve naměřený součinitel tření může lišit od aktuální situace. Z tohoto důvodu se posádka dostává do horších podmínek, než které byly brány v úvahu před přistáním. V případě dané nehody byl reálný koeficient tření značně nižší než uvedený v informaci ATIS, které posádka měla odposlechnutý před zahájením přiblížení.

Piloti také ignorovali postupy společnosti, které nařizují zahájit postup nezdařeného přiblížení v případě varování o stříhu větru. Únava a stres, působící na posádku, zhoršovaly pracovní výkon pilotů, a tak pilot letící nezvládnul udržet rychlost po odpojení automatu tahu motorů. Vysoká rychlost vůči zemi na přistání znamená především zvýšený vztlak, který neumožňuje letounu dosednout v rozmezí dotykové zóny. Zadní složka větru také způsobila vyplavání letounu. Letadlo přistávalo s rychlostí zadní složky větru blízké k limitní hodnotě, a kvůli náhlým změnám rychlosti a směru větru v blízkosti bouřkové činnosti, mohlo tyto hodnoty překročit.

Z důvodu psycho-emocionálního napětí, kapitán zapomněl zapnout zpětný tah motorů po přistání a dvacetivteřinová prodleva v jeho činnosti měla za následek prodlouženou reálnou použitelnou délku přistání.

Včasná a správná použití zpětného tahu motorů je velmi důležité na kluzkých drahách. Reverz je velmi účinná forma brždění na jakémkoliv povrchu dráhy. [1]

Za podmínek velmi náročného přiblížení, ztráty situačního povědomí, špatného stavu dráhy a limitních hodnot větru, by bylo jediným správným rozhodnutím přerušit přiblížení a odmítnout jakoukoliv možnost přistání, dokud by nebylo možné garantovat bezpečnost celého procesu.

### **2.1.2 Nehoda Learjet 35A N22MS**

13. května 2013 letadlo Learjet 35A N22MS vyjelo z přistávací dráhy po přistání na letišti McMinnville Municipal Airport v Oregonu, USA. Letadlo utrpělo značné škody, ale nikdo na palubě nebyl zraněn. Letoun právě prošel údržbou FMS a toto byl jeho jak první let po údržbě, tak i první zpáteční let na domovskou základnu. Podle posádky proběhl let a přiblížení bez problémů. Jakmile se letadlo dotklo přistávací dráhy 22, pilot vysunul spoilery a poté vytáhnul páky reverzního tahu motorů, indikace aktivace reverzů se však nerozsvítila. Posádka zkusila zasunout a znovu vysunout páky reverzu, avšak nic se nezměnilo. Kapitán poté sešlápl pedály pro aktivaci brzd, ale necítil žádnou odpověď. Druhý pilot se o to také pokusil, ale marně. Když se letadlo přiblížilo k prahu dráhy, kapitán se pokusil řídit přední kolo, ale letadlo nereagovalo. Těsně před dosažením konce dráhy posádka zaktivovala nouzové brždění. Nicméně, letoun přešel dráhu a narazil do antény kurzového majáku.

Za pravděpodobnou příčinu byla označena chyba technického personálu, který zapomněl či špatně připojil bezpečnostní spínače podvozku letounu (landing gear squat switches). Tohle mělo za následek nefunkční reverzní tah, brzdy a ovládaní předního kola letounu. Prodleva v činnosti posádky po přistání a pozdní aktivace nouzového brždění, měli také vliv na průběh nehody. [9]

### **2.1.3 Nehoda Cessna 500 Citation I N125DS**

16. března 2014, letoun Cessna 500 Citation I, N125DS, byl značně poškozen po vyjetí z RWY na Zephyrhills Municipal Airport (ZPH) na Floridě. Dva piloti nebyli zraněni. Posádka uvedla, že po přistání na dráze 36 pilot letící začal brzdit, avšak necítil očekávané zpomalení. Pilot se podruhé pokusil zabrzdít a pneumatika hlavního podvozku následně selhala. Letoun vyjel za konec dráhy 36 a zastavil se na štěrkovém povrchu, což mělo za následek strukturální poškození draku. Zkoumání 4954 stop dlouhé dráhy odhalilo, že letoun přistál asi 1400 stop od prahu VPD. Smykové stopy byly viditelné 2962 ft, a k selhání pneumatiky došlo ve vzdálenosti přibližně 3153 stop od místa dosednutí.

Piloti hlásili, že se rozhodli přistát na dráze 36 na základě odposlechnuté předpovědi větru v letové hladině 180, a že nekontrolovali přízemní vítr na letišti. Vítr na letišti v době nehody byl ze 158 stupňů s rychlostí 15 uzlů a v nárazech do 25 uzlů. Letoun tak přistál s výraznou zadní složkou větru, což mělo za následek dotknutí se povrchu dráhy za bodem dotyku, a to při

takové rychlosti, kdy piloti již nebyli schopni zastavit letoun na dráze pomocí normálního brždění.

Příčinou dané nehody je nedostatečné plánování pilotů za letu a špatná volba dráhy 36 pro přistání, což mělo za následek výrazný zadní vítr během přistání, překročení brzdných schopností letounu a následné RE. [10]

#### **2.1.4 Nehoda Cessna 550 Citation II M-AGGY**

11. prosince 2015 byl letoun Cessna 550 Citation II poškozen po vyjetí z dráhy na letišti Oyonnax-Arbent, Francie. Na palubě byli 2 piloti a 4 cestující. Nikdo nebyl zraněn. Letoun odstartoval ze Saint-Brieuc podle letového plánu IFR do Oyonnaxu. Kapitán byl pilotem letícím. Když letoun během klesání přeletěl 5000 ft, druhý pilot oznámil řídicímu zrušení letového plánu IFR. Piloti pokračovali v letu v souladu s pravidly VFR s využitím autopilota. Krátce nato posádka vysunula klapky do polohy 15 stupňů. Druhý pilot pak na letištní frekvenci oznámil, že přelétávají letiště ve výšce 1000 stop a pokračují do polohy po větru na okruhu dráhy 22. Kapitán odpojil autopilota a vyžádal si plné klapky. Během čtvrté zatáčky ve výšce 500 ft, 1.2 NM od prahu dráhy, zaznělo varování EGPWS „Terrain Terrain“ a pak následně „Pull-up, Pull-up“. Dále zaznělo varování EGPWS „Too low flaps“, následovalo oznámení „Two hundred“ a opět „Too low flaps“. Druhý pilot oznámil, že vysouvá spoilery. Varování „Too low flaps“ zaznělo třikrát během podrovnání letounu. Letadlo přistálo krátce před polovinou RWY, poté pilot zabrzdil a aplikoval zpětný tah motorů. Letoun však nezastavil na ranveji a vyjel za práh dráhy.

Stanovené příčiny dané nehody byly posádkou podceněné podmínky přistání na letišti s krátkou přistávací dráhou v horském prostředí; zaměření obou členů posádky na vnější okolí na úkor sledování parametrů letu; nedostatečné provedení kontrolních úkolů před přistáním; nedostatek koordinované a účinné reakce obou pilotů po spuštění alarmů EGPWS „Too low flaps“. [11]

#### **2.2 Vyjetí za postranní pás dráhy při přistání**

Vyjetí za postranní pás dráhy při přistání je nejčastější nehodou při přistání a mezi lety 2009-2018 se stalo 158 takových událostí.



*Graf 6 Vyjetí za postranní pás dráhy při přistání*

Nejvíce nehod se událo na mokrých nebo kontaminovaných drahách. Ztráta směrového řízení je druhou nejčastější příčinou takových vyjetí. Nicméně, se jedná o výsledek tvrdého přistání, nesymetrického tahu motorů po dosednutí či závady na součástech podvozku letounu. Boční složka větru má pravděpodobně vliv průběh přistání a jelikož v mnoha případech posádka nezvládla pilotáž za podmínek silných bočních nárazů větru a nemohla tak udržet letadlo na RWY. Únava a špatné situační povědomí vede k chybám během celého letu a zejména v jeho poslední fázi. Nezřídka se piloti rozhodli podklesat výšku rozhodnutí bez dostačující vizuální reference s dráhou nebo přiblížovací světelnou soustavou ve snaze dostat letoun co nejrychleji na zem. Následně toto rozhodnutí vedlo k dosednutí mimo osu dráhy a ztrátě směrového řízení. Během dlouhého přistání při vysoké rychlosti, kdy bylo již očividné, že letadlo vyjede z dráhy, se piloti snažili stočit stroj do strany, aby se tak vyhnuli anténě kurzového majáku či jiným překážkám. Nestabilizované přiblížení se v tomto případě uvádí především jako velká odchylka od prodloužené osy dráhy, která poté vedla k dosednutí mimo osu RWY či mimo samotnou dráhu. Většina faktorů je tak skoro stejná jako i u vyjetí za konec RWY.

### **2.2.1 Nehoda ATR-72-600 Jet Airways**

7. května 2016 letadlo ATR 72-600, společností Jet Airways utrpělo značné škody při nehodě způsobené vyjetím z dráhy po přistání na letišti Indore v Indii. Posádka získala informaci ATIS přibližně 115 NM od Indore a příletový briefing byl dokončen ve vzdálenosti 100 NM od letiště. Piloti požádali ATC o povolení k sestupu v 19:10, daleko před plánovaným bodem zahájení

klesání, aby se tak letoun vyhnul nepříznivému počasí a turbulenci. Vítr na letišti určený foukal ze 130 stupňů rychlostí 8 kt, z tohoto důvodu se posádka rozhodla pro přiblížení VOR na dráhu 07 přes DME oblouk. V 19:23 posádka oznámila zahájení oblouku. Během konečného přiblížení piloti požádali informaci o větru a ATC informoval posádku, že vítr fouká ze 320 stupňů, rychlostí 12 uzlů. Posádka také viděla výrazný zadní vítr na jejich primárním letovém displeji (PFD) a rozhodla o přerušení přiblížení. ATC poté povolilo letadlo pro přiblížení ILS na dráhu 25. Letadlo odletělo na vzdálenost 15 NM od letiště, aby se vyhnulo nepříznivému počasí, před nalétnutím kurzového majáku. V 19:37 se letoun stabilizoval na přibližovacím kurzu a byl informován ATC o mírném dešti v oblasti letiště. V 19:38 byl povolen na přistání s hlášenými větry 13 uzlů ze 160°. Ve výšce 600 ft posádka odpojila autopilota. Po přistání se letadlo začalo stáčet doprava. Velitel letounu se pokusil řídit letadlo pomocí směrového kormidla, aby jej stočil doleva. Letadlo se však stáčelo nadměrně doleva. I přes úplné vychýlení směrového kormidla doprava, vyjel letoun za levý postranní pás RWY a poškodil světelná návěstidla.

Za pravděpodobnou příčinu nehody byla označena nesprávná technika přistání za podmínek bočního větru a nevyužití řízení příďového kola nebo diferenciálního brzdění po snížení účinnosti směrového kormidla v důsledku klesající rychlosti. K vyjetí z dráhy také přispěl její stav. [12]

### **2.2.2 Nehoda A330 Turkish Airlines**

Dne 04.03.2015 v 01:59UTC se stala letecká nehoda s Airbusem A330-300 TC-JOC letecké společnosti Turkish Airlines, na letišti Tribhuvan v Kathmandu, Nepal. Letadlo letělo pravidelnou linku z Istanbulu do Kathmandu. Na palubě byli 2 piloti, 9 členů kabinové posádky a 224 cestujících. 55letý kapitán měl nálet 14942 h a z toho 1456 na A330, avšak na letiště Tribhuvan letěl poprvé. 47letý první důstojník nalétal 7659 hodin a 1269 na A330. Oba piloti prošli speciálním výcvikem RNAV/RNP KTM na simulátoru. Podle písemných, a slovních výpovědí posádky, letadlo bylo v den letu a v jeho průběhu bez závad. Toto potvrzují i údaje, které byly získané později z letových zapisovačů ani ne rok starého letadla. V 00:17 letadlo navázalo první kontakt se stanoviskem Kathmandu approach a oznámilo vyčkávání nad městem Parsa ve hladině 270. Kathmandu Approach oznámilo, že dohlednost na letišti je 100 metrů a letiště je zavřené. Kvůli turbulenci, posádka letounu vyžádala vyčkávání nad městem ve hladině 210, což bylo schváleno. V 01:05 se dohlednost zvýšila na 1000 m a letadlu bylo povoleno RNP AR přiblížení na dráhu 02. V 01:27 letadlo provedlo postup nezdařeného přiblížení z důvodu nedostatku vizuální reference s dráhou. V 01:43 se piloti otázali na frekvenci Kathmandu approach na aktuální povětrnostní podmínky na letišti. Na což jim bylo oznámeno, že dohlednost je 3000 m, 1000 m jihovýchodním směrem a mraky FEW 1000 ft,

SCT 2000 ft a BKN 10000 ft. Posádka se rozhodla pokusit o druhé přiblížení. V průběhu druhého přiblížení RNP AR 02 v 01:57 se řídicí letového provozu dotázal pilotů, zda vidí dráhu. Posádka odpověděla, že dráhu nevidí, ale i přesto bude pokračovat v přiblížení. V tu chvíli se letadlo nacházelo ve výšce 880 ft AGL. Podle výpovědí svědků a záznamů z CCTV kamer, se dohlednost mezi prvním a druhým přiblížením letu TK 726 zhoršila na téměř nulovou. Letiště bylo pokryté mlhou. Když byl letoun ve výšce 783 ft AGL, posádka se zeptala řídicího, zda funguje přibližovací světelná soustava, na což dostali kladnou odpověď. Do výšky 14 ft AGL letělo letadlo v automatickém režimu s využitím dvou autopilotů. Přistání bylo tvrdé, s vertikálním přetížením 2.7G z důvodů nedostatečného podrovnání (v moment dosednutí podélný sklon letadla činil +1.8 stupňů, což je menší, než normální podélný sklon pro podrovnání při přistání Airbusu 330). Letadlo dosedlo výrazně vlevo od osy a jeho levá podvozková noha byla na nezpevněné části RWY. Následně celý letoun vyjel z dráhy doleva na travnatý povrch a zastavil mezi pojíždějícími dráhami D a C. Z celkového počtu lidí na palubě nikdo nezahynul. Letadlo bylo vážně poškozeno a vyřazeno z provozu. Po nehodě za sebou letoun nechal zničená světelná návěstidla a znaky.



*Obrázek 2 Nehoda letu TK 726*

V průběhu vyšetřování se také zjistilo, že na letišti byl posunutý práh dráhy, a nové souřadnice obsahovaly chybu, který byla zadána do navigační databáze palubního počítače pro přiblížení RNAV (RNP) RWY02, a posunutý práh dráhy se tak nacházel 26 m vlevo od její skutečné osy. Z čehož vyplývá, že letadlo původně letělo 26 m vlevo od prodloužené osy dráhy. V 01:58:30 letadlo dosáhlo výšky rozhodnutí, na co PF odpověděl „continue until 300 ft“, což mohlo značit, že pilot nemá vizuální referenci se světelnou soustavou nebo přímo s dráhou, a hodlá

pokračovat pod minima s nadějí, že dráhu uvidí. 5 vteřin před dosednutím PF oznámil „appearing“, což znamenalo, že se dráha objevuje teprve v ten okamžik. I přesto, že v databázi FMS byly jiné souřadnice prahu dráhy, v DA by posádka stejně měla dráhu vidět i za lepších meteorologických podmínek. Kdyby piloti měli vizuální referenci s dráhou nebo přibližovací soustavou světél, mohli by tak vrátit letadlo zpět do osy RWY. [13]

Na rozdíl od jiných vyjetí za postranní pás dráhy, je hlavní příčinou této nehody rozhodnutí velitele letounu přistát bez dostačujících vizuálních referencí pro pokračování v přiblížení. Posádka tak nemohla kontrolovat letovou trajektorii a polohu letadla, a spoléhala jen na automatické řízení do výšky 14 stop podle radiovýškoměru. V malé výšce nad zemí již nešlo provést korekci pro zabránění přistání vlevo od RWY. Avšak stále bylo možné provést postup nezdařeného přiblížení.

Po tvrdém přistání posádka ztratila směrové řízení nad letounem, a to vzhledem k různému typu povrchů pod koly podvozku (levá podvozková noha se nacházela na nezpevněné části RWY).

### **2.2.3 Nehoda A320 Cebu Pacific Air**

2. června 2013 letadlo Airbus A320 vyjelo z dráhy na mezinárodním letišti Davao City-Francisco Bangoy (DVO), na Filipínách. Let Cebu Pacific Air 5J-971 byl vnitrostátní linkou z Manily (MNL) do Davao City. Letoun přistál na dráze 23 v místě zhruba 30 m před vyznačeným bodem přistání, cca 190 m od prahu. Letadlo přistálo na pravé polovině RWY velmi blízko okrajových světél dráhy, a pokračovalo k pravému okraji přistávací dráhy. Následně asi 129 m od bodu dotyku vyjel z přistávací dráhy pravý hlavní podvozek, následovaný předovým a levým hlavním podvozkem asi 511 m od místa dosednutí. Se všemi koly podvozku na měkkém terénu ujel letoun ještě zhruba 330 m s náznakem pokusu o návrat na přistávací dráhu, a na okamžik přešel přes betonovou pojezdovou dráhu parkovací rampy, než se úplně zastavil na travnaté ploše před a v blízkosti přistávací dráhy, zhruba 845 m od bodu dosednutí.

Jako primární příčina nehody byla označena neschopnost kapitána letounu, jako pilota letícího, zajistit stabilizované nepřesné přiblížení v noci, za podmínek silných přeháněk. Pilot pravděpodobně zažíval zúženou pozornost kvůli obavám z toho, že si byl akutně vědom obtíží, které ho čekají (špatné počasí). K situaci nepřispěl ani fakt, že pilot na zmíněném letišti nepřistával celé tři měsíce, a tak ve stresem ovlivněné chvíli nebyl již schopen věnovat dostatek pozornosti postupu nezdařeného přiblížení. Přispívajícím faktorem bylo taktéž nepříznivé počasí, které velkou měrou ovlivnilo úsudek a rozhodování PIC. Dalším spolupůsobícím faktorem byla absence osových návěstidel. Kapitán vnímal postranní dráhová návěstidla jako osu dráhy. Přispělo také nedodržení CRM v kokpitu, kdy během přiblížení docházelo k výpadkům, opomenutím a protichůdným slovům. Nedostatečné sledování letu



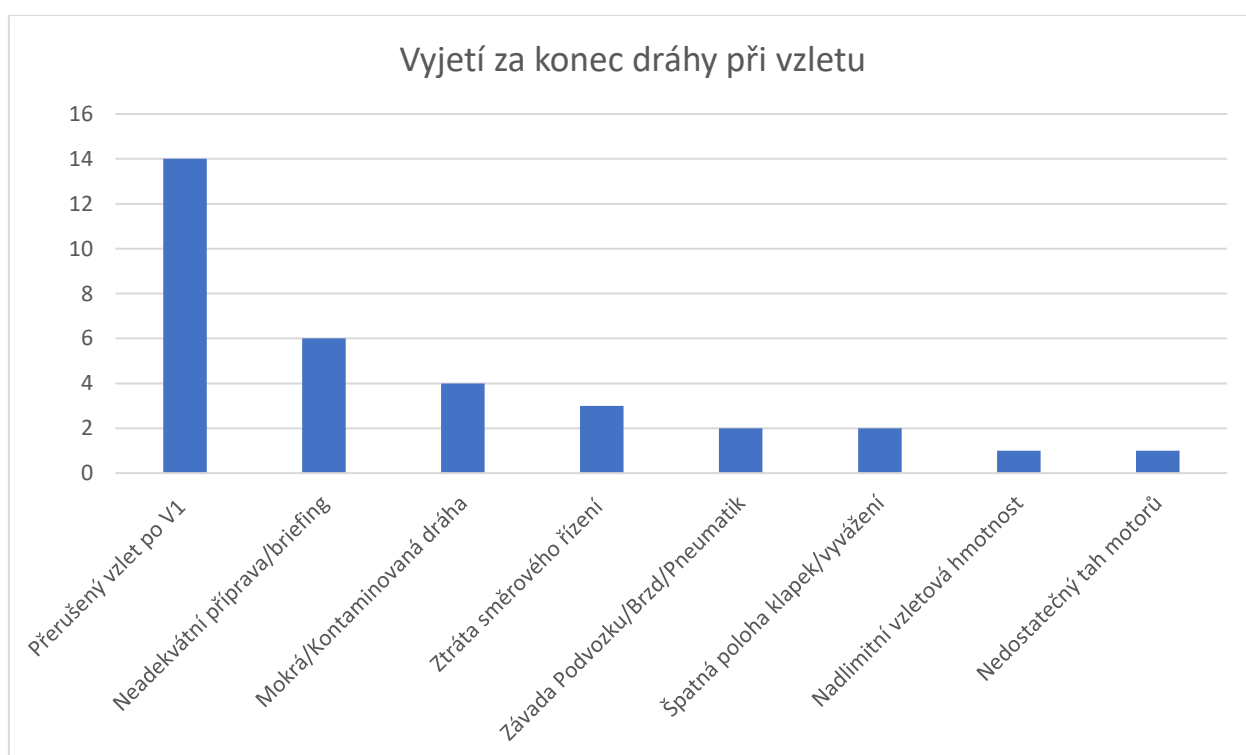
řídícím letového provozu a nedostatek nácviku nezdařených přiblížení ve společnosti měli na nehodě svůj podíl. [14]

### 2.2.4 Nehoda Learjet 60 N500SW

7. června 2012 Learjet 60 vyjel z dráhy po přistání na letišti Aspen-Pitkin County Airport. Příčinou nehody byla neschopnost prvního důstojníka udržet dostatečnou rychlost letu a překročení kritického úhlu náběhu letounu při konečné fázi přiblížení za známých podmínek nízkoúrovňového stříhu větru, což mělo za následek aerodynamický pád letounu. K nehodě přispělo i to, že první důstojník nezahájil postup nezdařeného přiblížení, když mu bylo přikázáno, a kapitán nepodnikl žádné nápravné kroky, poté co si uvědomil, že přiblížení je nestabilizované.

### 2.3 Vyjetí za konec dráhy při vzletu

Ve fázi vzletu došlo celkem k 64 nehodám, polovina z nich se stala při vyjetí letadla za konec RWY. Nejčastější příčinou je tak přerušovaný vzlet po rychlosti  $V_1$ , kdy před sebou letoun neměl vhodnou délku dráhy pro bezpečné zastavení.



Graf 7 Vyjetí za konec dráhy při vzletu

Ve většině případů posádka neprováděla před letové kontroly ani důsledný briefing. Piloti tak nevěděli, že letoun má zablokované řízení, poškozené brzdy či jinou závadu. Špatně nastavená poloha vztlakových klapek či vyvážení, nadlimitní nebo nevypočítaná vzletová hmotnost vedly k tomu, že se letoun nemohl odlepit od dráhy. Většinou posádka neměla tušení

o žádném problému až do rychlosti  $V_R$ . Jelikož tato rychlost je stejná nebo vyšší než rychlost  $V_1$ , nebylo již poté možné letoun bezpečně zastavit na dráze. V ojedinělých případech došlo i ke ztrátě lidských životů.

### 2.3.1 Nehoda Gulfstream G-IV N121JM

31. května 2014 letadlo Gulfstream G-IV bylo zničeno při nehodě při vzletu na Bedford-Hanscom Field (BED), USA. Při nehodě zahynuli všichni čtyři cestující a tři členové posádky. Během nastartování motoru letová posádka zapomněla vypnout systém Gust Lock, který blokuje pohyby výškového kormidla, křidélek a směrového kormidla letadla, díky kterému je letoun chráněn před poryvy větru, zatímco je zaparkován. Před zahájením rozjezdu navíc piloti neprovedli kontrolu volnosti řízení, díky které by zjistili, že orgány řízení jsou uzamčeny. Zkoumání letových zapisovačů odhalilo, že piloti neprováděli kompletní kontrolu řízení před 98 % z předchozích 175 vzletů, což naznačuje, že toto opomenutí nebylo vzácností. Mechanické propojení mezi rukojetí systému Gust Lock a pákami plynu omezuje pohyb pák plynu, když je rukojeť systému v poloze ON (zapnuto). Podle Gulfstreamu měl propojovací mechanismus omezit pohyb plynových pák na úhel ne větší než 6 stupňů během provozu se zapnutým systémem. Zkoušky po nehodě na devíti letounech G-IV v provozu však zjistily, že s rukojetí Gust Locku v poloze ON byl pohyb páky plynu, kterého bylo možné dosáhnout na G-IV, 3x až 4x větší, než zamýšlený úhel o 6°. Během startu z dráhy 11 na Bedford-Hanscom Field, která je 2137 m dlouhá, velící pilot (PIC) ručně posunul páky plynu dopředu, ale tlakový poměr motorů (EPR) nedosáhl očekávané hodnoty kvůli tomu, že se plynové paku dotýkaly rukojeti Gust Locku. PIC vzlet okamžitě nepřerušil, ale namísto toho zapojil automatické řízení tahu motorů a plynové páky se tak mírně posunuly dopředu, což umožnilo motorům dosáhnout hodnoty EPR, která se blížila (ale nedosáhla) cílovému nastavení. V průběhu rozjezdu, druhý pilot provedl standardní kontroly vzletových rychlostí, když letadlo postupně dosáhlo rychlosti 80 uzlů, rychlosti  $V_1$  a rychlosti rotace. Když se PIC pokusil přitáhnout řízení, zjistil, že knipl je zablokovaný a prohlásil „řízení je zablokované“. V tomto okamžiku velitel letounu jasně pochopil, že řízení bylo uzamčeno, ale přesto okamžitě nezahájil brzdění. Kdyby letová posádka zahájila přerušovaný vzlet v době první zmínky kapitána o zablokovaném řízení nebo kdykoli až do 11 sekund po této poznámce, mohlo být letadlo zastaveno na pevném povrchu. Letová posádka však zdržela brzdění asi o 10 sekund a dále zpozdila snížení výkonu o 4 sekundy. Přerušovaný vzlet byl proto zahájen až poté, co byla nehoda nevyhnutelná. Letadlo tak nezastavilo na ranveji a pokračovalo do bezpečnostního prostoru ranveje a následně do trávy, kde zastavilo asi 1 850 stop od konce dráhy. Požár po havárii pohltil většinu letadla.

Národní rada pro bezpečnost dopravy Spojených států amerických stanovila, že pravděpodobnou příčinou této nehody bylo chyba členů letové posádky při provádění kontroly

řízení letu před vzletem, jejich pokus vzlétnout se zapnutým systémem Gust Lock a jejich opožděné provedení přerušeno vzletu poté, co si uvědomili, že řízení je uzamčeno. K nehodě přispělo nedodržování kontrolních úkolů ze strany letové posádky, skutečnost, že společnost Gulfstream Aerospace Corporation nezajistila, aby zapnutý systém Gust Lock na G-IV zabránil pokusu o vzlet, a že Federální úřad pro letectví USA tuto nedostatečnost nezjistil během certifikace letounu G-IV. [15]

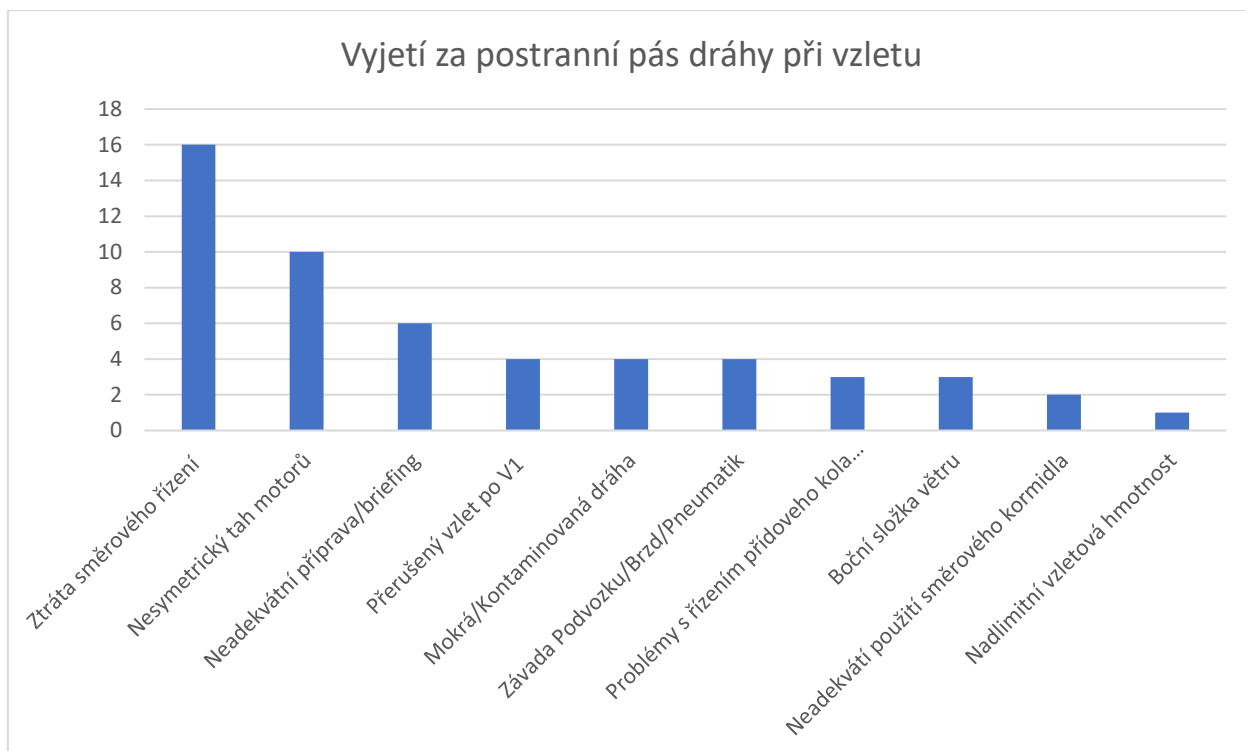
### **2.3.2 Nehoda DC-3-65TP N834TP**

4. února 2009 se letoun Turbo DC-3 srazil s terénem při startu z Mojave, Kalifornie. Certifikovaný letový instruktor (CFI) a pilot-student nebyli zraněni. Letadlo utrpělo značné poškození trupu a křídel. Student prováděl vzlet. Během rozjezdu na dráze 30 se letadlo začalo stáčet doprava a student vychýlil směrové kormidlo doleva, aby zůstal na ose RWY. CFI během zatáčení přizpůsobil levý plyn tak, aby zabránil stáčení doleva. Ocasní kolo se odlepilo od země při rychlosti 80 uzlů a letadlo zahulo doprava. Instruktor použil směrové kormidlo ve snaze zastavit zatáčení a unášení z RWY. Když bylo zřejmé, že letoun opustí pevný povrch dráhy, piloti nesnížili plyn ani nezabzdili, protože měli pocit, že by bylo bezpečnější pokusit se dostat do vzduchu. Letadlo při vyjetí zpomalilo. Letadlo přišlo o podvozkové nohy a levý motor. Provozovatel letadla uvedl, že pilot-student při předvzletových kontrolách nechtěně nastavil vyvážení směrového kormidla do pravé polohy, když nastavoval polohu pedálů. Směrové kormidlo bylo úplně vychýleno a ve stejné poloze nalezeno při prohlídce po nehodě.

Příčinou nehody bylo, že student špatně provedl kontrolní úkony před vzletem a nastavil směrové kormidlo do takové polohy, která vedla ke ztrátě směrového řízení během rozjezdu. K nehodě přispěl i nedostatečný dohled letového instruktora a opožděná nápravná opatření. [16]

### **2.4 Vyjetí za postranní pás dráhy při vzletu**

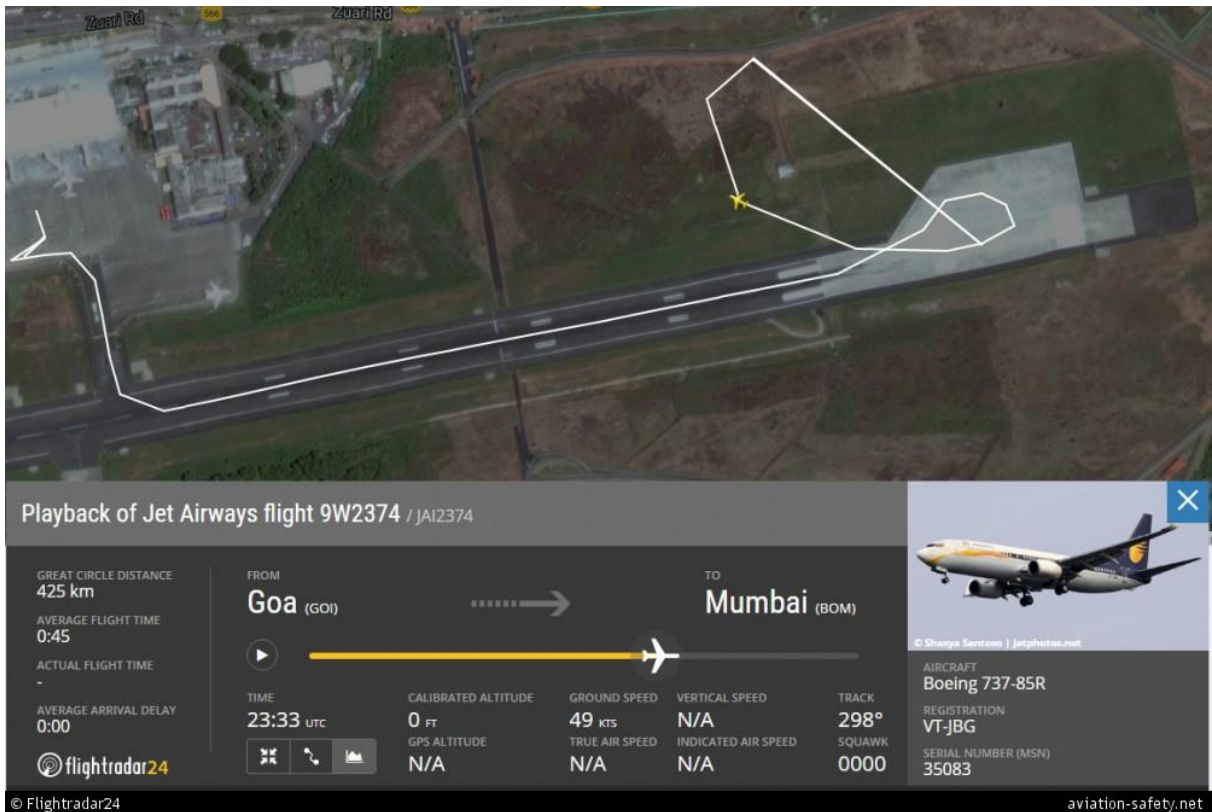
Ztráta směrového řízení je nejčastější příčinou takových nehod. Jako i v případě vyjetí za konec dráhy, k tomu vede také neadekvátní příprava posádky na let. Chybějící kontrola otáček motorů na začátku rozjezdu často vede k nesymetrickému tahu motorů a následným potížím udržet letoun na ose RWY. Ukázalo se také, že někteří piloti nezvládají rozjezd a vzlet s bočním větrem.



*Graf 8 Vyjetí za postranní pás dráhy při vzletu*

#### **2.4.1 Nehoda B738 VT-JBG**

Dne 27.12.2016 na letišti v Indickém městě Goa vyjelo z dráhy při vzletu letadlo typu Boeing 737-800. Letoun měl letět pravidelnou linku do města Mumbai. Na palubě byli dva piloti, 5 palubních průvodčích a 154 cestujících. 36 letý kapitán měl nalétáno 491 hodin na typu Boeing 737, na který absolvoval přeškolení z původně turbovrtulového ATR. 33 letý první důstojník byl v momentě nehody držitelem licence CPL s celkovým náletem 723 h, z toho 472 h na B737. Posádka dorazila na letiště ve 22:20UTC, bezproblémově prošla před letovou lékařskou prohlídkou a po briefingu pokračovala k letadlu. Piloti dostali pokyny od ATC vstoupit na dráhu 26 a otočit se o 180 stupňů na jejím konci. Ve 23:33 letoun byl povolen ke vzletu. Vítr byl variabilní s rychlostí 6 kt. Po přečtení Before Take-off checklistu, začali piloti posouvat plynové páky dopředu pro zvýšení tahu motorů. Po posunutí připustí nad 40 %, kapitán stlačil tlačítka TOGA. Jakmile byla TOGA aktivována, začalo letadlo ujíždět doprava. Kapitán reagoval konstantním vyšlápnutím levého pedálu, bržděním a otáčením přídového podvozku. Po cca 10-12 vteřinách letoun vyjel doprava z RWY na nezpevněný povrch a zastavil 219 m od kraje dráhy.



Obrázek 3 Nehoda B738 VT-JBG

Vyšetřování ukázalo, že kapitán nestabilizoval otáčky motorů na požadovanou hodnotu N1 40 %, a stlačil TOGA při hodnotách 27 % N1 motoru č.1 a 24 % N1 motoru č.2. Následně se otáčky levého motorů zvýšily na vyšší hodnotu, než otáčky pravého. I přesto, že kapitán vychýlil směrové kormidlo doleva a kontinuálně brzdil levým pedálem, letoun začal točit doprava v důsledku asymetrického tahu motorů. Maximální rozdíl mezi otáčkami N1 obou motorů činil 47 %. Podle vyšetřovatelů, přeškolení kapitána na Boeing 737NG z turbovrtulového letadla neobsahovalo nezbytné aspekty výcviku, jako například nutnost stabilizace otáček motorů před aktivací TOGA, účinnost směrového kormidla při menších rychlostech atd. Mimo jiné, postup přerušného vzletu nebyl zahájen dostatečně včas a v souladu s příručkou společnosti, aby tak pomohl nehodě zabránit. [17]

Nesymetrický tah motorů výrazně zhoršil možnost směrového řízení letounu. Velitel letadla nezvládnul řízení a dopustil vyjetí z dráhy. Nedostatečná asertivita druhého pilota a pozdní reakce kapitána na rychle se vyvíjející situaci neumožnila udržet letadlo bezpečně na dráze, či ho zastavit úplně.

Posunutí plynových pák do polohy pro vzletový režim a při nesymetrickém tahu motorů na nízké rychlosti, může mít za následek výrazný rozdíl mezi hodnotami výkonu při vysokých rychlostech. Z tohoto důvodu piloti musí monitorovat růst parametrů motorů při přidání výkonu. Obvykle by posádky proudových letadel měli přidat otáčky lehce nad volnoběh, nechat motory

stabilizovat a následně poté posouvat plynové páky na hodnoty vzletového režimu. Zvláště nebezpečným je nesymetrický tah motorů na kluzkých drahách. [1]

#### **2.4.2 Nehoda Saab 340B Flybe**

02. ledna 2015 Saab 340B, provádějící let BE6821 z letiště Stornoway (SYU) do Glasgow (GLA), vyjel za postranní pás dráhy při vzletu. V 08:32 hodin byl G-LGNL povolen vstup a vzlet z dráhy 18 na letišti Stornoway. Řídicí letového provozu oznámil posádce vítr u země, který foukal z 270° s rychlostí 27 kt. Velitel sdělil druhému pilotovi, že se jedná o boční vítr bez zadní složky. Zatímco letadlo najíždělo na RWY, druhý pilot použil téměř plnou výchylku křidélek směrem doprava v souladu s bočním větrem taktéž zprava. Kapitán řekl druhému pilotovi „Charlie, 100, strong crosswind form the right“. Velitel posunul plynové páky dopředu, druhý pilot řekl „autocoarsen high“ a krouticí momenty motoru se zvýšily symetricky. Velitel přikázal druhému pilotovi, aby nastavil vzletový režim motorů, na což první důstojník odpověděl „apr armed“. Přibližně jednu sekundu poté se krouticí momenty motorů začaly symetricky zvyšovat až dosáhly 100 %, zatímco letadlo zrychlilo do 70 kt. Během počáteční fáze vzletu byla použita výchylka směrového kormidla doleva a letadlo udržovalo přibližně konstantní směr rozjezdu. Když letadlo pokračovalo v akceleraci, směrové kormidlo bylo centralizováno, po čemž došlo k malé změně směru rozjezdu doleva, poté doprava, a nakonec znovu rychle doleva, což způsobilo, že se letadlo odklonilo nalevo od osy dráhy. Pilot vychýlil směrovku doprava. I přesto, že se před letadla otočila doprava, trajektorie rozjezdu letadla se nezměnila a stroj vyjel doleva na trávu při přístrojové rychlosti 80 kt. Když letadlo přešlo nepoužívanou přistávací dráhu a vrátilo se zpět na trávu, plynové páky zůstaly v poloze pro vzletový režim. V tuto chvíli se předový podvozek zlomil a následně se letadlo zastavilo přibližně 38 m vlevo od okraje dráhy a 250 m od místa, kde poprvé opustilo zpevněnou plochu.

Technika směrového řízení letadla na dráze, spočívá v použití směrového kormidla podporovaného řízením předového kola (NWS) při nízkých rychlostech, protože směrovka má menší účinnost pod rychlostí 40 Kt. Se zvyšováním účinnosti směrového kormidla nad rychlost 40 kt, se řízení předového kola postupně zeslabuje a je velice pravděpodobně, že při 60 kt již nebude vyžadována žádná pomoc tohoto systému. Jestliže tedy pilot uvolní ovládací prvek řízení, nedojde k žádné změně kroku ve směru NWS. Během tohoto pokusu o vzlet bylo směrové kormidlo v přibližně neutrální poloze, a to od rychlosti 40 kt, kdy by se po jejím dosažení stalo účinným. Směrové řízení bylo pravděpodobně udržováno pouze prostřednictvím NWS. Pokud by bylo použito směrové kormidlo, došlo by ke snížení úsilí na NWS při jakékoli rychlosti, a proto by při uvolnění řízení NWS došlo ke snížené pravděpodobnosti změny směru rozjezdu letounu. Avšak z důvodu nedostatku dat zobrazujících příkazy NWS, nebylo bohužel tyto úvahy možno ověřit. [18]

### 3. Stávající stav opatření z pohledu různých účastníků leteckého provozu

Na provozu letecké dopravy se podílí vícero složek, jimiž jsou letiště, řízení letového provozu, provozovatelé letadlové techniky, výrobce letadlové techniky, mezinárodní a národní úřady či ministerstva. Účinná spolupráce všech těchto složek minimalizuje rizika a zvyšuje úroveň bezpečnosti, což je hlavním cílem letecké dopravy. Těchto pět složek aktivně pracuje na snížení možných rizik vyjetí letounů z dráhy. V této kapitole jsou rozebrána již implementovaná opatření.

#### 3.1 Letiště

Na letišti cesta letounů začíná i končí. Proto je velmi důležité vybudovat takové podmínky provozu, které by zajistily plynulost a bezpečnost všech manévřů letadel na letišti a v jeho blízkosti.

V současné době je na většině mezinárodních letišť zaveden systém SMS – Safety Management System. Jde o formální obchodní přístup k řízení bezpečnostních rizik. Zahrnuje systematické postupy, praxi a politiku řízení bezpečnosti, a to včetně řízení bezpečnostních rizik, bezpečnostní politiky, zajištění bezpečnosti a podpory bezpečnosti. Tento systém poskytuje proaktivní, systematickou a integrovanou metodu řízení bezpečnosti, za pomoci provozovatelů letišť. Důležité jsou pro SMS formální postupy řízení bezpečnostních rizik, které poskytují analýzu rizik a jejich hodnocení. Aplikace systematického, aktivního a dobře definovaného bezpečnostního programu, jak je pro SMS vlastní, umožňuje organizaci poskytovat produkt nebo službu tak, aby bylo možné udržet realistickou a zároveň účinnou rovnováhu mezi bezpečností a produkcí. Předpovídaný růst letecké dopravy bude vyžadovat nová opatření a větší úsilí od všech účastníků leteckého provozu, včetně provozovatelů letišť, s cílem dosáhnout trvalého zvyšování úrovně bezpečnosti. Používání SMS na letištích může přispět k větší pravděpodobnosti toho, že provozovatelé letišť budou moci identifikovat a napravovat bezpečnostní problémy před jejich vyústěním v podobě letecké nehody nebo incidentu. [19]

Pro adekvátní hodnocení aktuální meteorologické situace na letišti, využívají posádky službu METAR. Jde o zkratku pro Aerodrome Meteorological Report – letištní meteorologická zpráva. Podle Annexu 3 ICAO jsou zprávy METAR vydávány pravidelně v hodinových či půlhodinových intervalech. Jsou platné v době vydání, která se označuje na začátku zprávy.

**METAR LKPR 301700Z 26011KT CAVOK 21/10 Q1010 NOSIG RMK REG QNH 1009=**

*Obrázek 4 Zpráva METAR*

Struktura tohoto hlášení je následující: čtyřpísmenný ICAO kód letiště, datum (den) a čas vydání zprávy, směr a rychlost větru, dohlednost, oblačnost, teplota a rosný bod, tlak, předpověď, poznámky.

Z těchto zpráv posádka může určit zejména směr a rychlost přízemního větru pro plánování podmínek vzletu či přistání, zejména při výrazných bočních nebo zadních složkách větru. Zároveň se v METARu udává i stav vzletových a přistávacích drah. Díky čemuž poté pilot může posoudit, zda je možné bezpečně provést vzlet či přistání a jakou výkonnost bude letoun mít. Jestliže dochází k výrazné změně počasí, vydává se na letišti zpráva SPECI, která má stejné pořadí a kódování jako METAR. Obě tyto zprávy se pocházejí z meteorologických stanic umístěných nejčastěji na letištích a posádka je může dostat při briefingu nebo pomocí služby ATIS – Automatická informační služba v koncové řízené oblasti.

Na velkých mezinárodních letištích je také potřeba měřit součinitel tření na kontaminovaných drahách. Informace o aktuálním stavu dráhy je důležitá pro výpočty potřebných délek pro vzlet a přistání letounů. Provozovatelé letišť používají speciálně vybavené automobily pro měření součinitele tření na dráze, avšak jak již bylo zmíněno v paragrafu 2.1.1, měření není stále dokonalé a může se výrazně lišit od reálného součinitele tření letounu, a to obzvláště při rychle se měnícím počasí. Kromě toho, měření stavu dráhy není celosvětově vhodně standardizováno. Mezinárodní organizace pro civilní letectví ale plánuje zlepšení hodnocení stavu dráhy na základě návrhu TALPA ARC (Takeoff and Landing Performance Assessment Aviation Rulemaking Committee). Tento návrh zahrnuje nové normy hodnocení stavu povrchu dráhy a také korelaci tohoto stavu RWY a výkonnostních parametrů letounu na přistání.

### **3.2 Řízení letového provozu**

Směr a rychlost přízemního větru je velice důležitou hodnotou pro výkonnostní parametry letounů. Zadní složka větru vede ke zvýšení rychlosti letounu vůči zemi, což má za následek prodloužení potřebné délky pro vzlet či přistání, zatímco boční vítr může zkomplikovat ovládání letadla v blízkosti země a na dráze. Posádky tak dostávají aktuální informaci o vanoucím větru na letišti i od řídicích letového provozu. Rychlost se udává v závislosti na státu buďto v uzlech, nebo metrech za vteřinu.

Zobrazení informací o rychlosti větru ATC na větších letištích obvykle umožňuje přinejmenším hlášení o „průměrném větru“ - které se aktualizuje každou minutu během dvouminutového intervalu – a „okamžitým větru“ - hodnotu v přesném čase. Tato hodnota se obvykle používá pouze tam, kde převládají vysoké rychlosti větru a s nimi spojené větší kolísání rychlosti a směru. Iniciovat takovéto „kontroly větru“ může ATC, nebo o tuto akci může požádat letová posádka. Stanoviště Věž má na většině mezinárodních a velkých domácích letištích digitální zobrazení rychlosti větru, která může být specifická pro sensorové místo nebo integrována z



několika míst a může ukazovat výběr trendových a extrémních dat. Menší letiště většinou nemají duální a vykreslená grafická zobrazení, ze kterých lze odvodit požadované informace. Na rozdíl od meteorologických zpráv a map, se směr větru hlášený příslušným stanovištěm ATC během konečného přiblížení, těsně před či během vzletu, udává ve stupních magnetických. [20]

Kromě toho, v souladu s ICAO Doc 4444, pokud řídicí letového provozu disponuje údaji o složkách větru, je povinen oznámit letové posádce aktuální směr a rychlost větru v případě výrazné změny čelní složky větru o 10 kt, zadní složky větru o 2 kt a boční složky větru o 5 kt. [21]

Pomocí radarů může příslušné stanoviště ŘLP stanovit, zda je letadlo stabilizované na konečném úseku přiblížení. Monitorování průběhu přiblížení letounu je velmi důležité z pohledu zabránění vyjetí letounu z dráhy. Avšak z důvodu hustšího provozu může řídicí požádat posádku o vyšší či nižší rychlost na přiblížení. Změna rychlosti by ale neměla přesáhnout hodnotu 20 kt na úseku středního a konečného přiblížení. Žádost o úpravu rychlosti by neměla být předávána letadlům ve vzdálenosti kratší, než 4 NM od prahu dráhy. [21]

Optimální vektorování a zabránění zbytečnému zkrácení cesty letadel, také přispívá k příznivým podmínkám pro stabilizované přiblížení.

### **3.3 Úřady**

Regulace provozu na mezinárodní a národní úrovni je zásadní z bezpečnostního hlediska. V České republice platí letecké předpisy, které vycházejí z příloh (anexů) či dokumentů ICAO. Z pohledu problematiky vyjetí letadla z dráhy jsou pro nás zejména důležité národní předpisy L14(Letiště), L4444(Postupy pro letové navigační služby) a L8168 (Provoz letadel).

Podle předpisu L14 na letištích může být zřízena dojezdová dráha pro bezpečné zastavení letadla v případě přerušeno vzletu. Tato dráha má stejnou šířku jako RWY, na kterou navazuje. Zřízení dojezdové dráhy na letišti prodlužuje použitelnou délku přerušeno vzletu. Koncové bezpečnostní plochy (RESA) slouží k tomu, aby minimalizovaly poškození letounu v případě jeho předčasného dosednutí či vyjetí z dráhy. Pás dráhy (runway strip) je určený pro snížení hrozícího nebezpečí pro letoun v případě jeho vyjetí z dráhy a zajištění bezpečného průletu letadla nad ním. V neposlední řadě se předpis zmiňuje o možnosti zřízení zádržného systému na letišti, který by sloužil pro zpomalení letadla po vyjetí z dráhy. [22]

Mimo jiné v listopadu 2005 Mezinárodní organizace pro civilní letectví (ICAO), doplnila Annex 14, Volume I (Airport Design and Operations) o povinnost členských států zřídit systém SMS na certifikovaných mezinárodních letištích. Americká agentura pro civilní letectví (FAA) také

podporuje harmonizaci mezinárodních norem a pracuje na zvýšení bezpečnosti letectví v USA pomocí předpisů v souladu s normami ICAO a doporučenými postupy. Agentura má v úmyslu implementovat používání SMS na letištích v USA tak, aby splnily normy ICAO. [19]

Podle předpisu L8168 o provozu letadel, maximální sestupový gradient na konečném přiblížení činí 6,5 %. Tento gradient umožňuje posádkám zpomalit letadlo na rychlost konečného přiblížení a stabilizovat letoun pro bezpečné přiblížení a přistání. Rychlost klesání v postupech „reversal“ a „racetrack“ je také omezená, což znamená, že neumožňuje letadlům za normálních podmínek překročit stanovené hodnoty jak přístrojové, tak i vertikální rychlosti, a následně destabilizovat přiblížení. Úsek středního přiblížení je zřízen jako součást přiblížovací trati z důvodu, aby letadlo mohlo upravit rychlost a konfiguraci pro konečné přiblížení. Pro tyto účely je gradient klesání v tomto úseku co nejnižší. [23]

### **3.4 Výrobce letounů**

Výrobce letadlové techniky mají programy pro udržování a zlepšení úrovně bezpečnosti a spolupracují při vyšetření nehod. Provádějí své výzkumy a hodnocení aktuální problematiky vyjetí letadel z dráhy. S využitím moderních aplikací a neustálého monitorování parametrů letů jimi vyrobených letounů, navrhují světové koncerny také svá řešení a kroky k zabránění nehod.

Národní rada pro bezpečnost dopravy Spojených států amerických již v roce 2011 doporučovala FAA aktivně sledovat vývoj letadel a technologií v letectví, aby, jakmile se technologie stanou dostupnými, se ihned mohlo postoupit k jejich implementaci a zabránilo se tak nehodám souvisejících s výjezdem z dráhy. [24]

Jeden z největších výrobců civilních letadel ve světě, evropský koncern Airbus, zavedl systém pro zabránění vyjetí letadla z dráhy pro některé své letouny – Runway Overrun Prevention System (ROPS). Součástí ROPS jsou dvě pod-funkce: Runway Overrun Warning (ROW) a Runway Overrun Protection (ROP). Funkce ROW generuje výstrahy, které varují letovou posádku, aby provedla postup nezdařeného přiblížení, zatímco funkce ROP generuje výstrahy, které nabádají letovou posádku k použití dostupných brzdících prostředků. ROPS nepřetržitě vypočítává, zda je letadlo schopno bezpečně zastavit na zbývající délce dráhy. Pokud systém v kterémkoli okamžiku zjistí, že existuje riziko vyjetí z RWY, jsou generována varování v pilotním prostoru, která posádce pomohou, při jejím rozhodování. Systém má přístup k parametrům, které ovlivňují brzdnu dráhu letadla, jako například: poloha letounu, typ letounu a motorů, aktuální hmotnost, rychlost vůči zemi, teplota okolního vzduchu, poloha klapek a slotů, práva vzdušná rychlost, směr a síla větru a poloha těžiště. Systém využívá databázi vzletových a přistávacích drah, zdrojem této databáze je systém varování před blízkostí terénu (TAWS) nebo palubní letištní navigační systém (OANS). [24]

ROW se aktivuje ve výšce 500 stop nad zemí a zůstává aktivní během krátkého finále, podrovnání a přistání až do přechodu na ROP. U letadel Airbus A380, A330 a A320 ROW nepřetržitě počítá dvě brzdné dráhy, brzdnu dráhu na suché dráze a brzdnu dráhu na mokré dráze. Pokud je brzdná dráha na mokré dráze v nějaký okamžik větší, než je použitelná délka dráhy pro přistání, systém spustí oranžovou zprávu na primárním letovém displeji „IF WET: RWY TOO SHORT“. Pokud je brzdná dráha na suché dráze v nějaký okamžik větší, než je použitelná délka dráhy pro přistání, systém spustí červenou zprávu na primárním letovém displeji „RWY TOO SHORT“ a pod výškou 200 stop zvukovou zprávu „RUNWAY TOO SHORT“. [24]



Obrázek 5 Runway Overrun Warning

Na Airbus A350 má letová posádka na přístrojové desce ovladač pro výběr stavu dráhy. Předpokládaná brzdná dráha ROW je tedy založena na stavu dráhy zvolené posádkou, a proto jsou výstrahy ROW „RWY TOO SHORT“ přímo odpovídající výběru letové posádky. Při uvedení do provozu A350 jsou pro výběr pilota k dispozici stavy dráhy DRY (suchá) a WET (mokrá). Plánuje se také rozšíření na dráhy kontaminované. [24]

ROP se aktivuje na zemi po přechodu z ROW a zůstává aktivní až do rychlosti pro pojíždění. ROP používá údaje o aktuálním zpomalení a charakteristiky letadla pro určení místa, kde může letadlo bezpečně zastavit na dráze. Pokud ROP zjistí riziko vyjetí z dráhy, spustí se zvuková a vizuální výstraha. Na PFD se zobrazí červené vizuální upozornění „MAX BRAKING, MAX REVERSE“. Zvukové výstrahy jsou upřednostňovány následujícím způsobem: zvuková výstraha „BRAKING, MAX. BRAKING, MAX. BRAKING“ se spustí, dokud pilot nezačne brzdit

pomocí pedálů, a poté se ozve zvuková výstraha „SET MAX REVERSE“, pokud nebude aplikován maximální zpětný tah motorů. Pokud riziko RE stále trvá i při 70 kt, spustí se zvuková výstraha „KEEP MAX REVERSE“, která upozorní letovou posádku, aby i nadále udržovala maximální zpětný tah. ROP je reverzibilní a výstrahy se zruší, jestliže již neexistuje riziko RE. U letadel Airbus A380 a A350, pokud je zapojen režim automatického brzdění, ROP automaticky použije maximální brzdění v případě nebezpečí překročení dráhy. U Airbus A380 a A350 je ROPS integrován do systémů řízení letu a navigace, a tak poskytuje pilotům neustále aktualizovaný obrázek kde se letadlo zastaví na dráze za podmínek WET nebo DRY (nebo v případě A350 již zvolený stav dráhy), v reálném čase na navigačním displeji. Systém ROPS byl certifikován pro letoun A380 v roce 2009, rodinu letadel A320 v 2013, A350 v 2014 a A330 v 2015. [24]

### **3.5 Provozovatelé letecké techniky**

Provozovatelé letadel, tedy letecké společnosti, mají zájem o bezpečný a ekonomický provoz své flotily. Dosažením správné rovnováhy mezi těmito dvěma klíčovými požadavky letecké dopravy, se dá vybudovat rychle vyvíjející se podnik. Většina leteckých společností má standardní operační postupy (Standard Operating Procedures). Přísné dodržování SOP pomáhá posádce efektivně řešit standardní, nestandardní a nouzové situace a udržovat situační povědomí. Tyto postupy vycházejí z požadavků výrobce letounu, jeho provozovatele a národních a mezinárodních úřadů. Standardizace postupů je zejména důležitá ve společnostech s moderní flotilou letadel. SOP zahrnují rozdělení povinností posádky, metodiku provádění přípravy k letu, samotný let, postupy po letu, provádění listů kontrolních úkonů, standardní hlášení (např. nastavení výškoměrů, tlaku, aktivace úseku v palubním počítači) a tak dále.

Mimo jiné, také provozovatelé letadel, kteří vedou svou činnost v souladu s Air Operations (Nařízení Komise (EU) č. 965/2012), musí provádět výpočet a hodnocení potřebné délky dráhy pro přistání, s využitím informací z příručky letecké společnosti. Tyto výpočty se provádějí před zahájením sestupu z letové hladiny a jsou určeny k tomu, aby se posádka ujistila, zda je použitelná délka přistání na letišti určená dostatečnou pro konkrétní letoun, a to za určitých meteorologických či provozních podmínek na letišti. V Air Operations je vyžadován standardní bezpečnostní faktor, který by měl být na tyto výpočty aplikován (v souladu s GM1 CAT.POL.A.230 přistávací hmotnost letadla musí být taková, aby umožnila přistání na 60 % nebo 70 % použitelné délky pro přistání na nejvhodnější dráze na letišti). Někteří komerční provozovatelé také samy zavedly bezpečnostní marže, které jsou vyjádřeny jako pevné zvýšení délky nebo procentuální zvýšení skutečné požadované délky pro přistání. Tyto bezpečnostní faktory se aplikují na „hrubé“ délky pro přistání podle příručky letounu. Použití

takových faktorů se velice doporučuje Leteckým bezpečnostním ústavem NLR (Netherlands Aerospace Centre) jako kompenzace při nestandardním přistání, jako jsou například dlouhé přistání, příliš rychlé přistání apod. Informace o použitelných délkách pro přistání v provozní příručce obvykle nejsou certifikovány a mají pouze informativní charakter. Navíc tyto informace nejsou vždy poskytovány v provozních příručkách letadel, a to zejména u výkonnějších proudových letounů. Tím pádem má posádka k dispozici jen údaje z certifikované příručky letounu, které nejsou aplikovatelné pro všechna přistání a obsahují jenom standardní bezpečnostní faktory (1,67 pro proudové letadla a 1,43 pro turbovrtulové). Z toho důvodu se doporučuje, aby provozovatelé vždy prováděli reálné výpočty výkonnostních parametrů letadla před přistáním a také používali své bezpečnostní faktory. [1]

Výcvikové programy společností, jsou také důležité z hlediska připravenosti pilotů na provoz v nepříznivých povětrnostních podmínkách, či na náročných letištích. Tyto programy umožňují odhalit problémy a nedostatky v bezpečnostních programech společnosti. Navíc zvyšují znalostní úroveň posádek, a připravují je na nestandardní situace v reálném provozu. V mnoha případech vyjetí z dráhy posádka také porušovala SOP společnosti. Zavedení přísnějších výcvikových standardů by přispělo ke snížení počtů případů takových nedodržení SOP a zlepšilo celkovou bezpečnostní úroveň ve společnosti.

V osnovách výcviku leteckých společností by mělo být zdůrazněno, že po přistání by piloti neměli provádět následující úkony bez prodlevy: potlačení přídí letounu k zemi, aplikace spoilerů, použití zpětného tahu, a použití vhodného brzdění (např. automatického brzdění nebo ručního brzdění). Navíc, pokud zpomalení letounu nedosáhlo očekávané hodnoty, piloti by měli nejdříve využít vyšší režim automatického brzdění před tím, než začnou brzdit manuálně. [1]

Bezpečnostní kultura provozovatele také hraje významnou roli v organizaci a provádění letů společností. Bohužel, v současné době jsou známé případy, kdy provozovatelé pasivně (a občas také aktivně) nutí posádky porušovat limity, stanovené provozní příručkou. K tomu dochází zejména při přistání letadel. Postup nezdařeného přiblížení a let na záložní letiště může být pro společnost poměrně nákladné, a to hlavně kvůli zajištění odbavení letadla, nákladům na palivo a služby pro cestující. Proto některé společnosti nepodporují lety na záložní letiště a nezděka se uchylují i k finančním sankcím směrem k pilotům.

#### **4. Opatření k zabránění vyjetí letadel z dráhy.**

V předchozí kapitole byla rozebrána existující opatření z pohledu různých účastníků leteckého provozu. Nedílnou součástí každého letu podle přístrojů, je i briefing posádky. Tato kapitola se zabývá briefingem pilotů, a to konkrétně před vzletem a přistáním. Pro návrh zlepšení stávajících briefingů je důležité rozebrat již existující model přípravy letových posádek na celý let a také jeho konkrétní části. V každé společnosti se postup briefingu letové posádky může lišit, avšak osnova zůstává více či méně stejná. V důsledku nedostatku veřejných materiálů s obsahem briefingu posádek konkrétních leteckých společností, byly níže uvedené části briefingů čerpány z letové praxe autora, a to konkrétně z fáze výcviku létání podle přístrojů na jednomotorových a dvoumotorových letounech.

##### **4.1 Analýza briefingů pilotů s ohledem na hodnocení rizika vyjetí z dráhy**

V letectví je jako briefing označována instruktáž posádky před určitou fází letu, s cílem probrat všechny důležité aspekty letu, včetně známých či předpokládaných nebezpečí. Briefingy rozlišujeme na předletové, které se provádějí obvykle mimo letadlo, „departure“ briefing (briefing pro odlet) a „approach“ briefing (příletový briefing). Výsledkem briefingu je dobré situační povědomí posádky a její připravenost efektivně řešit standardní a nouzové situace. Briefing tak přispívá ke snížení počtu nehod a incidentů v leteckém provozu.

###### **4.1.1 Předletový briefing**

Předletový briefing se většinou provádí mimo letadlo, na začátku letového dne. Posádka dohledává potřebné údaje pro let, případně pro několik letů, které analyzuje a následně zdůrazňuje klíčové aspekty či případná omezení. Zdrojem informací pro briefing slouží speciální webové stránky, jako například portál hydrometeorologického ústavu příslušného státu, letecké informační příručky, letový plán a dostupné navigační a synoptické mapy. Ve větších leteckých společnostech si posádka může stáhnout již připravenou předletovou informaci, vytvořenou příslušným oddělením společnosti.

Obvykle briefing začíná rozborem počasí, a to s využitím dostupných meteorologických informací, jakožto, například, snímky ze satelitů, publikované předpovědi počasí, mapy význačného počasí (Significant Weather Chart), synoptické mapy pro zvolenou oblast provozu a aktuální údaje o počasí na letištích odletu, určení a záložních letišť. Jak je možno vidět ze statistiky a popisů vybraných nehod v kapitole 2., aktuální povětrnostní podmínky byly klíčovým spolupůsobícím faktorem vyjetí letounů z dráhy, a nezdá se, že piloti nebyli připraveni ke vzletu nebo přistání za stávajících meteorologických podmínek. Při briefingu posádka většinou stručně shrnuje obecný stav počasí, jakožto přítomnost studených či teplých front v blízkosti letiště, bouřková činnost, stíh větru a nízké mraky. Kromě aktuálního počasí se posádka dívá

i na předpovědi ve tvaru TAF nebo synoptických map. Z popisů nehod je také vidět, že se však ne vždy probírá stav vzletové a přistávací dráhy a přízemní vítr. Avšak stav dráhy, se musí brát v úvahu při výpočtu výkonnostních parametrů letadla: porovnání dostupných a potřebných délek dráhy pro vzlet/přistání s ohledem na hmotnost letounu, určení vzletových rychlostí a jeho konfigurace. Ve všeobecném letectví tyto výpočty provádějí sami piloti pomocí příručky letounu či aplikací, využívaných v konkrétní letecké společnosti. Na větších letadlech, například typu Boeing 737, posádka používá aplikace výrobce pro stanovení potřebných délek a rychlostí  $V_1$ ,  $V_r$  a  $V_2$ . Tyto výpočty se obvykle provádějí v kokpitu letounu při přípravě k letu.

Dále se probírají zprávy NOTAM a jiné provozní omezení letiště a letadla. Oznámení pro pilota (NOTAMs) poskytují posádkám důležité informace, které mohou mít přímý vliv na bezpečnost letu (např. navigační zařízení mimo provoz, změna směřování odletů, omezení vzdušného prostoru, probíhající práce na pojezdových drahách a /nebo RWY, překážky, překážky způsobené člověkem, sopečná činnost atd.). Pokrytí NOTAM může být národní, regionální, specifické pro jednu trasu nebo specifické pro dané letiště. NOTAM zprávy obvykle neobsahují podrobná vysvětlení a grafiku. V důsledku toho může být interpretace NOTAM zpráv někdy obtížná. Každý pilot by proto měl přezkoumat použitelné NOTAM zprávy pro vzlet a odlet a diskutovat o jejich možných dopadech na provoz s ostatními členy posádky. Pokud jsou pochybnosti o obsahu nebo interpretaci NOTAMu, měli by se piloti obrátit na dispečink společnosti. [25] Nezřídka na letištích dochází ke zkrácení použitelných délek dráhy v důsledku stavebních prací. Tyto změny jsou publikované právě ve zprávách NOTAM. Na větších letištích ale těchto zpráv může být poměrně velké množství a posádka může na změny TORA, TODA, ASDA a LDA po přečtení zapomenout.

Dále následuje výpočet hmotnosti letounu a polohy jeho těžiště. U větších letadel je většinou předpokládána hmotnost zohledněná v operačním letovém plánu pro výpočet paliva. Avšak, rozložení nákladů a cestujících se může změnit v průběhu přípravy letounu ke vzletu, proto posádka kontroluje finální verzi nákladního listu a tabulku/schéma vyvážení, včetně všech změn, uskutečněných na poslední chvíli (Last Minute Changes). Vytvořením těchto podkladů se zabývá speciální služba, která dbá na to, aby všechny hodnoty byly v limitech. Díky této spolupráci je velice malá pravděpodobnost, že dojde k překročení některých limitů. Ve všeobecném letectví se ale těmito výpočty zabývá přímo pilot daného letadla. Výrobce letounu poskytuje údaje pro tyto výpočty v letové příručce (Aircraft Flight Manual). Úkolem pilota je tedy správně vypočítat vzletovou hmotnost letadla a polohu těžiště. Tyto výpočty se provádějí buď pomocí tabulek nebo grafů. Jako i u větších letadel, je velice důležité zkontrolovat finální rozložení nákladu a cestujících a porovnat je s maximální možnou hmotností letounu.

Poté posádka vypočítává a kontroluje potřebnou délku pro rozjezd, vzlet a délku přerušného vzletu. Na větších dopravních a privátních letounech se tyto výpočty provádějí pomocí speciální aplikace, kterou většinou vydává výrobce letounu, jako například Boeing On-Board Performance Tool, a to před departure briefingem, viz. 4.1.2. Na letounech GA výrobce poskytuje potřebné tabulky/grafy v sekci 5 „Performance“ letové příručky pro výpočet výkonnosti letadla pro vzlet a přistání. Pilot tak před každým letem provádí výpočty a při briefingu probírá výsledky s ostatními členy letové posádky. Výsledky se musí porovnat s dostupnými délkami na letišti vzletu, které jsou publikované pro piloty v letové informační příručce příslušného státu. Na jednopilotních letounech občas dochází k vyjetí při vzletu v důsledku špatně vypočítaných délek TORA a ASDA pilotem a absenci kontroly před vzletem. Je proto velmi důležité zkontrolovat výsledky výpočtů, zvláště při maximálním naložení letadla, mokré či kontaminované dráze a při větších kladných odchylek teploty od mezinárodní standardní atmosféry.

V neposlední řadě, piloti kontrolují doklady od letounu a seznam minimálního vybavení (MEL).

#### **4.1.2 Departure briefing**

Briefing před vzletem posádka provádí těsně před zahájením pojiždění, po přípravě letounu k letu. Součástí briefingu je rozbor normálních a nouzových postupů. Obvykle tento briefing provádí pilot letící. S využitím moderních aplikací, jako On-Board Performance Tool, posádky velkých dopravních letounů vypočítávají potřebné délky pro vzlet, s ohledem na stav dráhy, místo startu letounu a jeho aktuální vzletovou hmotnost. Stanovují také křižovatku pro zahájení rozjezdu letadla. Vypočítávají se také i rychlosti  $V_1$ ,  $V_R$  a  $V_2$ . Tyto rychlosti pak posádka zadává do FMS a MCP. Na začátku briefingu se probírají standardní postupy a úkony během vzletu. S ohledem na mapy standardních přístrojových odletů (SID) a letové povolení od řídicího letového provozu, piloti stanovují odletový kurz letadla, povolenou výšku počátečního stoupání, převodní výšku, rychlostní a výškové omezení, trať letadla po vzletu, rozdělení rolí v posádce a stanovují úroveň automatizace. Poté piloti ještě jednou probírají zprávy NOTAM, které přímo ovlivňují pojiždění, vzlet a počáteční stoupání letadla.

V neposlední řadě se probírají hrozby, které mohou ovlivnit průběh vzletu letadla. Klade se důraz na význačné meteorologické jevy, jako střih větru, mlha, bouřková činnost, proměnlivý vítr. Dalšími možnými hrozbami jsou také střet s ptákem, výrazně se měnící výška terénu v okolí letiště. Možná omezení letounů se také probírají v sekci departure během briefingu, a to například omezený gradient stoupání, protihlukové postupy, či jiná závada, která může ovlivnit bezpečnost letu.



Departure briefing obvykle trvá kolem 3 minut. Je poměrně stručný, avšak zlepšuje situační povědomí pilotů, výrazně zvyšuje spolupráci posádky a připravuje ji na činnost v případě nouzové situace.

Po rozboru nehod, způsobených vyjetím letounu z dráhy při vzletu, se dá předpokládat, že posádky ne vždy prováděly kvalitní departure briefinky. Zejména, na jednopilotních letounech se pilot zaměřoval jen na trať odletu a správně nastavené parametry letadla pro stoupání. Avšak, kontrola vzletových rychlostí, hmotnosti a dostupných délek dráhy neprobíhala kvalitně či vůbec.

#### **4.1.3 Approach briefing**

Na rozdíl od předletového a departure briefing, se approach briefing provádí až za letu a jeho kvalita může být výrazněji ovlivněna psychologickým a emocionálním stavem pilotů než výše popsané briefinky. Tento briefing se provádí před zahájením sestupu z letové hladiny a jeho účelem je připravit posádku na přiblížení a přistání, a také pomoci pilotům při kontrole nastavených parametrů přiblížení a přistání.

Stejně jako u ostatních briefingů, i approach briefing začíná rozbohem počasí na letišti určení. Údaje o počasí jsou čerpané především z informace ATIS. Pro objektivní představu, letová posádka používá také zprávy TAF, synoptické mapy z předletového briefing, či jiné zdroje. Za zmínku stojí i význačné jevy počasí a stav dráhy. V situaci, kdy se počasí mění náhle a nejde ho hodnotit objektivně, hraje roli zkušenost posádky či její aktuální psychický stav. Celková představa o vlivu počasí na přistání letadla může být ovlivněna snahou pilotů co nejdříve se dostat na zem nebo obavami z postupu nezdařeného přiblížení. Občas také piloti podceňují reálný stav počasí z důvodu tlaku ze strany jejich letecké společnosti.

Dále se kontroluje trať letounu s porovnáním údajů z mapy standardních přístrojových příletů (STAR), mapy přiblížení podle přístrojů (IAC) a zadané trati v palubním počítači letounu či jiném navigačním vybavení. Z pohledu zkoumané problematiky, nemívá tato část briefingů zásadní vliv na vyjetí z dráhy. Avšak, ve zkoumaném období se odehrálo několik nehod, příčinou kterých bylo nestabilizované vizuální přiblížení, viz. 2.1.4. Ne vždy byla posádka připravena bezpečně provést vizuální přiblížení, jelikož byla původně připravena na přístrojové přiblížení nebo podcenila přípravu vizuálního přiblížení. Mimo jiné, u několika nehod posádka nebyla připravena provést postup nezdařeného přiblížení. Součástí rozboru mapy přiblížení podle přístrojů je také rozbor postupů pro nezdařené přiblížení a nezdařené přiblížení se ztrátou komunikaci s řídicím. Občas však tuto část piloti podceňují a neprovádějí důslednou přípravu.

Důležitým aspektem approach briefingů je také výpočet a kontrola výkonnostních parametrů letounu na přistání. To zahrnuje kontrolu potřebné délky pro přistání, rychlosti  $V_{REF}$  (pádová rychlost letounu v přistávací konfiguraci o násobku 1.3, které by letoun měl dosáhnout ve výšce 50 ft nad prahem dráhy, viz. výpočet podle CS 25.125), přistávací konfigurace letadla a využití brzdících prostředků. Tyto výpočty posádka provádí pomocí speciálních aplikací, již zmíněných v paragrafu 4.1.2, nebo pomocí grafů či tabulek, poskytnutých výrobcem letadla. Výkonnostní charakteristiky letadla zaleží na jeho přistávací hmotnosti, kterou posádka vypočítává s ohledem na spotřebu paliva. Tyto výpočty jsou zejména důležité z pohledu zabránění vyjetí letounů z dráhy. Špatně vypočítaná délka dráhy pro přistání představuje nebezpečí pro letový provoz a zvyšuje riziko RE. Většinou posádka počítá LDA a výkonnostní parametry letounu správně, avšak ne vždy bere v úvahu následující možné změny počasí v průběhu klesání a přiblížení, které tuto výkonnost přímo ovlivňují.

## **4.2 Návrh zlepšení metodiky briefingů posádek pro zabránění vyjetí z dráhy**

Po rozboru nehod, způsobených vyjetím z dráhy, se dá předpokládat, že posádka většinou ani neměla představu o hrozícím vyjetí z dráhy. Briefingy obsahují obecný popis fází letu a možné hrozby však v současné době se při briefingích neklade velký důraz na zabránění vyjetí letadla z dráhy, jelikož RE není jediným možným rizikem vzletu nebo přistání letadla. Považuji za vhodné implementovat do provozu takovou metodiku provádění briefingů, která by zároveň obsahovala co nejvíce informací pro zabránění vyjetí letounu z dráhy. Při implementaci takovýchto briefingů leteckými společnostmi nebo jednotlivými piloty je důležité, zachovat časovou stručnost briefingů, jejich strukturu a jednoduchost z pohledu vnímání a pamatování.

Briefingy se musí provádět před vzletem a přistáním, nezávisle na tom, jestli posádka již zná konkrétní letiště nebo trať, zda se piloti navzájem znají či mají velké množství zkušeností.

### **4.2.1 Zlepšení departure briefingů**

Briefing by měl začínat rozbohem počasí, a to s důrazem na stav dráhy a vanoucího přízemního větru. Jestliže plánovaná dráha pro odlet není suchá, je velice důležité tento fakt při briefingů zmínit a upozornit ostatní členy posádky. Při departure briefingů je také potřeba využít co nejaktuálnější informace o směru a rychlosti větru. Dráha by pro odlet měla být vybraná tak, aby na letoun působily co nejmenší složky zadního a bočního větru. V případě, že to možné není (jedna RWY na letišti, stavební práce, stříh větru po vzletu atd), posádka musí rozložit vítr na složky a určit, zda je možné provést odlet s aktuálním větrem v souladu s příručkou letounu a dostupnou délkou dráhy pro rozjezd a vzlet.

Je potřeba zdůraznit a projednat všechny zprávy NOTAM, které přímo ovlivňují použitelné délky dráhy pro rozjezd, vzlet a přerušený vzlet.

Dále posádka rozebírá odletovou trať letounu v souladu s mapou standardního přístrojového odletu či s mapou vizuálních odletů. Z pohledu problematiky vyjetí z dráhy je zásadní určit místo zahájení vzletu letadla. I v případě využití celé použitelné délky pro rozjezd, je důležité porovnat potřebné délky pro rozjezd, vzlet a přerušný vzlet s dostupnými délkami.

Poté se provádějí kontroly výpočtu výkonnosti letounu. Piloti by měli stanovit konfiguraci letadla, rychlosti  $V_1$ ,  $V_R$  a  $V_2$  a vyhlášené délky RWY – TORA, TODA, ASDA. Pro tyto výpočty je podstatné využít nejnovější meteorologickou informaci, s důrazem na stav dráhy a vanoucí vítr. Posádka musí pečlivě porovnat vypočítané hodnoty s těmi, které byly zadány do palubního počítače. Dále piloti také musí stanovit výkon motorů pro vzlet a zda budou používat snížený tah.

I když předletová prohlídka letounu není součástí briefingu posádky, považují za náležité, aby piloti ještě jednou zkontrolovali volnost řízení a také odstranění zajišťovacích zařízení. V případě, že existuje možnost tvorby námrazy na křídlech, motorech a ocasní ploše, je před letem je potřeba provést odmrazování v souladu se standardními postupy společnosti. Piloti by tak měli projednat, zda stihnou provést odlet do vypršení HOT (doba působení odmrazovací kapaliny).

Z pohledu problematiky vyjetí letadel z dráhy, je velice důležité stanovit přesný řetězec úkonů při nestandardních a nouzových situacích. Nejčastější příčinou vyjetí za konec dráhy při vzletu je podle Grafu 7 přerušný vzlet po rychlosti  $V_1$ . Následuje neadekvátní příprava posádky ke vzletu. Čím je letadlo blíže k zemi, tím méně času má posádka na rozhodnutí či činnost. Proto je zásadní provádět postupný briefing před vzletem, který by zahrnoval rozbor možných omezení na dráze, použitelných délek rozjezdu a vzletu, a rychlostí  $V_1$ ,  $V_R$  a  $V_2$ . Při změně místa startu letadla, či jiných změnách na drahách, by posádka měla neprodleně přepočítat všechny parametry, aby si ujistila, že může garantovat bezpečnost vzletu. Ve všeobecném letectví se na menších letounech většinou pro vzlet používá pravidlo 50/70. To znamená, že v 50% použitelné délky rozjezdu, musí letoun dosáhnout 70% rychlosti rotace. Jestliže tomu tak není, pilot by měl vzlet přerušit. Je důležité určit činnost každého člena posádky. Zásadní je také stanovit postup přerušného vzletu s důrazem na využití brzdících prostředků, kontrolu brždění a udržování směrového řízení nad letounem. V případě náročných meteorologických podmínek na letišti a jeho okolí, jež mohou výrazně ohrozit bezpečný rozjezd a vzlet letadla, je třeba zvážit možnost odložení odletu či jeho úplné zrušení.

Pro znázornění a lepší porozumění je níže uveden koncept departure briefingu s důrazem na zabránění vyjetí letounů z dráhy. (viz. Tabulka 1)

Úkony	Důraz na
Kontrola a rozbor počasí na letišti a v jeho okolí	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stav dráhy</li> <li>• Brzdny účinek</li> <li>• Směr a rychlost větru, rozbor na složky</li> </ul>
Kontrola a rozbor odletové trati letounu, v souladu s mapou SID, plánování pojíždění	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Určení křižovatky pro zahájení rozjezdu</li> </ul>
Výpočet a kontrola výkonnosti letounu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vzletová konfigurace letounu (Poloha klapek, vyvážení)</li> <li>• Rychlosti <math>V_1</math>, <math>V_R</math> a <math>V_2</math></li> <li>• Potřebná délka pro rozjezd a vzlet (TORA, TODA)</li> <li>• Potřebná délka přerušeno vzletu (ASDA)</li> </ul>
Kontrola technického stavu letadla pomocí dostupných informací	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Volnost řízení</li> <li>• Funkčnost vyvážení</li> <li>• Nastavení automatického brždění</li> </ul>
Nouzové postupy	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Postup přerušeno vzletu (využití brzdících prostředku, rychlost <math>V_1</math>)</li> <li>• Postup při ztrátě směrového řízení</li> </ul>

Tabulka 1 Departure briefing

#### 4.2.2 Zlepšení approach briefing

Většina vyjetí z dráhy se stává při přistání letounu. Avšak již problémy při přiblížení můžou vést k nehodě. Jako příprava na přiblížení a přistání slouží approach briefing. Koncept takové přípravy je rozebrán v paragrafu 4.1.3. Tady bych rád zdůraznil jen ty části briefing, které by pomohly zlepšit situační povědomí posádky a zabránit RE.

Z pohledu zkoumané problematiky je zásadní zajistit stabilizované přiblížení letadla. Nestabilizované přiblížení je nejčastější příčinou vyjetí z dráhy, viz graf 5. Během approach briefing by piloti měli stanovit nejenom přesnou trať letadla a zkontrolovat zadané horizontální a vertikální profily do navigačních systémů letounu, ale i stanovit přesné polohy či relativní vzdálenosti, ve kterých by letadlo mělo určitou konfiguraci. Přistávací konfigurace letadla se skládá z konkrétní polohy vztlakových klapek, polohy podvozku letounu pro přistání, určité

polohy vyvážení. Jako kontrolními body pro kontrolu konfigurace můžou sloužit určité RNAV body na příletové/ přiblížovací trati, či určité vzdálenosti od prahu dráhy nebo od zařízení DME. Takové „kontrolní body“ by pomohly pilotům včas připravit letadlo na přistání a dodržet kritéria stabilizovaného přiblížení.

Piloti musí také stanovit, zda mohou akceptovat změny rychlosti nebo trati od řídicího letového provozu, který může vyžadovat vyšší rychlost na přiblížení z důvodu hustého provozu nebo vyšší výšky, než je publikována v mapách standardních přístrojových příletů.

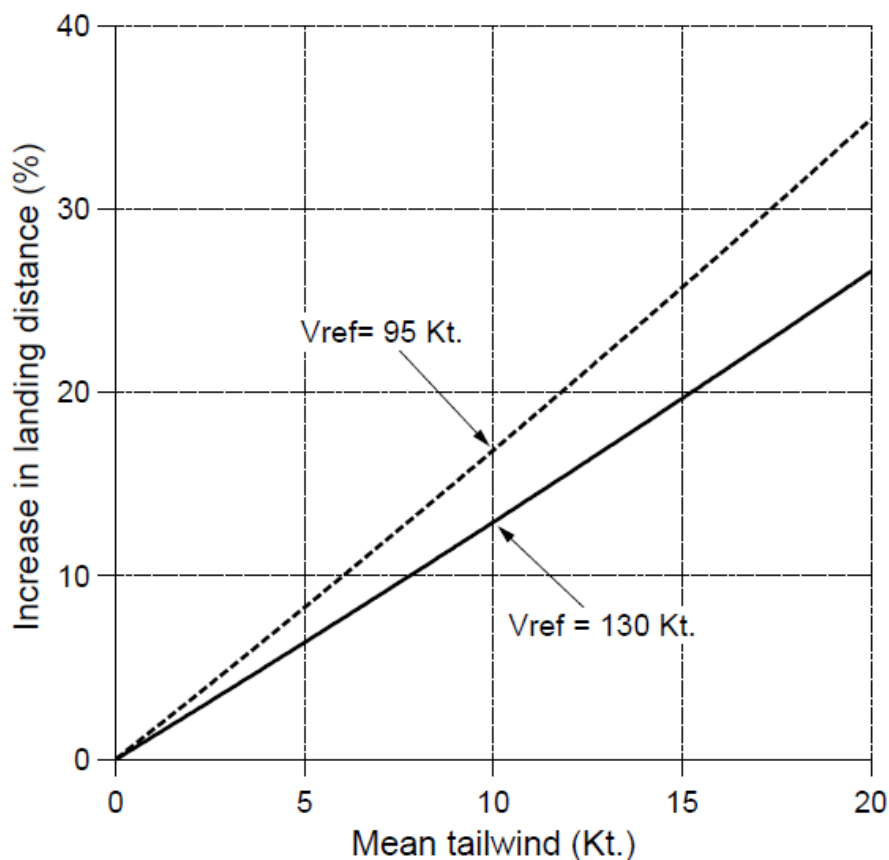
Je důležité přesně určit rychlost přiblížení a přípustnou toleranci v souladu s SOP společnosti a příručkou letadla. Nadměrná rychlost na přiblížení zvyšuje tendenci vyplavání letounu. Některá letadla mají větší tendenci vyplavat než jiná. Toto je ovlivněno hlavně přízemním efektem, vlivem, který se liší mezi různými typy letadel. V případě takového vyplavání se piloti často pokouší o snížení vysoké rychlosti. Avšak tato akce zabírá významnou část zbývajících délek dráhy k zastavení letadla. Účinek nadměrné rychlosti na přistání je obvykle menší než dlouhé přistání kvůli vyplavání. Tento jev se vysvětluje tím, že zpomalení letadla během vyplavání je pouze zlomek toho, čeho lze dosáhnout při brzdění na zemi, a dokonce i na kluzkých drahách. Proto se doporučuje dosednout při větší rychlosti, než se jí poté zbavovat během vyplavání. Vyšší rychlost na přistání je častěji spojena s nepřesným nebo vizuálním přiblížením než s přesným. [8]

V případě plánovaného vizuálního přiblížení musí piloti předem stanovit vertikální a horizontální profily letadla až do přistání. Vizuální přiblížení je většinou kratší než přístrojové a přispívá k šetření času a paliva. Nevýhodou tohoto přiblížení je náročnost určení správného bodu zahájení konečného klesání a dodržení kritérií stabilizovaného přiblížení. Proto by posádka měla přesně stanovit a zkontrolovat trať letounu s využitím moderních navigačních technologií, jako jsou palubní počítače letounů. Když posádka nestíhá provést dostačující přípravu na takový druh přiblížení, je potřeba odmítnout tuto možnost a provést přístrojové přiblížení v souladu s publikovanými tratěmi.

Dalším významným spolupůsobícím faktorem RE je zadní složka větru. Během approach briefingů posádka již disponuje údaji o počasí na cílovém letišti. Často se ale počasí mění, včetně směru a rychlosti větru. V případě očekávané změny meteorologických podmínek je potřeba stanovit určitý bod na příletové trati, nad kterým by posádka zkontrolovala údaje o větru a případně vyžádala jinou dráhu pro přistání nebo přiblížení okruhem. Takový bod by měl být v dostatečné vzdálenosti od úseku konečného přiblížení, aby piloti měli dost času na koordinaci případného nového přiblížení a jeho plánování.

Posádka by měla brát v potaz, že letadla s nižší rychlostí na přiblížení jsou relativně citlivější na změny směru větru s ohledem na přistávací vzdálenost než letadla s větší rychlostí (viz.

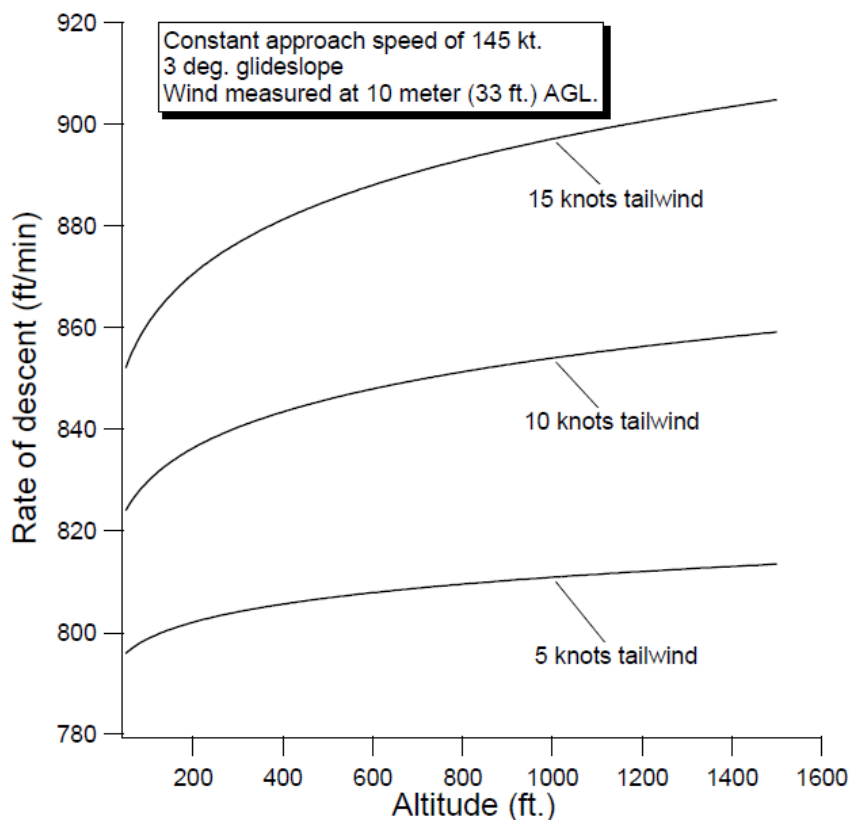
obrázek č.6) Neméně důležitý je také koeficient tření na dráze. Na přistávací dráze se středním až slabým brzdícím účinkem je letadlo citlivější na změny zadní složky větru s ohledem na přistávací vzdálenost než na dráze suché. [26]



Obrázek 6 Vliv  $V_{ref}$  na účinek zadní složky větru

Zadní složka větru také ovlivňuje i vertikální rychlost letounu na přiblížení. Při konstantním úhlu sestupu na konečném přiblížení vzhledem k zemi, zvyšuje zadní vítr rychlost klesání. Kromě toho se zvyšuje i rychlost letounu vůči zemi. Toto zvýšení rychlosti snižuje dostupný čas pro provedení úkonů před přistáním, což má za následek větší pracovní zátěž posádky. Vyšší rychlost vůči zemi může mít za následek nadměrné klesání rychlosti při normálním 3. stupňovém úhlu sestupu. Vertikální rychlost 1 000 stop za minutu, nebo více, se považuje za horní limit na konečném přiblížení a je často brána za maximum předepsané standardními provozními postupy. Dále také vyšší vertikální rychlost klesání může při konečném přiblížení v malé výšce vyvolat varování GPWS „sink rate“. Pro mnoho provozovatelů se jedná o podmínku pro zahájení postupu nezdařeného přiblížení. S výraznou zadní složkou větru je obtížné korigovat odchylky nad sestupovým úhlem přiblížení bez překročení rychlosti klesání 1000 ft/min. Častěji k tomu dochází při nepřesných přiblíženích. Na obrázku 7 je znázorněno, jak se mění rychlost klesání s výškou a různými rychlostmi zadního větru. Předpokládá se, že

se letadlo nachází na konstantním 3° sestupovém úhlu s pravou vzdušnou rychlostí 145 uzlů.  
[26]



Obrázek 7 Vertikální rychlost při přiblížení s zadním větrem

V případě, že se vítr náhle změní během sestupu letounu na úseku konečného přiblížení a posádka má pochybnosti o bezpečném přistání s výraznou zadní složkou větru, je potřeba provést postup nezdařeného přiblížení. Tato možnost by měla být předem projednána během approach briefingů.

Boční složka větru je dalším spolupůsobícím faktorem v případech vyjetí za postranní pás dráhy. Komplikuje pilotáž na přistání a může přispět ke ztrátě směrového řízení po dosednutí. Proto by posádka měla také zdůraznit boční složku větru při approach briefingů, v případě výskytu. Postup by měl být stejný, jako i v případě zadního větru. Během approach briefingů posádka projednává směr a rychlost větru, plánuje přiblížení, a během přiblížení kontroluje změny složek větru a případně žádá o změnu přiblížení na lépe vyhovující dráhu. Musí být také projednána technika přistání s bočním větrem a úkony po dosednutí, což by zvýšilo úroveň přípravy na náročné podmínky.

Závěrem by posádka měla stanovit plánované využití brzdících prostředků po dosednutí. To by přispělo k lepší spolupráci posádky po přistání a zabránilo by prodlevě v brždění letounu. Při jakýchkoli změnách ve stavu pokrytí RWY, by posádka měla neprodleně přepočítat rychlost

přistání a plánované využití brzdících prostředků letounu. Mimo jiné piloti musí být připraveni kdykoli provést postup nezdařeného přiblížení a zvážit odlet na záložní letiště v případě náročných meteorologických podmínek, které mohou přispět k nedodržení kritérií stabilizovaného přiblížení či bezpečného přistání. Konfigurace letounu pro G/A je většinou stanovena výrobcem nebo provozovatelem, takže není potřeba ji rozebírat během briefingu. Předpokládá se, že posádka je již obeznámena.

Pro znázornění a lepší porozumění čtenáře, je níže uveden koncept approach briefingu s důrazem na zabránění vyjetí letounů z dráhy. (viz. Tabulka 2)

<b>Úkony</b>	<b>Důraz na</b>
Kontrola a rozbor počasí na letišti a v jeho okolí	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stav dráhy</li> <li>• Brzdny účinek</li> <li>• Směr a rychlost větru, rozbor na složky</li> </ul>
Kontrola a rozbor příletové a přiblížovací trati letounu, v souladu s mapami STAR a IAC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Výšky nad jednotlivými body</li> <li>• Rychlost nad a mezi jednotlivými body</li> <li>• Vertikální rychlost klesání během konečného přiblížení</li> <li>• Výška rozhodnutí (DA/H, MDA/H)</li> </ul>
Výpočet a kontrola výkonnosti letounu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Přistávací rychlost a rychlost na přiblížení</li> <li>• Přistávací konfigurace letounu</li> <li>• Vertikální rychlost během konečného přiblížení</li> <li>• Potřebná délka pro přistání</li> <li>• Plánované využití brzdících prostředků</li> </ul>
Kontrola technického stavu letadla pomocí dostupných informací	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kontrola hydraulické soustavy</li> <li>• Využití brzdících prostředku při přistání</li> </ul>

*Tabulka 2 Metodika Approach briefingu*



## 5. Závěr

V této práci jsem se zabýval analýzou leteckých nehod, způsobených vyjetím z dráhy. Na základě vytvořené statistiky jsem stanovil základní příčiny vyjetí letounů a také spolupůsobící faktory. Dále jsem vyselekoval několik nehod a popsal jejich průběh a příčiny pro lepší porozumění problematice. Tato analýza přispěla k vytvoření objektivní představy o zkoumané problematice. Stanovil jsem, že nejčastější příčinou vyjetí letounů z dráhy při přistání, bylo nestabilizované přiblížení a přistání na kontaminované RWY. Při vzletu bylo nejčastější příčinou přerušování vzletu po rychlosti V1 a ztráta směrového řízení.

Tento problém zůstává i nadále aktuálním, a proto jsem se rozhodl navrhnout opatření pro zabránění vyjetí letounů z dráhy. Jako nejvhodnější řešení, na základě mnou získaných teoretických a praktických znalostí v průběhu studia, se jeví analýza a zlepšení metodiky briefingu posádek s účelem minimalizovat riziko vyjetí po přistání. Po rozboru obsahu předletového, departure a approach briefingů, jsem popsal průběh departure a approach briefingů s důrazem na minimalizaci rizik vyjetí letadla z dráhy. Zásadním požadavkem bylo strukturovat briefingu, a předejít zejména nestabilizovanému přiblížení a pokusu o přistání za nevhodných meteorologických podmínek. Zlepšení departure briefingů se týkalo hlavně důsledné přípravy posádky na pojiždění a vzlet letadla.

Z popisů nehod při přistání je také patrné, že jejich drtivá většina se stala kvůli špatnému zhodnocení situace. Posádky měly takzvaný "The Get-home-itis Syndrome", což znamená, že se snažili dostat na zem za každou cenu. Kvůli tomu, docházelo k podceňování aktuálních podmínek letu a neschopnosti zajistit bezpečné přiblížení a přistání letounu. Implementace approach briefingů s důrazem na riziko vyjetí z dráhy výrazně přispěje ke zlepšení situačního povědomí pilotů, pomůže posádkám připravit se na náročnou fázi letu, zejména za nepříznivých meteorologických podmínek a pomůže předejít zbytečným chybám v rozhodování a pilotáži.

Zlepšení metodiky briefingu posádek s důrazem na vyjetí letounu z dráhy není jediným možným řešením tohoto aktuálního problému. Pro maximální účinek v zabránění vyjetí letadel z dráhy, je potřeba těsná kooperace všech účastníků leteckého provozu. V práci byly popsány, již dnes existující, návrhy na řešení problému RE, a právě spolupráce celé letecké dopravy je nezbytná pro dosažení nejefektivnějšího výsledku.

Věřím, že tato práce poslouží jako návod pro jednotlivé piloty či letecké společnosti, jak zvýšit úroveň bezpečnosti leteckého provozu a přispěje ke snížení počtu leteckých nehod, způsobených vyjetím z dráhy. Dále také, tato bakalářská práce může sloužit jako základ pro další výzkumy, jak na půdě Ústavu letecké dopravy FD ČVUT, tak i v rámci jiných leteckých organizací.

## Seznam zdrojů

- [1] A study of runway excursions from a European perspective, *NLR* [Online]. 26.05.2010. [cit. 2020-03-20] Dostupné z: <https://www.skybrary.aero/bookshelf/books/2069.pdf>
- [2] About ASN. *Aviation Safety Network* [Online]. 04.07.2016 [cit. 2020-03-03]. Dostupné z: <https://aviation-safety.net/about/>
- [3] L13: Předpis o odborném zjišťování příčin leteckých nehod a incidentů. *Zákon o civilním letectví* [Online]. 14.11.2013 [cit. 2020-03-03]. Dostupné z: <https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-13/index.htm>
- [4] Stabilised Approach. *In: Skybrary* [Online]. 27.06.2020 [cit. 2020-07-23]. Dostupné z: [https://www.skybrary.aero/index.php/Stabilised\\_Approach](https://www.skybrary.aero/index.php/Stabilised_Approach)
- [5] Boeing 737- 8AS (WL) VQ-BJI, *Aviation Safety Network* [Online]. 23.07.2020 [cit. 2020-07-23]. Dostupné z: <https://aviation-safety.net/database/record.php?id=20180901-0>
- [6] Final Report on the accident involving the Boeing 737-800 aircraft registered VQ-BJI, *MAK* [Online]. 12.12.2019. [cit. 2020-03-01] Dostupné z: [https://mak-iac.org/upload/iblock/f4b/report\\_vq-bji\\_en.pdf](https://mak-iac.org/upload/iblock/f4b/report_vq-bji_en.pdf)
- [7] Commission Regulation (EU) No 965/2012, *EASA* [Online]. 05.10.2012. [cit. 2020-04-01] Dostupné z: <https://www.easa.europa.eu/document-library/regulations/commission-regulation-eu-no-9652012>
- [8] Running out of runway: Analysis of 35 years of landing overrun accidents. *NLR* [Online]. 23.09.2005 [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.967.9604&rep=rep1&type=pdf>
- [9] Learjet 35A N22MS, *Aviation Safety Network* [Online]. 23.07.2020. [cit. 2020-07-23] Dostupné z: <https://aviation-safety.net/database/record.php?id=20130513-0>
- [10] Cessna 500 Citation I N125DS, *Aviation Safety Network* [Online]. 23.07.2020. [cit. 2020-07-23] Dostupné z: <https://aviation-safety.net/database/record.php?id=20140316-0>
- [11] Cessna 550 Citation II M-AGGY, *Aviation Safety Network* [Online]. 23.07.2020. [cit. 2020-07-23] Dostupné z: <https://aviation-safety.net/database/record.php?id=20151211-1>
- [12] ATR 72-600 (72-212A) VT-JCX, *Aviation Safety Network* [Online]. 23.07.2020. [cit. 2020-07-23] Dostupné z: <https://aviation-safety.net/database/record.php?id=20160507-0>
- [13] INVESTIGATION OF RUNWAY EXCURSION ACCIDENT OF TURKISH AIRLINES TC-JOC, A330-303, AT TIA, KATHMANDU, NEPAL ON 4th MARCH 2015 [Online]. 06.10.2015.

- [cit. 2020-03-10] Dostupné z: [https://reports.aviation-safety.net/2015/20150304-0\\_A333\\_TC-JOC.pdf](https://reports.aviation-safety.net/2015/20150304-0_A333_TC-JOC.pdf)
- [14] Airbus A320-214 RP-C3266, *Aviation Safety Network* [Online]. 23.07.2020. [cit. 2020-07-23] Dostupné z: <https://aviation-safety.net/database/record.php?id=20130602-0>
- [15] Gulfstream G-IV N121JM, *Aviation Safety Network* [Online]. 23.07.2020. [cit. 2020-07-23] Dostupné z: <https://aviation-safety.net/database/record.php?id=20140531-0>
- [16] Aero Modifications AMI DC-3-65TP N834TP, *Aviation Safety Network* [Online]. 23.07.2020. [cit. 2020-07-23] Dostupné z: <https://aviation-safety.net/database/record.php?id=20090204-0>
- [17] FINAL INVESTIGATION REPORT ON ACCIDENT TO JET AIRWAYS BOEING B-737-800 AIRCRAFT VT-JBG AT GOA ON 27.12.2016 [Online]. 13.11.2017. [cit. 2020-04-15] Dostupné z: [https://reports.aviation-safety.net/2016/20161227-0\\_B738\\_VT-JBG.pdf](https://reports.aviation-safety.net/2016/20161227-0_B738_VT-JBG.pdf)
- [18] Saab 340B G-LGNL, *Aviation Safety Network* [Online]. 23.07.2020. [cit. 2020-07-23] Dostupné z: <https://aviation-safety.net/database/record.php?id=20150102-0>
- [19] Mitigating the Risks of a Runway Overrun Upon Landing, *Advisory Circular FAA* [Online]. 28.04.2016 [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: [https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory\\_Circular/AC\\_150\\_5200-37.pdf](https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC_150_5200-37.pdf)
- [20] Wind Velocity Reporting. In: *Skybrary* [Online]. 21.11.2019 [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: [https://www.skybrary.aero/index.php/Wind\\_Velocity\\_Reporting](https://www.skybrary.aero/index.php/Wind_Velocity_Reporting)
- [21] ICAO Doc 4444, *ICAO* [Online]. 10.11.2016 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://ops.group/blog/wp-content/uploads/2017/03/ICAO-Doc4444-Pans-Atm-16thEdition-2016-OPSGROUP.pdf>
- [22] L14: Letiště, *Zákon o civilním letectví* [Online]. 08.11.2018 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: [https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-14/data/print/L-14\\_cely.pdf](https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-14/data/print/L-14_cely.pdf)
- [23] L8168: PROVOZ LETADEL – LETOVÉ POSTUPY, *Zákon o civilním letectví* [Online]. 25.04.2019 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-8168i/index.htm>
- [24] Airbus: Runway Overrun Prevention System; Focus on end of Runway Excursions [Online]. 06.03.2013. [cit. 2020-05-15] Dostupné z: <https://skybrary.aero/bookshelf/books/2189.pdf>
- [25] Flight Preparation and Conducting Effective Briefings (OGHFA BN). In: *Skybrary* [Online]. 30.12.2019 [cit. 2020-05-20] Dostupné z:

[https://www.skybrary.aero/index.php/Flight\\_Preparation\\_and\\_Conducting\\_Effective\\_Briefings\\_\(OGHFA\\_BN\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Flight_Preparation_and_Conducting_Effective_Briefings_(OGHFA_BN))

[26] Safety aspects of tailwind operations, NLR [Online]. 2001 [cit. 2020-05-20] Dostupné z: <https://reports.nlr.nl/xmlui/handle/10921/738>

## Seznam obrázků

Obrázek 1 - © *Flightradar24 / Google Earth*. Dostupné z: <https://aviation-safety.net/photo/9659/Boeing-737-8AS-VQ-BJI>

Obrázek 2 - *@aasthapandey*. Dostupné z:

[https://twitter.com/aasthapandey/status/572963541046542336?ref\\_src=twsrc%5Etfw%7Ctwc&amp%5Etweetembed%7Ctwterm%5E572963541046542336%7Ctwgr%5E&ref\\_url=https%3A%2F%2Faviation-safety.net%2Fdatabase%2Frecord.php%3Fid%3D20150304-0](https://twitter.com/aasthapandey/status/572963541046542336?ref_src=twsrc%5Etfw%7Ctwc&amp%5Etweetembed%7Ctwterm%5E572963541046542336%7Ctwgr%5E&ref_url=https%3A%2F%2Faviation-safety.net%2Fdatabase%2Frecord.php%3Fid%3D20150304-0)

Obrázek 3 - © *Flightradar24*. Dostupné z: <https://aviation-safety.net/photo/8476/Boeing-737-85R-VT-JBG>

Obrázek 4 - *OPMET data – Ceska Republika*. Dostupné z: [http://meteo.rlp.cz/LK\\_opmet.htm](http://meteo.rlp.cz/LK_opmet.htm)

Obrázek 5 - *NavBlue, an Airbus company*. Dostupné z:

<https://www.navblue.aero/product/rops-plus/>

Obrázek 6 - Safety aspects of tailwind operations, *NLR*. Dostupné z:

<https://reports.nlr.nl/xmlui/handle/10921/738>

Obrázek 7 - Safety aspects of tailwind operations, *NLR*. Dostupné z:

<https://reports.nlr.nl/xmlui/handle/10921/738>