



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Daniel Mikeš

LIDSKÝ FAKTOR A JEHO VLIV NA BEZPEČNOST LETECKÉ
DOPRAVY

Bakalářská práce

2018

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

děkan

Konviktská 20, 110 00 Praha 1



K621..... Ústav letecké dopravy

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Daniel Mikeš

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – LED – Letecká doprava

Název tématu (česky): **Lidský faktor a jeho vliv na bezpečnost letecké dopravy**

Název tématu (anglicky): Human Factor and its Impact on Aviation Safety

Zásady pro vypracování

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

- Pojmy lidské výkonnosti a omezení
- Analýza rizik a dopadů na bezpečnost s ohledem na současné trendy
- Důsledky selhání lidského faktoru v minulosti
- Prevence selhání lidského faktoru



- 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: Lidská výkonnost a omezení: Učební texty pro teoretickou přípravu pilotů - ATPL(A)
Lidské faktory v letectví: Letecká psychologie - možnosti a omezení jej aplikace v leteckých systémech
Jeppesen "Human Performance and Limitations", ATPL

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Mrázek, Ph.D.**
Dr. Ing. Milan Kameník

Datum zadání bakalářské práce: **1. října 2018**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajících ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **30. listopadu 2018**

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

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



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

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

.....
Daniel Mikeš
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 1. října 2018

Poděkování

Na tomto místě bych rád velmi poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Petru Mrázkovi, Ph.D. za vedení a vstřícný přístup po celou dobu mého studia a dále všem, kteří mi poskytli důležité materiály nezbytné pro zpracování daného tématu.

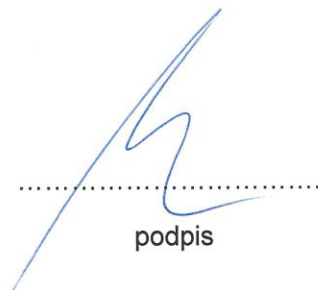
Dále bych také rád poděkoval především mé rodině a blízkým za podporu a důvěru, kterou mi projevovali během celého mého studia na vysoké škole.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských 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 20.11.2018



.....
podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

LIDSKÝ FAKTOR A JEHO VLIV NA BEZPEČNOST LETECKÉ DOPRAVY

bakalářská práce

listopad 2018

Daniel Mikeš

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce věnující se vlivu lidského činitele a jeho dopadů na bezpečnost obchodní letecké dopravy není předkládání konkrétních řešení, ale především snaha o zhodnocení úspěšnosti zavádění systémových změn v minulosti, posouzení současného stavu a dále pak seznámení s nejzávažnějšími hrozbami, s kterými se letectví potýkalo a s kterými se v menší míře stále potýká.

ABSTRACT

The aim of this bachelor thesis focusing to influence of human factor and it's impact to commercial civil aviation is not submission specific solutions but first of all endeavor to evaluate achivement of impelementation systematic changes in the past, assesment of current state and then familirization with the most serious threats which aviation had to face and with which is struggling in these days.

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

LIDSKÝ FAKTOR A JEHO VLIV NA BEZPEČNOST LETECKÉ DOPRAVY

bakalářská práce

listopad 2018

Daniel Mikeš

KLÍČOVÁ SLOVA

GPWS, CFIT, LOC-I, HFACS, UPRT, Lidský faktor, Situační povědomí, Model SHELL

KEYWORDS

GPWS, CFIT, LOC-I, HFACS, UPRT, Human factor, Situational awareness, Model SHELL

Obsah

Obsah	5
Seznam použitých zkratek.....	7
Úvod	9
1 Pojmy lidské výkonnosti a omezení	10
1.1 Model SHELL.....	10
1.2 Reasonův model.....	12
1.3 Model HFACS.....	13
1.3.1 Nebezpečné jednání.....	13
1.3.2 Předpoklady pro nebezpečné jednání.....	16
1.3.3 Nedostatečná supervize	17
1.3.4 Organizační vlivy.....	18
2 Analýza rizik a dopadů na bezpečnost s ohledem na současné trendy	20
2.1 Statistické údaje	22
2.2 Analýza rizik.....	27
2.2.1 Metody použité při tvorbě analýzy rizik.....	27
2.2.2 Analýza rizik zaměřená na CFIT a její výsledky.....	29
2.2.3 Analýza rizik zaměřená na LOC-I a její výsledky	32
2.3 Řízený let do terénu	35
2.4 Ztráta kontroly nad letounem	37
3 Důsledky selhání lidské faktoru v minulosti	42
3.1 American Airlines AA965, 20.12.1995.....	42
3.1.1 Příčiny a spolupůsobící faktory vedoucí k nehodě	43
3.1.2 Závěry a opatření zavedená po nehodě letu AA965	47
3.2 Air France AF447, 1.6.2009	48
3.2.1 Příčiny a spolupůsobící faktory vedoucí k nehodě	50
3.2.2 Závěry a opatření zavedená po nehodě letu AF447.....	51
4 Prevence selhání lidského faktoru	54
4.1 Opatření vedoucí k snížení výskytu leteckých nehod způsobených CFIT.....	54
4.2 Opatření vedoucí k snížení výskytu leteckých nehod způsobených LOC-I.....	56
Závěr.....	60
Seznam použité literatury	62
Seznam obrázků	64
Seznam grafů.....	65

Seznam tabulek 66

Seznam použitých zkratek

ACAS	Airborne Collision Avoidance System Palubní protisrážkový systém
ATC	Air Traffic Control Řízení letového provozu
CFIT	Controlled Flight Into Terrain Řízený let do terénu
CRM	Crew Resource Management Řízení zdrojů posádky
CVR	Cockpit Voice Recorder Zapisovač hlasu v pilotní kabině
EGPWS	Enhanced Ground Proximity Warning System Vylepšený systém signalizace blízkosti země
FDR	Flight Data Recorder Zapisovač letových údajů
GPWS	Ground Proximity Warning System Systém signalizace blízkosti země
GNSS	Global Navigation Satellite System Globální družicový navigační systém
GPS	Global Positioning System Globální polohový systém
VFR	Visual Flight Rules Pravidla letu za viditelnosti země
IFR	Instrument Flight Rules Pravidla letu podle přístrojů
ICAO	International Civil Aviation Organization Mezinárodní organizace pro civilní letectví
MSAW	Minimum Safe Altitude Warning Výstraha na minimální bezpečnou nadmořskou výšku
SMS	Safety management systém Systém řízení bezpečnosti
UPRT	Upset prevention and recovery training Výcvik určený prevenci a vybírání nezvyklých poloh
HFACS	Human Factors Analysis and Classification System Systém určený pro kvalifikaci a analýzu selhání lidského faktoru

VMC	Visual meteorological conditions Meteorologické podmínky pro let za viditelnosti
IMC	Instrument meteorological conditions Meteorologické podmínky pro let podle přístrojů
LOC-I	Loss of control in flight Ztráta řízení za letu
MDA	Minimum descent altitude Minimální nadmořská výška pro klesání
FMS	Flight management system Systém určený pro řízení letu
MSA	Minimum sector altitude Minimální sektorová nadmořská výška
ECAM	Electronic centralised aircraft monitor Palubní elektronický monitorovací systém
EASA	European Aviation Safety Agency Evropská agentura pro bezpečnost letectví
FAA	Federal Aviation Administration Federální letecká správa
SMS	Safety management system Systém řízení bezpečnosti
SOP	Standart operating procedure Standartní operační postupy
TEM	Threat and error management Systém řízení rizik a hrozeb v letectví
PBN	Performance based navigation Navigace založená na výkonnosti
AOA	Angle of attack Úhel náběhu
ICATEE	International Committee for Aviation Training in Extended Envelope Mezinárodní komise pro letecký výcvik v celém rozsahu letové obálky

Úvod

Letectví se již od svých raných let potýkalo s událostmi, které měly přímý dopad na bezpečnost leteckého provozu. Zpočátku se jednalo o letecké mimořádné události způsobené především nedokonalou leteckou technikou. Selhání lidského faktoru v této době tvořilo podstatnou, ale nikoliv primární roli, tak jako je tomu v dnešních dnech. Bouřlivý vývoj letecké techniky způsobený první a dále druhou světovou válkou, dal základ první generaci proudových dopravních letounů, které začaly být nasazovány v obchodní letecké dopravě v 50. letech minulého století. V této době se začala přikládat větší pozornost právě selhání lidského faktoru, jakožto primární příčině leteckých mimořádných událostí.

V současné době představuje selhání lidského činitele 75%-80% příčin všech leteckých nehod nebo incidentů. V průběhu minulých desítek let prošlo prostředím leteckého průmyslu značnou proměnou, která vedla k dosažení určité úrovně bezpečnosti, toho bylo dosaženo implementací technických řešení, kterým byl jmenovitě především systém GPWS (EGPWS), kterému se budeme věnovat dále, v souvislosti s řízeným letem do terénu. Další skupinou jsou výcviková řešení, která jsou zaměřená na samotný lidský článek, ať už se jedná o CRM nebo UPRT. Výrazně přispělo ke zlepšení situace zavedení SMS, který tvoří v dnešních dnech samostatný předpis L-19.

Cílem autora této práce je seznámení čtenářů s problematikou selhání lidského činitele v letecké dopravě. Záměrem této práce zároveň není předkládání nových opatření, nýbrž seznámení s aplikací stávajících, s důrazem na závažnost této problematiky, kterou dokazují případy selhání z minulosti, kterým je věnována celá kapitola. Přestože je letecká doprava statisticky nejbezpečnější druh dopravy na světě a může se z výše uvedeného zdát, že dosud implementované řešení jsou dostačující, není tomu tak. Je však zapotřebí trvale věnovat mimořádné úsilí analýze, predikci a eliminaci rizik.

1 Pojmy lidské výkonnosti a omezení

Stejně tak jako u ostatních druhů dopravy dochází k nehodám, tak i v letecké dopravě docházelo, dochází a bude i nadále docházet. Naším společným cílem je dosažení co nejvyšší možné úrovně bezpečnosti.

Přestože letecké odvětví vynakládá nemalé prostředky a úsilí k výše uvedenému cíli, čas od času jsme svědky leteckých nehod a incidentů, a je zapotřebí mít systém, pomocí něhož budeme schopni popsat selhání lidského činitele a který nám zároveň poskytne jednoduchou představu, jak se konkrétním selháním v budoucnosti bránit.

Jedním z prvních přístupů k tomuto problému se dá považovat přístup Jamese Reasona, obecně považovaného za model „švýcarského sýru“, který demonstruje leteckou mimořádnou událost, jako sled několika selhání napříč systémem, to vše silně souvisí s potřebou pochopení jednotlivých interakcí uvnitř systému. Pro účely výcvikové a pro pochopení interakcí uvnitř systému využíváme modelu SHELL, který zobrazuje jednotlivé obranné mechanismy jako vrstvy systému. [1]

1.1 Model SHELL

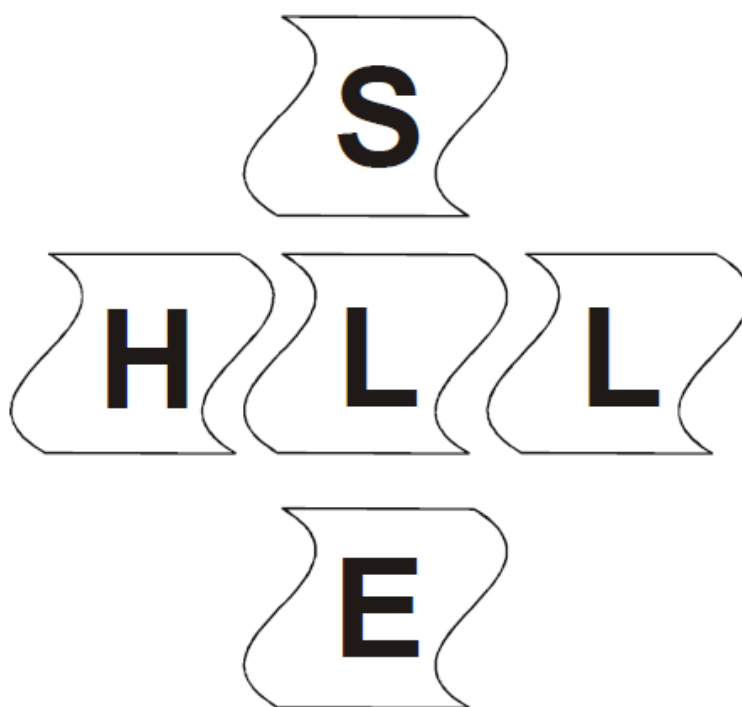
Model byl představen v 70. letech minulého století, o několik let později byl upraven Frankem Hawkinsonem. Model SHELL představuje koncepční nástroj, který slouží k analýze interakcí napříč několika komponenty, které dohromady systém tvoří a které mohou představovat bezpečnostní rizika. Koncepce používá bloky pro reprezentaci různých kategorií lidských faktorů, tento model však nezobrazuje interakce, ve kterých není lidský faktor zúčastněn. Model je tvořen čtyřmi následujícími komponenty, které mají interakci s centrálním článkem, který představuje lidský element. [1]

Lidský element představující střed modelu je nejkritičtější a zároveň nejhůře sledovatelným článkem celého systému, je citlivý na vnitřní a vnější vlivy, jakými mohou být stres a únava. Při fungování tohoto modelu se uvažuje s výskytem chyb u centrálního článku, výskyt těchto chyb by však neměl ohrozit celý systém. Na obrázku níže (obr. 1) můžeme vidět grafickou prezentaci modelu SHELL, jednotlivá písmena představují elementy, ze kterých se model skládá. [1]

Písmeno **S** představuje **Software**, což je společný termín odkazující se na všechny pravidla, zákony, nařízení, standardní postupy a zvyky, jakým způsobem se v dané situaci postupuje. Právě software v současné době stále více ukazuje na provoz automatizovaných systémů

v letectví. Dalším elementem, který je interaktivní s lidským článkem je **hardware** označený v modelu písmenem **H**, tato část modelu představuje především řešení ergonomie, intuitivita při ovládání jednotlivých letadlových systémů a další.

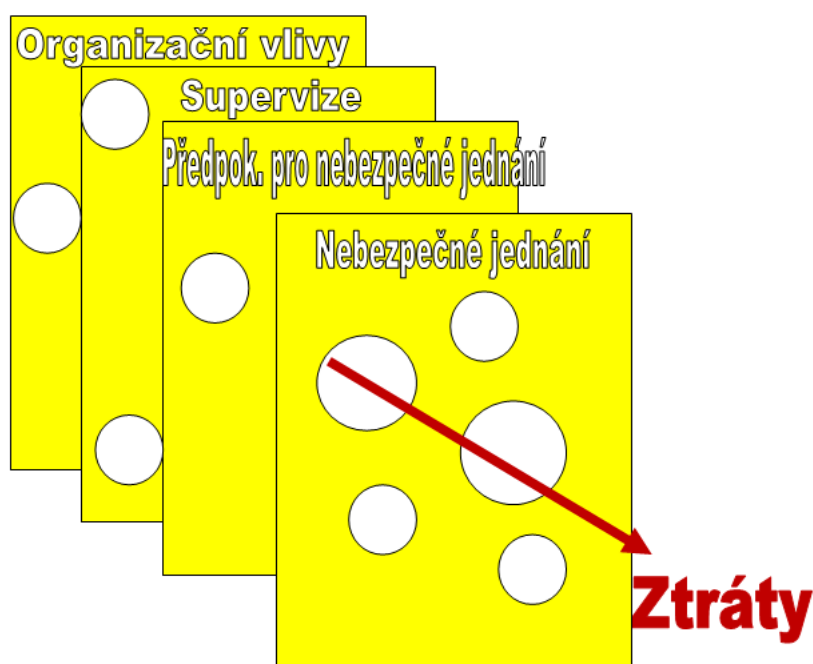
Písmeno **E** označuje část modelu příslušící pracovnímu **prostředí**, které rozlišujeme pro naši potřebu na vnitřní a vnější. Vnitřní prostředí typicky představuje fyzikální aspekty, kterými mohou být hluk, vibrace, teplota... Vnější prostředí je reprezentováno provozními aspekty, jakými jsou k/ke příkladu letecká infrastruktura, počasí. Poslední písmeno **L** reprezentující poslední část modelu náleží lidskému elementu, tak jako centrální část modelu výše uvedené L slouží k možnosti reprezentace interakcí uvnitř systému mezi jednotlivými osobami v pracovním prostředí. Vzhledem k tomu, že pracovníci v letecké dopravě pracují ve skupinách, je důležité si uvědomit, že komunikační a interpersonální dovednosti hrají zásadní roli při určování výkonnosti člověka. Poměrně úzkou spojitost s tímto článkem tvoří CRM, které se zaměřuje právě na řízení chyb mezi osobami, které společně řeší zadaný úkol. [1]



Obrázek 1 – Model SHELL [1]

1.2 Reasonův model

Reasonův model popisuje čtyři úrovně lidského selhání, každé ovlivňující další viz obrázek č. 2. Pokud bychom se pohybovali proti časové ose, tak poslední úroveň vedoucí k nehodě nebo incidentu označovanou dle reasonova modelu, je úroveň označovaná jako **nebezpečné jednání** nejčastěji odkazuje na posádku nebo přímo na selhání pilota. Typicky se jedná o jednání nebo nečinnost posádky, která je přímo spojená s nehodou.[2] Například se jedná o pozdní reakci na varování systému GPWS.



Obrázek 2 – Reasonův model [2] (upraveno)

Jednotlivé díry v plátcích sýru představují **aktivní selhání**, tyto aktivní selhání jsou většinou posledním jednáním spáchaným posádkou. Nicméně co činí „model švýcarského sýru“ užitečným, je především odhalování **latentních (skrytých) selhání**. [2] Skryté selhání jsou nebezpečnější ve smyslu toho, že jsou součástí systému dlouhodobě, ale před událostí se neprojevují, v důsledku toho mohou být přehlédnuty i během vyšetřování.

Reasonův model popisuje tři další úrovně selhání lidského faktoru, jedním z nich je úroveň, která se označuje jako **předpoklady pro nebezpečné jednání**. Tato úroveň zahrnuje stavy, jakými jsou například psychická únava, špatná komunikace a koordinace mezi členy posádky, označované také jako CRM, to může vyústit v špatná rozhodnutí, která často vedou k chybám. Třetí úroveň lidského selhání je **nedostatečná supervize**, zde použijeme

příklad špatného CRM, které má v tomto případě původ právě v třetí úrovni reasonova modelu. To je způsobeno například tvorbou málo zkušené posádky, která má absolvovat náročný let ve špatných meteorologických podmínkách, zde je předpoklad, že může dojít s větší pravděpodobností k selhání, než u dostatečně zkušené posádky s kvalitním výcvikem. [2]

Selhání nemůže ovlivnit přímo posádka, ale k potlačení pravděpodobnosti selhání musí dojít výše v systému. Poslední úroveň modelu pojmenováváme jako **organizační vlivy**. Organizace sama o sobě může ovlivnit výkony ve všech úrovních. V současné době můžeme být svědky, kdy se letecké společnosti snaží co nejvíce ponížít náklady na výcvik. Letový výcvik je redukován na dobu nezbytně nutnou, což sebou přináší taktéž určitá rizika.

Přestože uvedení reasonova modelu přineslo první systémový nástroj, jakým můžeme přistupovat k popsání sledu, během kterého došlo k selhání lidského faktoru, tak se tento model začal ukazovat jako nedostatečný, co se týče aplikace do reálného světa. Jinými slovy teorie nikdy nedefinuje, čím díry v plátcích síru jsou v kontextu každodenních operací. Dále potřebujeme tedy zjistit, jaké jsou konkrétní poruchy systému, v našem případě díry, tak aby byly identifikovány nejlépe ještě předtím, než vůbec k nehodě nebo incidentu dojde.

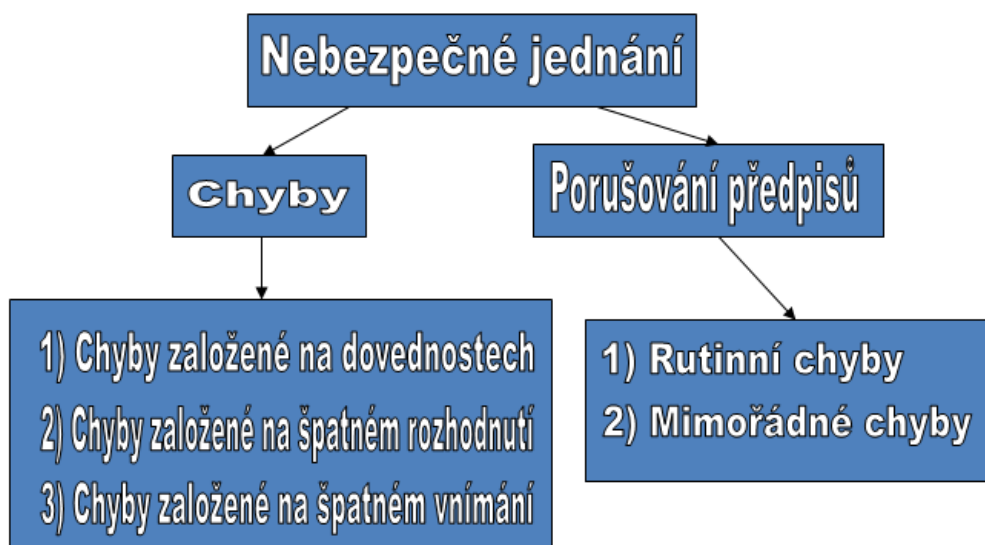
1.3 Model HFACS

Tento model, jak bylo již dříve uvedeno, vychází z reasonova modelu aktivních a latentních selhání. Zkratka HFACS vychází z anglického Human Factors Analysis and Classification System, volně přeloženo tedy systém pro analýzu a klasifikaci lidských faktorů. Tento systém vznikl na základě analýzy zhruba 300 leteckých nehod a incidentů v americkém letectvu, během čehož se hledali společné znaky příčin těchto událostí. Na základě zjištěných selhání, pochybení zařazuje do jednotlivých kategorií, tak aby bylo možné provést efektivní rozbor události a učinit opatření, tak aby se mimořádná událost podobného charakteru pokud možno nikdy neopakovala. [2]

1.3.1 Nebezpečné jednání

Nebezpečné jednání můžeme dělit do dvou kategorií, na chyby a na záměrné nedodržování postupů, předpisů... V obecné rovině chyby reprezentují selhání jedince při dosahování jím zamýšlených cílů. Není pro nás překvapením, že pro člověka je přirozené dělat chyby, proto také úroveň zastoupená nebezpečným jednáním tvoří zpravidla velkou část podílejší se na konkrétní události. Naopak naší snahou je v rámci nástrojů, které máme k dispozici, snaha o co nejvyšší potlačení záměrného nedodržování postupů. Mnoho organizací se snaží v rámci systému řízení bezpečnosti prevencí zabránit právě těmto druhům nebezpečného chování.

Oproti reasonovu modelu se model HFACS rozšířil o podúrovně, které představuje níže uvedený obrázek č.3. [2]



Obrázek 3 – Kategorie nebezpečného jednání způsobeného posádkou [2] (upraveno)

Chyby založené na dovednostech nebo chování založené na dovednostech je v letectví často popisováno jako základní letecká dovednost, anglické zdroje často uvádí „stick and rudder skill“. Část tohoto chování je založena na předpokladu vypěstování základních návyků, které výkonný letec dále správně uplatňuje. Tyto chyby zahrnují následující: pilot nevěnuje dostatečnou pozornost vlastní pilotáži, nesprávně rozdělená pozornost, vynechání příslušného postupu a dále především nesprávné použití jednotlivých prvků řízení, špatná technika pilotáže, „přeřízení“ letounu. [2]

Chyby založené na špatném rozhodnutí jsou druhou skupinou chyb, které mají původ v lidském činiteli. Tyto chyby představují chování, které proběhlo přesně tak, jak bylo posádkou zamýšleno, ale později se ukázalo jako nevhodné pro určitou konkrétní situaci. Chyby této kategorie bývají často také označovány jako „upřímné chyby“, tyto chyby jsou nejčastěji způsobeny nedostatečnou znalostí nebo špatně zvoleným řešením pro danou situaci. Do této kategorie můžeme zařadit následující situace: nesprávně aplikovaný postup, špatně vyhodnocená nouzová situace, nesprávná reakce na nouzovou situaci, překročení vlastních schopností, nevhodný manévr, špatné rozhodnutí pro určitou situaci. [3]

Přestože se obchodní letecká doprava považuje za vysoce strukturovanou, a v důsledku toho je většina rozhodnutí posádek daná určitou procedurou, procedury jsou mnohdy

explicitními postupy, které jsou aplikovány pro jednotlivé fáze letu, přesto se vyskytují situace, při kterých může dojít k chybě v situacích, kdy posádka řeší nestandardní situaci a je zároveň vystavena vnějším rušivým vlivům. [3] Přes výše uvedené jsme i v letectví nuceni dělat rozhodnutí v reálném čase, tyto rozhodnutí jsou ovlivněna především našimi zkušenostmi, znalostmi a v neposlední řadě tlakem, pod kterým musíme rozhodnutí dělat.

Za zmínění stojí dodat případy, které se v letectví také vyskytly, nicméně tvoří menší celkové zastoupení co do počtu nehod a incidentů. Jedná se o případy, kdy došlo k nesprávnému rozhodnutí v situaci, která se ukázala jako zcela nová pro jednotlivce, který jí byl nucen čelit. V těchto případech potřebuje jedinec dostatek času pro rozpoznání situace a její správné řešení, tato forma sice představuje nejmenší zastoupení případných chyb, ale poměr chyb při řešení problému je značně vyšší. [3]

Chyby způsobené špatným vnímáním jsou poměrně hojně zastoupené, tam kde je člověk vystaven vlivům, které mohou zhoršit jeho rozlišovací schopnosti. Jedná se o lety v náročných meteorologických podmínkách, lety v noci, což může způsobovat problémy spojené s vizuální a prostorovou dezorientací, jedná se také o nesprávně odhadnutou polohu, výšku a rychlost letounu. S iluzemi je spojena snaha našeho mozku, který se snaží o vyplnění prostoru tam, kde se mu nedostává dostatečného množství informací, například při absenci přirozeného horizontu v noci, za ztížených meteorologických podmínek může dojít k záměně horizontu za vrstvu oblačnosti, kterou bude pilot chybně pokládat za horizont, kterým se bude nadále řídit. [2] Autor se záměrně vyhnul popisu vestibulárního systému, který je příčinou většiny iluzí, neboť nevidí důležitost v seznámení čtenáře s touto problematikou, která není předmětem této práce.

Za zmínění stojí efekt „černé díry“, jedná se o situaci, kdy se letadlo pohybuje v nezastavěné krajině nad mořem, tudíž tam, kde je dosaženo téměř absolutní temnoty, často se jedná o jasné noci, tato situace vede k iluzi, kdy se může zdát, že je letoun výše, než ve skutečnosti opravdu je. Tato iluze představuje velmi vážnou hrozbu, která v nejednom případě vedla k řízenému letu do terénu. Za chyby způsobené špatným vnímáním není považována samotná iluze, či prostorová dezorientace, za chybu se považuje nesprávná reakce k nastalé situaci. Prevencí proti těmto iluzím je především spoléhání se na primární letové přístroje, bohužel i přes to se v dnešních dnech stále setkáváme s nehodami, které mají původ právě v iluzích a prostorové dezorientaci. [2]

Nedodržování předpisů představuje úmyslné chování, které má přímý dopad na bezpečnost leteckého provozu. Přestože se tento jev nevyskytuje zdaleka tak často jako chyby výše uvedené, představuje pro obchodní leteckou dopravu hrozbu, která má v minulosti na svědomí několik leteckých nehod. Model HFACS rozděluje porušování předpisů

na dvě kategorie, jednou je rutinní porušování předpisů, které obvykle bývá tolerováno systémem. Toto „ohýbání“ pravidel představuje riziko především z toho důvodu, že není důsledně předpis či daný postup vymáhaný autoritou, která by měla provádět dozor a kontrolu. [3]

Jakmile dojde k porušení a důslednému sankcionování, tak lze předpokládat pokles četnosti výskytu těchto porušení. Na tento problém lze jednoduše poukázat v silniční dopravě. Paralela s měřením rychlosti na silniční komunikaci v úseku, kde je maximální povolená rychlost 50km/h v případě, že není dohled nad komunikací lze předpokládat vysoká četnost porušení této rychlosti. Rutinní porušení můžeme demonstrovat tak, že policie nastaví určitou rezervu od 50km/h do 60km/h, ve které bude tolerovat porušení rychlosti, pokud zanedbáme, že se k tomu uchýlila například kvůli chybě měření [3]. Častým příkladem rutinního porušení může být pokračování v letu za podmínek IMC, přestože by let měl probíhat za podmínek VMC.

Dalším případem jsou porušení předpisů a pravidel, která vybočují z již uvedených rutinních porušení především svým charakterem, jedná se o závažná porušení, která nutně nemusí vypovídat o povaze jednotlivce, označujeme je za závažná především proto, že nejsou typická pro jednotlivce a je velmi obtížné je předpovědět. Může se jednat o „zkratovitě“ jednání, pro které má samotný aktér nelogické či žádné vysvětlení. [3]

Za příklady porušení předpisů nebo předepsaných postupů může pokládat tyto: nepostupování v souladu s dohodnutými postupy v rámci briefingu, zaletění neoprávněného druhu přiblížení, provedení zakázaného manévru, nedostatečná příprava na let, nedostatečné či žádné oprávnění pro provedení zamýšleného letu, záměrné překročení limitů letounu, let v nízké výšce.

1.3.2 Předpoklady pro nebezpečné jednání

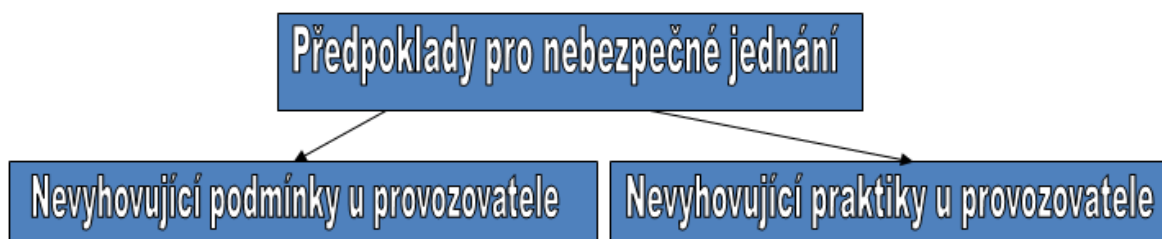
Přestože nebezpečné jednání je často prvním zjištěným selháním, je potřeba zaměřit pozornost na původce těchto selhání, které často objevujeme právě v skrytých podmínkách. Za tímto účelem rozdělujeme podmínky do dvou hlavních kategorií, které jsou uvedeny na obrázku č. 4 na následující straně.

Nevyhovující podmínky u provozovatele dělíme do třech podskupin, které detailněji poukazují na konkrétní nežádoucí vlivy. První podskupinu můžeme označit jako nepříznivé duševní stavy, do této úrovně můžeme zařadit následující: nedostatečná pozornost, rozrušení, psychická únava, spěch, nedostatek motivace a především ztráta situačního povědomí. Další podskupinu tvoří nežádoucí stavy způsobené fyzickými vlivy, které

představuje třeba nevyhovující zdravotní stav dotyčného způsobený nemocí, náhlá fyzická neschopnost, fyzická únava a další. [3]

Nevyhovující praktiky u provozovatele představují chování, které může člověk velmi snadno vyvodit sám sobě. Nevyhovující praktiky rozdělujeme na dvě kategorie, přičemž první z nich se věnuje nesprávnému řízení lidských zdrojů v posádce. Komunikace a týmová spolupráce posádky představuje velmi důležitý prvek, kterému bylo v minulosti věnováno mnoho pozornosti, přesto jsme i v dnešní době v některých případech konfrontováni se slabou spoluprací, či málo efektivní spoluprací v rámci posádky. Příkladem prakticky nefunkčního CRM může být letecká nehoda letounu L-1011 společnosti Eastern Air Lines let 401, která vedla k CFIT, k této nehodě došlo v roce 1972. [2]

Za příklady selhání v rámci CRM pokládáme nedostatečnou komunikaci, nedostatečně provedený briefing, špatné využívání dostupných zdrojů, selhání v rámci vedení posádky. Kromě selhání spojeného s CRM se jedná o vlivy, které mají spojitost s připraveností jedince pro výkon služby, jde o případy, kdy výkonný letec nedodrží předepsané normy na odpočinek a může tak dojít k významnému zhoršení výkonnosti.



Obrázek 4 – Kategorie předpokladů, které mohou vést k nebezpečnému jednání [2] (upraveno)

1.3.3 Nedostatečná supervize

Správně prováděný dohled by měl poskytovat podporu ve snaze dosáhnout úspěchu při plnění vytyčených cílů. Těchto cílů dosáhneme pouze v případě, pokud bude dozorujič poskytovat vedení, dostatečně kvalitní výcvik a v neposlední řadě motivaci. Bohužel ne vždy tomu tak je, tímto může být nedostatečně kvalitně provedený CRM výcvik či dokonce absence výcviku u některého z členů posádky, to ve výsledku vede k zcela nefunkčnímu systému, což ve svém důsledku výrazně zvyšuje pravděpodobnost selhání.

Při hledání příčin nehod a incidentů se zaměřujeme právě na to, zda docházelo k dostatečnému dozoru. Mezi takové selhání řadíme nedostatečné vedení, selhání při

provádění výcviku, chyby při sledování kvalifikovanosti posádek. Uvedené pochybení řadíme do podkategorie, kterou bychom mohli nazvat, jako všeobecný nedostatek dohledu. Mnoho nehod poukázalo na problémy při párování posádek, kdy obzvláště při kombinaci mladého nezkušeného druhého pilota a zasloužilého velitele letounu, docházelo z jeho strany k autoritativnímu přístupu vůči mladšímu a nezkušenému členovi posádky, což často mělo za následek nefungující CRM, které přispělo k leteckým mimořádným událostem. Problém párování jednotlivých členů posádky spadá do kategorie, do které dále patří selhání při vyhrazování dostatečného časového intervalu pro briefing. [3]

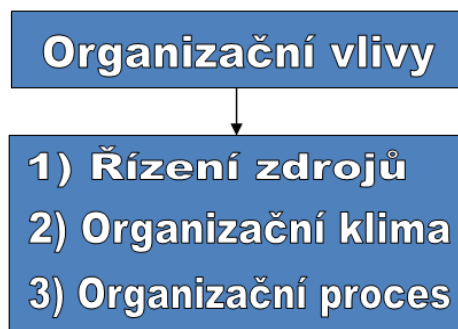
Dále se může jednat o tyto pochybení: absence nahlášení nebezpečného chování, absence provedení opravného opatření, selhání při prosazování pravidel nebo předpisů, pověření pro provedení letu, nedostatečně kvalifikovaného výkonného letce. Některé pochybení spadají do podkategorie, která se nazývá, jako selhání při řešení známého problému. Tím mohou být nedostatky v oblasti vybavení, výcviku, ale také jím může být samotné chování výkonných letců, přestože člen posádky věděl, že dotyčný není schopný bezpečného provedení letu, toto s nikým nerozebral a nikomu nehlásil. Dalšími případy mohou být selhání způsobené nedostatkem disciplíny, které představují riziko pro bezpečné provedení letu, tyto případy se vyskytují nejčastěji v GA, v obchodní letecké dopravě se jedná spíše o výjimky v řádech několika případů.

1.3.4 Organizační vlivy

To, že organizační vlivy mají přímý dopad na dohled, podmínky a v konečném důsledku na samotné jednání, o tom nemůže být pochyb, často však dochází k selháním právě v této úrovni, která následně ovlivňuje celý systém, a která je vyobrazena na obrázku č. 5 na následující straně. Kategorii organizačních vlivů můžeme rozdělit na tři části, první z nich je část, která se věnuje řízení zdrojů, jak by se mohlo zdát, nejedná se pouze o lidské zdroje, které jsem doposud v práci uváděl. V této části nás bude zajímat i řízení finančních zdrojů, které velmi úzce a nepřímě ovlivňuje celkovou úroveň bezpečnosti letecké dopravy. [3]

Rozhodování o finančních záležitostech společnosti by v žádném případě nemělo jakýmkoliv způsobem ovlivnit úroveň bezpečnosti, bohužel i přesto se objevují případy, kdy například vlivem špatné finanční situace letecké společnosti dochází ke škrtům [2], které se mohou velmi rychle a nepříjemně dostavit ve formě spolupůsobící příčiny letecké mimořádné události. Nedostatečné financování může vést ke snaze financovat pouze předpisem vyžadované výcviky, dále pak může jít o pořizování nedostatečně kvalitního vybavení a špatně udržovanou leteckou techniku. Není otázkou, zdali k dopadům na úroveň bezpečnosti dojde, je zde pouze otázkou, jak závažné dopady budou.

Další součástí je organizační klima, které zahrnuje širokou škálu proměnných, které ovlivňují výsledný výkon jedinců. Obecně lze organizační klima považovat za pracovní atmosféru uvnitř dané organizace. To může částečně odrážet i strukturu dané organizace, především její vedení, delegaci zodpovědností, stejně tak, jako je komunikace důležitá mezi výkonnými letci na palubě letadla, tak je stejně důležitá komunikace uvnitř organizace. Nejlepšími ukazateli klimatu uvnitř společnosti jsou organizační politika a firemní kultura. Firemní kultura je na druhou stranu dána nepsanými pravidly, hodnotami a přesvědčením, které lidé uvnitř společnosti sdílejí. Poslední část organizačních vlivů tvoří tzv. operační proces, tento proces řídí firemní rozhodnutí a určuje pravidla pro každodenní činnost v rámci dané organizace, součástí tohoto je organizace a používání standardizovaných provozních postupů, postupy kontroly a dohledu. [3]



Obrázek 5 – Organizační vlivy [2] (upraveno)

Bohužel ne všechny organizace sdílejí takovýto přístup. Opět uvádím několik případů organizačních vlivů, které mají dopad na výslednou úroveň bezpečnosti leteckého provozu, jedná se především o tyto: nábor nových zaměstnanců, personální obsazení důležitých pozic, nekvalitní výcvik posádek, nedostatek finančních prostředků ve vztahu k financování výcviků, snaha o nadměrné šetření na technice, nákup nevyhovujícího vybavení, komunikace mezi jednotlivými odděleními uvnitř firmy, špatné delegování pravomoci, rozsáhlé propouštění, nedostatečné vymezení se vůči návykovým látkám, příliš rychlé pracovní tempo, časová tíseň pro splnění daného úkolu, špatně ustanovené postupy, nejasně stanovené cíle, nepřesně vedená dokumentace, nejasné instrukce a v neposlední řadě neefektivní či špatně nastavený systém řízení bezpečnosti. [2]

S postupem času se ukázalo, že model HFACS, přestože byl ve svých počátcích užíván pouze armádou, může poskytnout velmi cenné informace taktéž v obchodní letecké dopravě. Při svém zavedení poukázal na velmi zásadní téma a to na potřebu dalšího intenzivnějšího

výzkumu lidského činitele. I v dnešní dynamické době slouží jako základní rámec, který může identifikovat specifické typy leteckých nehod a incidentů. Na základě těchto skutečností je možné efektivně provádět preventivní systematická opatření, která přispívají k celkovému zvýšení bezpečnosti letecké dopravy.

2 Analýza rizik a dopadů na bezpečnost s ohledem na současné trendy

V této kapitole se zpočátku zaměříme na statistické údaje, které dokládají závažnost problematiky lidského faktoru, a jeho možných dopadů na úroveň celkové bezpečnosti letecké dopravy. Z níže uvedených statistických údajů může být zřejmé, že v naprosté většině případů leteckých nehod a incidentů, je možné situaci přiřadit kategoriím, s kterými bude v této kapitole čtenář důkladně seznámen, a které se v leteckém prostředí postupem času a bohužel těchto událostí vydefinovaly. Tak jak samotný název kapitoly může napovídat samostatnou část kapitoly tvoří také analýza rizik, která je zaměřená na nebezpečné trendy, které byly vydefinovány pomocí statistik, které má autor k dispozici za roky 2013-2017. Jedná se o statistiky, které jsou součástí výročních zpráv organizace IATA, tyto statistiky jsou vztaženy celosvětově k obchodní letecké dopravě, na níž se podílejí členské státy výše uvedené organizace. Čtenář bude nejprve seznámen s danými statistickými údaji, které uvádějí dvě nejzávažnější hrozby v oblasti obchodní letecké dopravy, následně bude provedena analýza rizik spojených s těmito případy, samotná analýza rizik je kombinací jednotlivých přístupů, s kterými bude čtenář seznámen v dané kapitole.

Výstupem z této kapitoly bude určení konkrétních rizikových faktorů spojených s jednotlivými kategoriemi leteckých mimořádných událostí. Pro obě kategorie budou uvedeny tři nejzávažnější rizikové faktory, které budou následně stručně popsány, a s kterými se čtenář bude ve zbytku této práce často setkávat.

Všeobecně snahou leteckých výrobců, leteckých společností a leteckých autorit, by měla být snaha o zavádění opatření, která by měla sloužit ke snižování procentuálního zastoupení jednotlivých kategorií leteckých nehod, na co nejnižší dosažitelnou úroveň. Přes všechna námi zaváděná opatření se stále setkáváme s kategoriemi, které jsou stále poměrně hojně zastoupeny co do počtu nehod, několika hlavním kategoriím se bude autor v této kapitole věnovat. Je zapotřebí dále uvést několik definic, které se v této kapitole budou poměrně často vyskytovat, a které je potřeba znát pro další pochopení dané problematiky.

První definicí je samotná **letecká nehoda**, jedná se o událost spojenou s provozem letadla, která se v případě pilotovaného letadla, stala mezi dobou, kdy jakákoliv osoba nastoupila do letadla s úmyslem vykonat let a dobou, kdy všechny takové osoby letadlo opustily, a hlavní

pohonná soustava je vypnuta a při které byla některá osoba smrtelně nebo těžce zraněna, letadlo bylo zničeno anebo je nezvěstné. [4] Další definicí je **incident**, incidentem se rozumí událost jiná než letecká nehoda spojená s provozem letadla, která ovlivňuje nebo by mohla ovlivnit bezpečnost provozu. [4] Přes vynakládané úsilí jsme občas svědky leteckých nehod a incidentů, proti kterým můžeme bojovat důslednějším dodržováním navržených opatření, zaváděním nových postupů anebo zaváděním nových technologických řešení, bohužel absolutní úroveň bezpečnosti LD bychom dosáhli pouze v případě, že bychom žádnou takovou činnost neprováděli. Naším cílem je tedy snaha o co nejmenší výskyt těchto událostí. Další definicí, kterou je nutno uvést je definice **rizika**, rizikem se rozumí kvantitativní a kvalitativní vyjádření ohrožení, zároveň tento pojem vyjadřuje pravděpodobnost vzniku negativního jevu a důsledky tohoto jevu. Riziko představuje dva rozměry a to: pravděpodobnost vzniku nebezpečné situace a závažnost možných následků. [5]

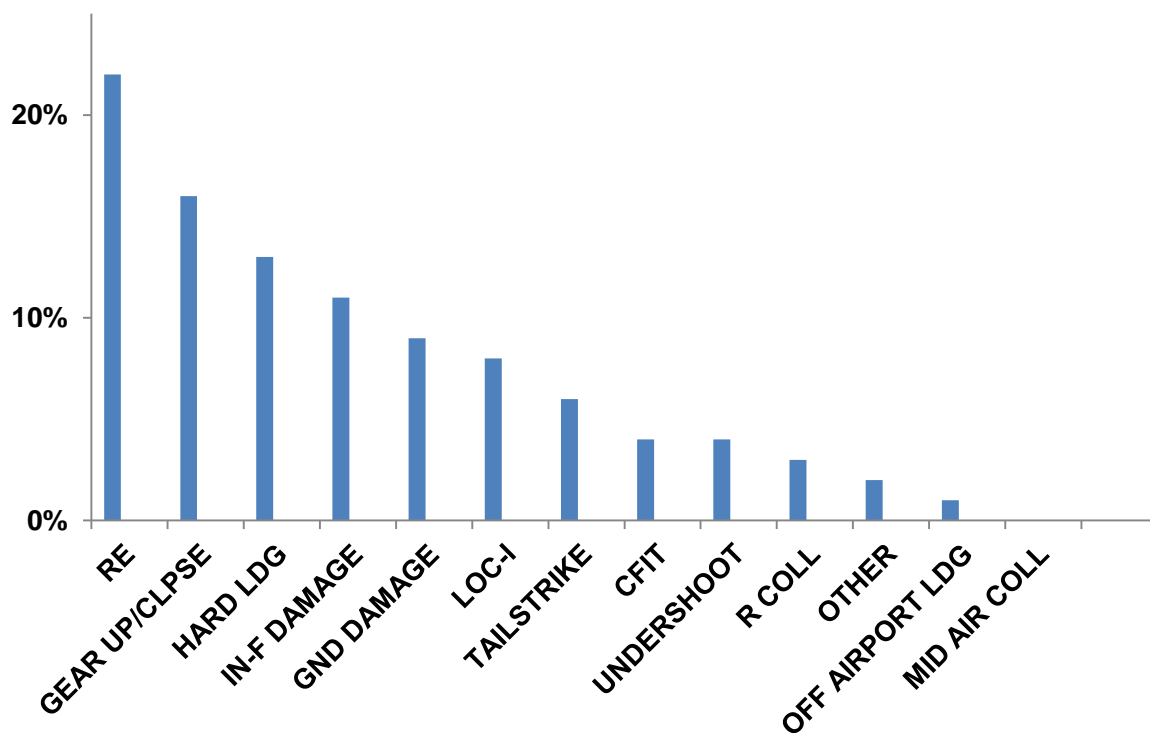
Další definicí je definice samotného **lidského faktoru**, uvádím definici zdefinovanou prof. Edwardem: „Lidský faktor je disciplína, která se zabývá optimalizací mezilidských vztahů a lidských aktivit při systematické aplikaci humanitních věd integrovaných v rámci systémového inženýrství“ [6]

2.1 Statistické údaje

Tato část práce slouží k lepšímu pochopení souvislostí v případě výskytu konkrétních typů nehod. Z níže uvedených grafů vyplývá, že výskyt jednotlivých kategorií nehod záleží na dané fázi letu, dále na tom, zda se jedná o nehodu, při které došlo k újmě na zdraví či nikoliv. Obecně se dá říci, že nejzávažnějšími kategoriemi leteckých nehod, při kterých jsou oběti na životech či vážné zdravotní následky, zůstávají stále ty samé kategorie, kterými jsou především nehody způsobené vlivem ztráty kontroly nad letadlem a nehody způsobené řízeným letem do terénu. Těmto dvěma uvedeným kategoriím autor zaměřil převážnou pozornost při tvorbě této práce, obě kategorie představují velký a stále aktuální problém, kterému bylo věnováno mnoho úsilí, ale i přestože data z minulých let ukazují na klesající trend těchto nehod, stále jsme v dnešní době poměrně často svědky těchto typů nehod.

V níže uvedených statistických údajích se vyskytují termíny, které představují jednotlivé kategorizace událostí, které vedou k leteckým mimořádným událostem, zavádíme proto vysvětlivky zkratk, které bude možno nalézt v jednotlivých grafech [7]:

- Ztráta kontroly nad letadlem **LOC-I**
- Řízený let do terénu **CFIT**
- Vyjetí z RWY/TWY **RE**
- Poškození za letu **IN-F DAMAGE**
- Poškození na zemi **GND DAMAGE**
- Tvrdé přistání **HARD LDG**
- Přistání bez podvozku/kolaps podvozku **GEAR UP/CLPSE**
- Dotyk zadní části draku s RWY **TAILSTRIKE**
- „Krátké“ přistání **UNDERSHOOT**
- Kolize s RWY **R COLL**
- Ostatní **OTHER**
- Přistání mimo letiště **OFF AIRPORT LDG**
- Srážka ve vzduchu **MID AIR COLL**



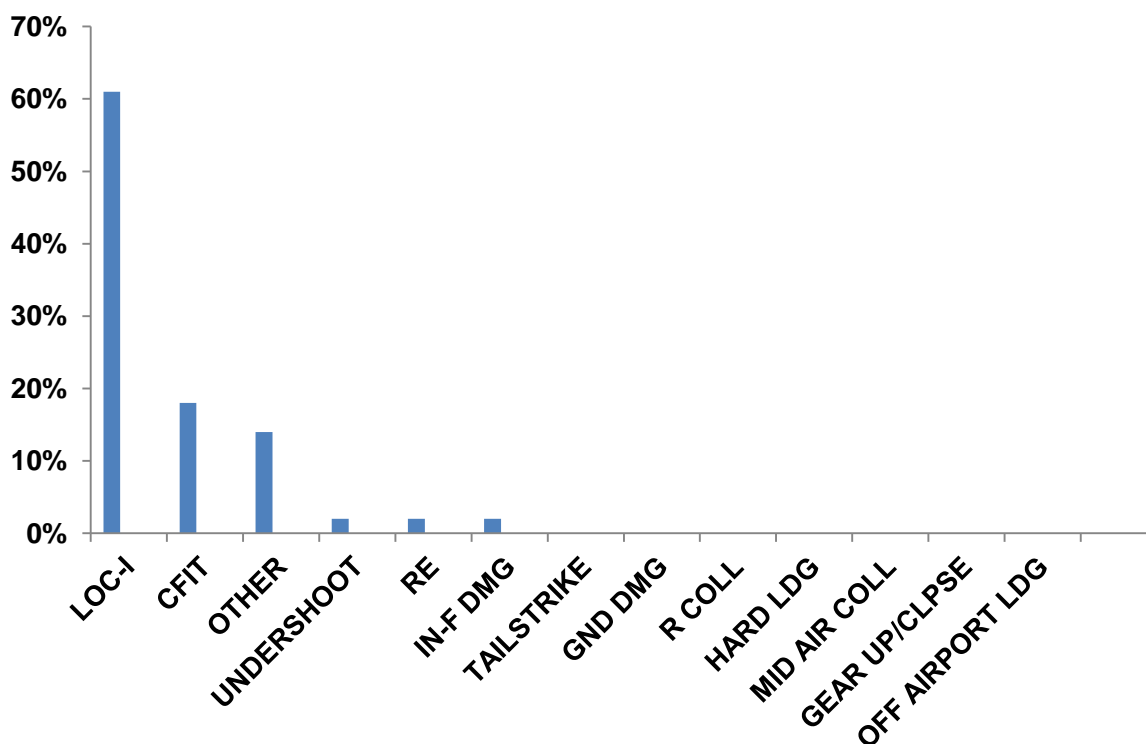
Graf 1 – Výskyt leteckých nehod dle jednotlivých kategorií v období 2013-2017 [7]

Z výše uvedeného grafu č. 1 můžeme zjistit, že největší počet leteckých nehod, které se staly mezi lety 2013-2017 přísluší kategorii nehod, které anglická literatura označuje za **runway excursion**, volným českým překladem označující situaci nezamýšleného vyjetí z dráhového systému, tyto případy se vyskytují nejčastěji v situacích, kdy nejsou dosažitelné optimální brzdné účinky v případě kontaminace dráhového systému, jinou příčinou RE může být nestabilizované přiblížení končící dlouhým rozpočtem a vyjetím z RWY.

Nehody tohoto typu končí nejčastěji lehkými zraněními cestujících a posádky, dochází k poškození letounu samotného a letištní infrastruktury (antény radionavigačních systému...). K situacím, kdy došlo k poškození letounu vlivem přistání bez vysunutého podvozku, dochází nejčastěji nedodržením SOP daného provozovatele, bavíme-li se o kolapsu podvozku, tak zde je příčin mnoho, nehody způsobené tvrdým přistáním mají mnohdy společnou příčinu v nepříznivých povětrnostních podmínkách, dále pak v nezvládnutí techniky pilotáže. Poškození za letu nejčastěji připisujeme kolizi s ptactvem, které se snažíme omezit biologickou ochrannou kolem letišť atd.

Nejzajímavější informací pro nás v tomto grafu představuje umístění kategorií LOC-I společně s kategorií CFIT, přestože tyto dva druhy nehod nefigurují na prvních nejčetnějších

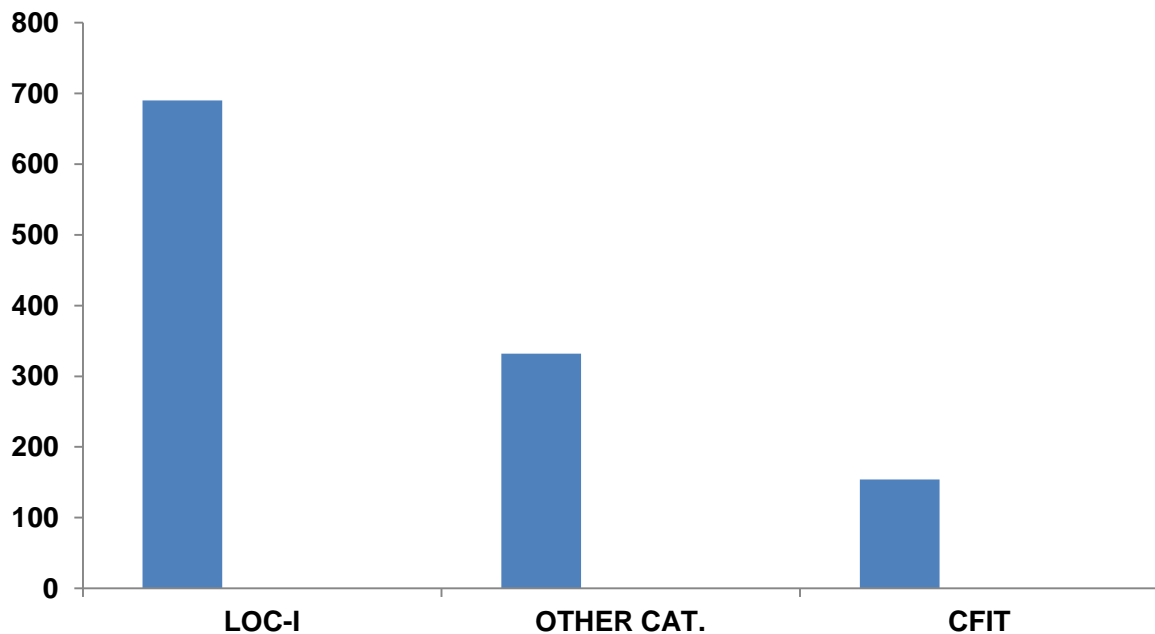
místech, představují pro nás v dnešních dnech největší hrozbu co do počtu úmrtí a těžkých zranění v letecké dopravě. Tento stav dokládá graf č.2 níže.



Graf 2 – Letecké nehody s tragickými následky dle jednotlivých kategorií v období 2013-2017 [7]

Mezi lety 2013-2017 došlo k celkovému počtu 340 leteckých nehod, z nichž 45 bylo s úmrtím či vážným zraněním osob na palubě. [7] Na výše uvedených 45 fatálních leteckých nehod připadá 1176 obětí, při pohledu na graf výše zjistíme, že nejvyšší počet nehod s fatálními následky připadá ztrátě kontroly nad letounem, v těchto případech velmi často dochází k situacím stejně tak, jako v případě řízeného letu do terénu, kdy nezůstávají žádní přeživší, to je dáno především charakterem dopadu letounu na zem (vysoká rychlost a vysoká hodnota přetížení, která organismus nedokáže „vstřebat“ dochází k vnitřním zraněním vedoucím k úmrtí).

Na následujícím grafu můžeme pozorovat počty obětí přiřazené daným kategoriím pro sledované období. Možná právě tento graf, spolu s předchozím, nejlépe demonstruje závažnost této problematiky, které bylo věnováno v minulosti mimořádného úsilí, ať už zaváděním konkrétních technických opatření, výcvikových opatření, a které bude do budoucna třeba ještě věnovat mnoho úsilí.

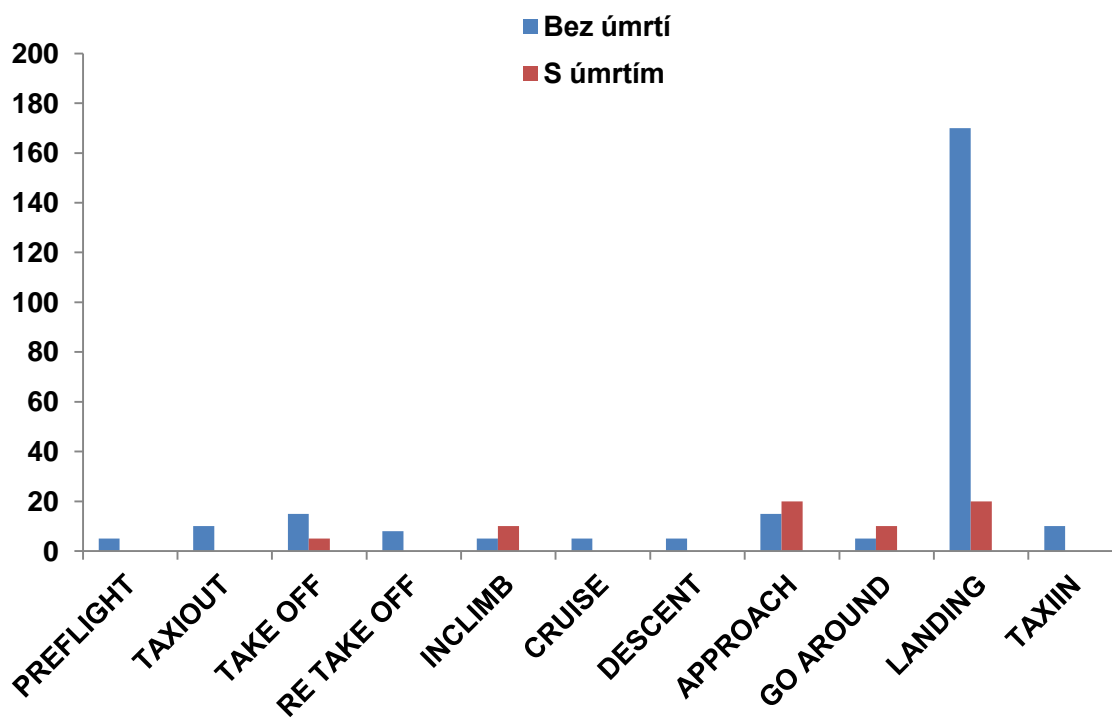


Graf 3 – Počet obětí leteckých nehod dle jednotlivých kategorií v období 2013-2017 [7]

Výše uvedený graf reprezentuje počty obětí leteckých nehod náležící jednotlivým kategoriím příčin těchto nehod, oproti dříve uvedeným grafům položka ostatní CAT zahrnuje zbylé kategorie, kterými jsou OTHER, UNDERSHOOT, RE, IN-F DMG, GND DMG, TAILSTRIKE, R COLL, HARD LDG, MID AIR COLL, GEAR UP/CLPSE a OFF AIRPORT LDG. Ztráta kontroly nad letadlem představuje 690 obětí, řízený let do terénu činí 154 ztrát na životech, společně tyto dvě kategorie tvoří 844 obětí z celkového počtu 1146 obětí v období 2013-2017 to je 73,65% z celkového počtu všech obětí ve sledovaném časovém úseku. [7] Z dalšího grafu vyplývá souvislost s již uvedenými grafy, jedná se o graf, který zobrazuje počet leteckých nehod v dané fázi letu, dále rozlišuje, zdali došlo k fatálním následkům na životech či nikoliv.

Podíváme-li se na graf důkladně, zjistíme, že největší zastoupení co do počtu nehod, představuje fáze přistání, tedy časový úsek, který začíná klesáním z předepsané výšky, a který končí opuštěním letounu mimo dráhový systém, přestože tato fáze markantně dominuje, nepředstavuje nejvyšší počet úmrtí v dané fázi letu, pokud bychom se vrátili k prvnímu uvedenému grafu této kapitoly, zjistili bychom, že tento fakt odráží současný trend poměrně značného výskytu nehod typu runway excursion, který byl zmíněn již dříve.

Další podstatnou informací pro nás jsou fáze letu, které představují nejvyšší počet obětí. Konkrétně se tedy jedná o fáze letu spojené s počátečním stoupáním (INCLIMB), přiblížení (APPROACH), nezvládnutím opakování přistávacího manévru (GO AROUND) a přistání (LANDING).



Graf 4 – Počet leteckých nehod dle jednotlivých fází letu ve sledovaném období [7]

2.2 Analýza rizik

Tato část práce je věnována analýze rizik, která jsou typická pro nejčastěji vyskytující se hrozby, které byly odhaleny pomocí dostupných údajů z minulosti a to konkrétně pro období mezi lety 2013-2017. Přestože se jedná o krátké období, mohou tato data posloužit jako kvalitní podklad pro vyvození závěrů o konkrétních rizicích v dané oblasti.

Následující část práce slouží k seznámení se samotnou metodou, s jakou přistoupil autor k tvorbě analýzy.

2.2.1 Metody použité při tvorbě analýzy rizik

Ve své podstatě se jedná o kombinaci dvou nástrojů, které se používají v oblasti řízení a vyhodnocování rizik, kdy autor jeden z nástrojů modifikoval tak aby lépe vyhovoval našemu zadání. Modifikace nástroje byla provedena v jednom z hodnotících kritérií, konkrétně se jedná o kritérium pravděpodobnosti následků či závažnosti následků, to bylo nahrazeno kritériem, které hodnotí, zdali se jedná o ohrožení přímé či nepřímé a jak závažné. K této změně se autor rozhodl především z důvodu, aby bylo zjištěno, která místa v pořadí v analýze rizik představují faktory, které představují přímé ohrožení. První z nástrojů, který autor použil je diagram následků a příčin jiným názvem také **Ishikawův diagram**, tento grafický nástroj v analýze rizik posloužil jako cenný nástroj, pomocí něhož byly nalezeny a zobrazeny následky a jejich pravděpodobné příčiny. Tvorba diagramu probíhala tak, že si autor určil hrozbu, tedy v prvním případě CFIT a v druhém LOC-I a pro tyto případy hledal možné příčiny těchto událostí. Autor zároveň použil kategorizaci rizik podobnou pro model SHELL (ČLOVĚK, PROSTŘEDÍ...) a to z důvodu lepší orientace v daných rizicích. Vznikl tak přehledný model, který bude dál použit pro další práci při analýze s konkrétními riziky a zároveň funguje jako snadný prvek pro rychlé seznámení s riziky v dané oblasti.

Druhým nástrojem je **Jednoduchá bodová polokvantitativní metoda PNH** na jejímž základu autor provedl samotné vyhodnocení rizik. Metoda vyhodnocuje příslušné riziko ve třech jeho složkách a to následovně [5]:

- 1) Pravděpodobnost vzniku (P)
- 2) Pravděpodobnost následků, závažnost následků (N)
- 3) Názor hodnotitele (H)

Původní nástroj autor mírně upravil v bodě 2) ve výsledku tedy složky vypadají takto:

- 1) Pravděpodobnost vzniku (P)
- 2) Charakter ohrožení (přímé, nepřímé) (C)
- 3) Názor hodnotitele (H)

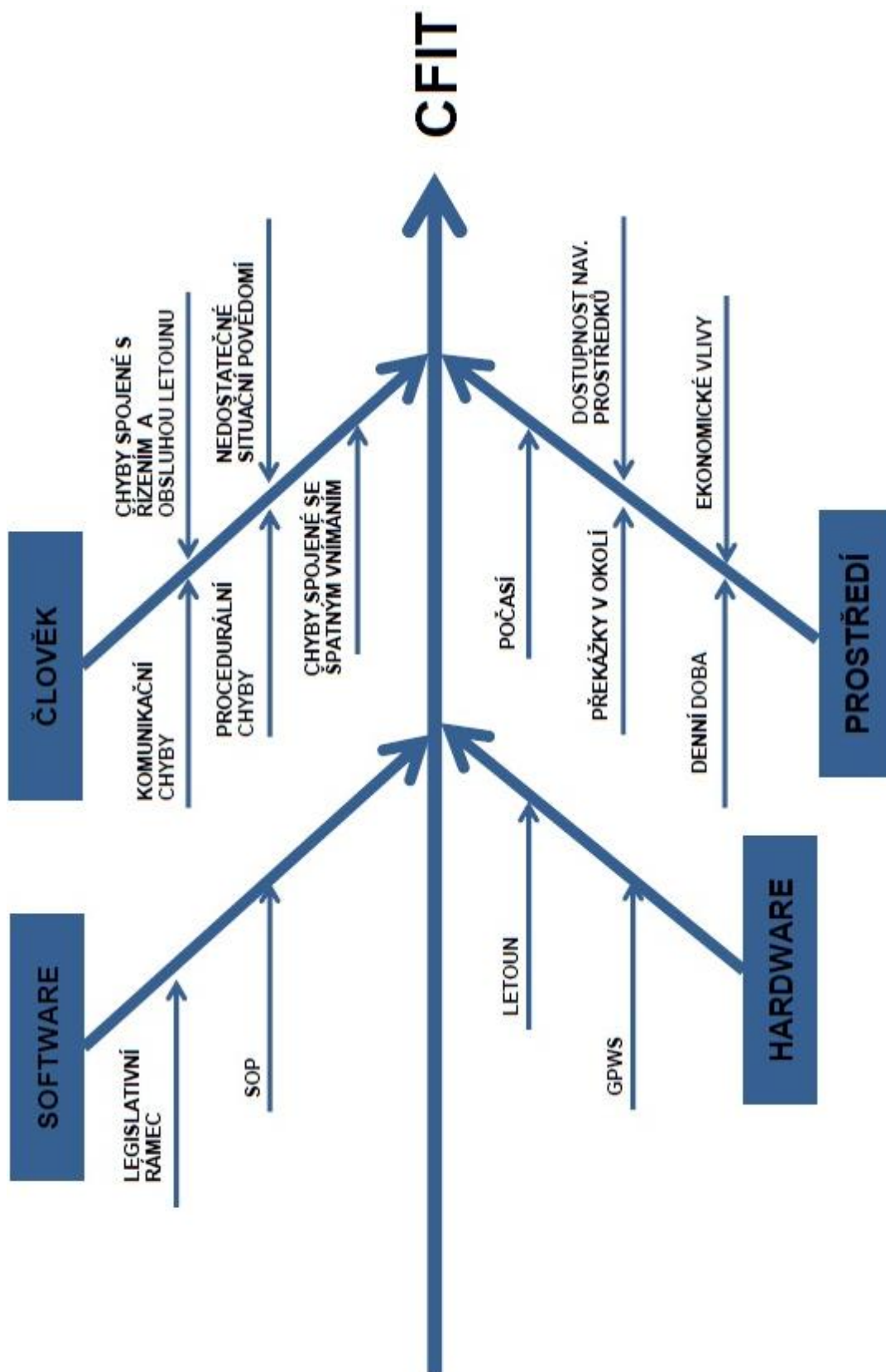
S ohledem na tento fakt dále autor pracuje dále s označením metody PCH. Pohledem na níže uvedenou matici, se čtenář může seznámit s ohodnocením jednotlivých možností, které jsou dále přiřazovány jednotlivým rizikům. Celkové hodnocení rizika lze pak získat součinem ohodnocených faktorů, jehož výsledkem je pak **ukazatel míry rizika – R**.

R	MÍRA RIZIKA	P	PRAVDĚPODOBNOST VZNIKU RIZIKA
>100	Nepřijatelné	5	Trvalá
51-100	Nežádoucí	4	Velmi pravděpodobná
11-50	Mírné	3	Pravděpodobná
3-10	Akceptovatelné	2	Nepřavděpodobná
<3	Bezvýznamné	1	Nahodilá
C	CHARAKTER OHROŽENÍ	H	NÁZOR HODNOTITELE
5	PŘÍMÉ VELMI VÁŽNÉ	5	Velmi významný vliv na míru ohrožení
4	NEPŘÍMÉ VELMI VÁŽNÉ	4	Velký vliv na míru ohrožení
3	PŘÍMÉ/NEPŘÍMÉ VÁŽNÉ	3	Větší vliv na míru ohrožení
2	PŘÍMÉ LEHKÉ	2	Malý vliv na míru ohrožení
1	NEPŘÍMÉ LEHKÉ	1	Zanedbatelný vliv na míru ohrožení
Celkové hodnocení rizika, kde výsledkem je ukazatel míry rizika $R = P \times C \times H$			

Tabulka 1 – Matice pro vyhodnocení rizik metodou PCH

Autor práce vytvořil Ishikawův diagram příčin a následků pro obě varianty, dále pak provedl vyhodnocení rizik pomocí PCH metody opět pro obě hrozby, pro jednotlivé hrozby autor stanovil nejzávažnější rizikové faktory, které vyplynuly z uvedené analýzy rizik. Prvním případem, který byl podroben analýze jsou události, které jsou kategorizovány jako CFIT a dále pak LOC-I. Výsledkem bude stanovení tří nejzávažnějších rizikových faktorů pro každou kategorii, s těmito faktory bude následně čtenář stručně seznámen.

2.2.2 Analýza rizik zaměřená na CFIT a její výsledky



Graf 5 – Ishikawův diagram pro rizika spojené s CFIT

CFIT Rizikové faktory						
	FAKTOR	P	C	H	R	MÍRA RIZIKA
1	POČASÍ (IMC)	5	4	4	80	Nežádoucí
2	NEDOSTATEČNÉ SITUAČNÍ POVĚDOMÍ	4	4	5	80	Nežádoucí
3	CHYBY SPOJENÉ S ŘÍZENÍM A OBSLUHOU LETOUNU	3	4	5	60	Nežádoucí
4	CHYBY SPOJENÉ S ŠPATNÝM VNÍMÁNÍM	4	3	4	48	Mírné
5	DENNÍ DOBA (NOC)	5	3	3	45	Mírné
6	PŘEKÁŽKY V OKOLÍ	3	3	5	45	Mírné
7	PROCEDURÁLNÍ CHYBY	3	3	4	36	Mírné
8	KOMUNIKAČNÍ CHYBY	3	3	4	36	Mírné
9	LETOUN	3	1	3	9	Akceptovatelné
10	EKONOMICKÉ VLIVY	3	1	3	9	Akceptovatelné
11	SOP	2	1	2	4	Akceptovatelné
12	LEGISLATIVNÍ RÁMEC	2	1	2	4	Akceptovatelné
13	GPWS	2	1	2	4	Akceptovatelné
14	DOSTUPNOST NAV. PROSTŘEDKŮ	1	1	2	2	Bezvýznamné

Tabulka 2 – Rizikové faktory spojené s CFIT

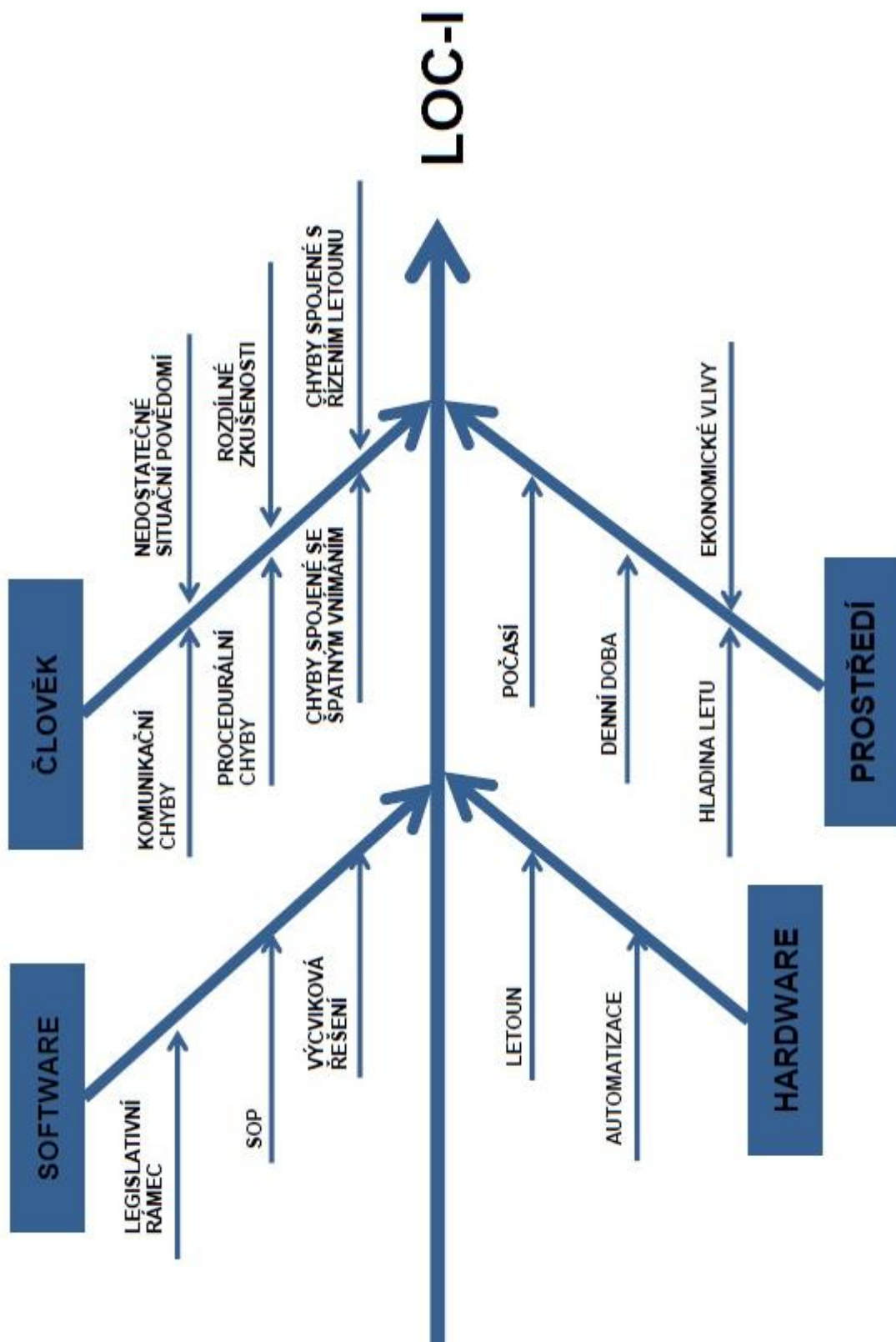
Tabulka č. 2 výše uvádí jednotlivé rizikové faktory spojené s CFIT, které jsme byly nalezeny pomocí diagramu následků a příčin na předchozí straně, tabulka zároveň zobrazuje jednotlivé ohodnocení prvků pomocí metody PCH a výslednou míru rizika R pro dané faktory.

Mezi první tři faktory s nejvyšší mírou rizika řadíme tyto:

- 1) Počasí (IMC)** představuje dle analýzy společně s nedostatečným situačním povědomím přední umístění co do míry rizika. Počasí představuje trvalý rizikový faktor, který nepřímo zásadně přispívá k nehodám typu CFIT. Bohužel, tak jako u jiných faktorů, nelze počasí jako rizikový faktor žádným způsobem eliminovat. Počasí jako takové představuje riziko ve vztahu k hrozbě typu CFIT především prostřednictvím snížené dohlednosti, která znemožňuje vizuální referenci s překážkami v okolí letounu.

- 2) Nedostatečné situační povědomí** je považováno v odborné literatuře věnované řízeným letům do terénu za primární zdroj rizik, tento fakt potvrdila i mnou provedená analýza. Za nedostatečné situační vědomí můžeme například pokládat, nedostatečný přehled výkonných letců o laterální/vertikální poloze letounu vůči překážkám v okolí. Tyto rizika mohou být poměrně snadno eliminována pomocí implementace nových technologických řešení.
- 3) Chyby spojené s řízením a obsluhou letounu** autor nedefinoval jako nesprávné či nekompletní nastavení palubních systémů. Dále se jedná o případy, kdy výkonní letci nedodrží záměrně či nezáměrně zamýšlenou hladinu a trajektorii letu a dochází k větším deviacím.

2.2.3 Analýza rizik zaměřená na LOC-I a její výsledky



Graf 6 – Ishikawův diagram pro rizika spojené s LOC-I

LOC-I Rizikové faktory						
	FAKTOR	P	C	H	R	MÍRA RIZIKA
1	NEDOSTATEČNÉ SITUAČNÍ POVĚDOMÍ	4	4	5	80	Nežádoucí
2	CHYBY SPOJENÉ S ŘÍZENÍM A OBSLUHOU LETOUNU	3	5	5	75	Nežádoucí
3	ROZDÍLNÉ ZKUŠENOSTI	5	3	5	75	Nežádoucí
4	POČASÍ (IMC)	5	3	4	60	Nežádoucí
5	AUTOMATIZACE	4	3	4	48	Mírné
6	CHYBY SPOJENÉ S ŠPATNÝM VNÍMÁNÍM	3	4	4	48	Mírné
7	DENNÍ DOBA (NOC)	5	3	3	45	Mírné
8	KOMUNIKAČNÍ CHYBY	3	3	4	36	Mírné
9	EKONOMICKÉ VLIVY	3	3	4	36	Mírné
10	VÝCVIKOVÁ ŘEŠENÍ	3	3	4	36	Mírné
11	HLADINA LETU	1	3	3	9	Akceptovatelné
12	PROCEDURÁLNÍ CHYBY	3	1	3	9	Akceptovatelné
13	LEGISLATIVNÍ RÁMEC	2	1	3	6	Akceptovatelné
14	LETOUN	2	1	2	4	Akceptovatelné
15	SOP	2	1	2	4	Akceptovatelné

Tabulka 3 – Rizikové faktory spojené s LOC-I

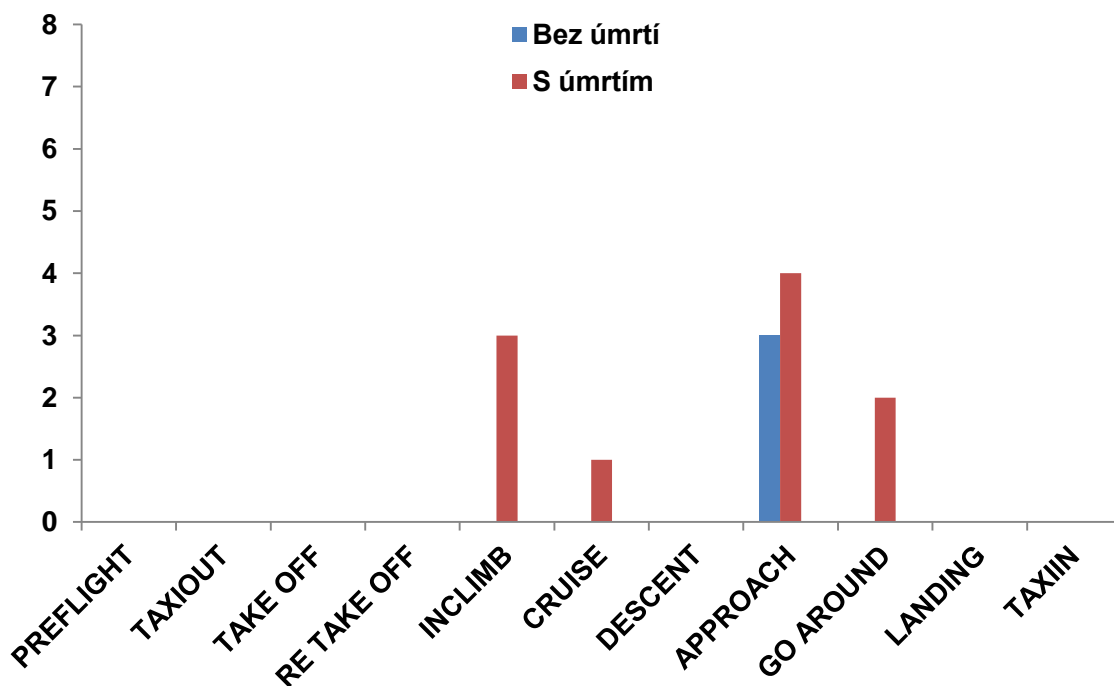
Obdobně jako u tabulky č. 2, která se věnovala rizikovým faktorům spojeným s CFIT se výše uvedená tabulka č. 3 věnuje jednotlivým rizikovým faktorům tentokrát spojeným se ztrátou kontroly nad letounem za letu. Mezi první tři faktory s nejvyšší mírou rizika řadíme tyto:

- 1) Nedostatečné situační povědomí** představuje faktor s nejvyšší mírou rizika. Tento faktor dle autora představuje situace, kdy posádka nemá zcela jednoznačný model o tom, co se přesně děje během jednotlivých fází letu. Obecně se dá říci, že riziko představuje nedostatečné situační povědomí nepochopením energického stavu letounu v dané fázi letu s možným následkem, který vede v uvedení letounu do neobvyklé polohy, kdy si posádka často ani neuvědomuje, že je na hraně či za hranou letové obálky. V případech spojených s LOC-I dochází typicky k nepochopení blížícího se nebezpečí odtržení proudnic na nosných plochách, případně zvyšujícího se úhlu náběhu.

- 2) Chyby spojené s řízením a obsluhou letounu** v případech spojených s LOC-I jsou považovány za nevhodné zásahy do řízení, které mají za následek uvedení letounu do neobvyklé polohy, či nesprávné zásahy do řízení, které jsou zapotřebí pro obnovení kontroly nad letounem v případech, kdy se letoun nachází již mimo obvyklé režimy letu. Za zásadní autor považuje manuální řízení v oblasti nízkých rychlostí blízkých pádovým rychlostem a ve vysokých hladinách letu, kde jsou nároky na pilotáž vyšší než během ostatních fází letu. Tyto rizika můžeme snížit kvalitním výcvikem, který je věnován problematice neobvyklých poloh, které mohou za letu nastat.
- 3) Rozdílné zkušenosti** jsou třetím hlavním rizikovým faktorem, který se podařilo autorovi identifikovat. Autor se domnívá, že samotný název rizikového faktoru je plně vypovídající o daném riziku, už samotný fakt, že nikdy nebudou mít výkonní letci stejné zkušenosti, představuje alespoň dle autora poměrně zásadní riziko. Domnívám se, že právě v problematice ztráty kontroly nad letounem hrají zkušenosti zásadní roli a to již v samotné prevenci, kdy si zkušenější jedinci častěji uvědomují rizika spojená s LOC-I včetně situací, které k těmto událostem mohou vést. Dle názoru autora mají zkušenější výkonní letci také vyšší pravděpodobnost úspěšného vybrání letounu z neobvyklé polohy než jejich méně zkušené kolegové, zároveň ještě jednou dodávám, že se jedná pouze o můj osobní názor, který není podložený konkrétními daty. Zkušenosti autor nehodnotí podle nalétaných hodin ale podle zkušeností například s akrobatickým létáním, službou v armádě...

2.3 Řízený let do terénu

Následující graf č. 7 navazuje na graf č. 4, s rozdílem, že se věnuje přímo dané kategorii nehod a to leteckým nehodám, které jsou ve sledovaném období přičítány právě řízenému letu do terénu (CFIT). V období 2013-2017 došlo k 13 leteckým nehodám způsobených CFIT, které měly v minulosti za následek úmrtí 154 osob.[7] Tyto čísla dokládají závažnost tohoto typu leteckých nehod, kdy je pouze malá či žádná šance na přežití, v převážné většině těchto případů dochází ke kompletní destrukci letounu anebo jeho celků.



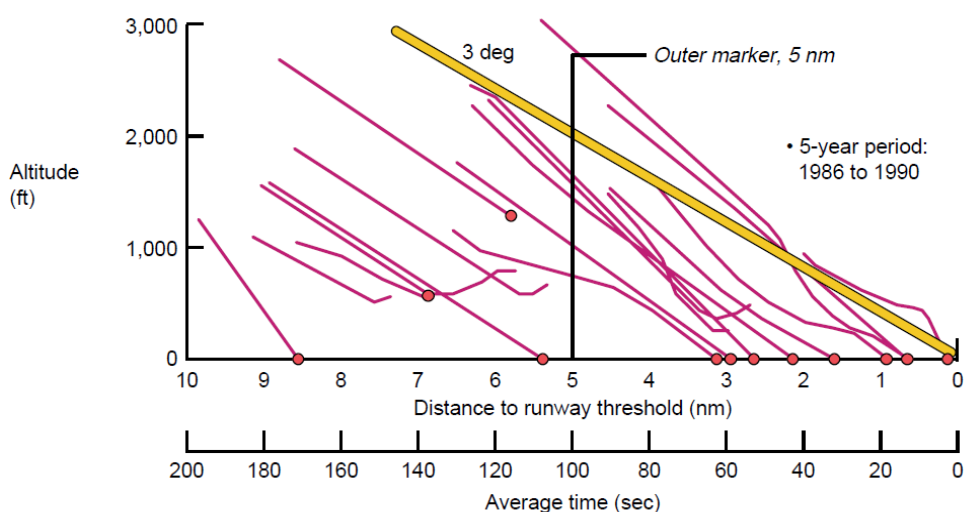
Graf 7 – Počet leteckých nehod způsobených CFIT dle jednotlivých fází letu ve sledovaném období [7]

Odpovědí na tyto druhy nehod bylo vyvinutí systému GPWS a později jeho zdokonalené verze EGPWS, která oproti původní verzi disponuje celosvětovou digitální databází překážek a dokáže tak poskytovat varování i v případě velmi strmých překážek, jakými jsou především horské masivy, kdežto původní verze systému fungovala na principu snímání výšky pod letounem pomocí radiovýškoměrů a nedokázala tak včasné indikovat tyto druhy kolizí. Systém GPWS byl uveden v roce 1974 a od této doby pozorujeme trvalý sestupný trend těchto nehod.

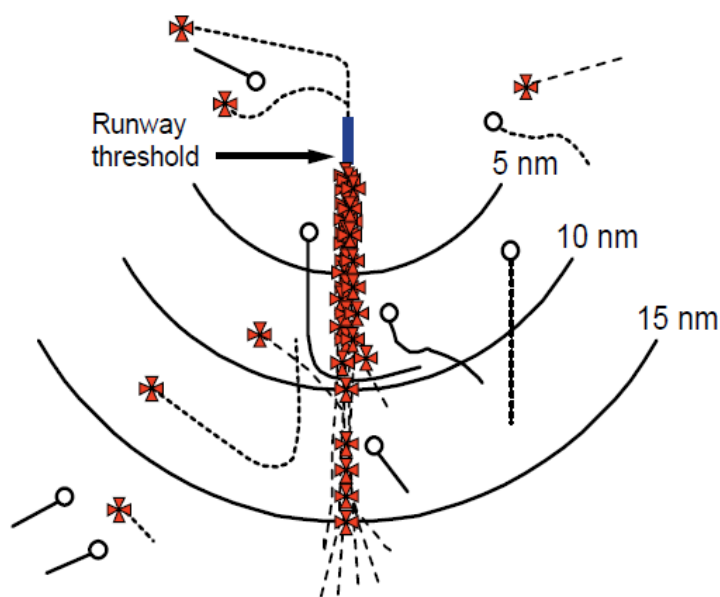
Za hlavní příčiny těchto nehod považujeme:

- Létání nepřesných přiblížení tam, kde to situace alespoň trochu umožňuje, jsou dnes preferovány jiné možnosti přiblížení.
- Nedodržení SOP
- Nesprávné rozhodnutí posádky, například pokračování v klesání po dosažení MDA
- Nedostatečné situační povědomí o poloze (vertikální/horizontální)
- Selhání CRM (selhání komunikace v posádce, vedení, selhání v provádění důležitých úkonů)
- Pozdní/nesprávná či dokonce žádná reakce na varování systému GPWS

Z grafu výše vyplývá, že k těmto případům dochází nejčastěji ve fázi přiblížení a počátečního stoupání. Následující obrázek (obr. 6) reprezentuje vzorek leteckých nehod, které nerepresentují současné trendy nicméně stojí dle autora za uvedení, tyto nehody byly způsobeny řízeným letem do terénu během let 1986-1990, na svislé ose je vynesena nadmořská výška a na vodorovné ose vzdálenost od prahu RWY a průměrná doba letu k prahu dráhy, žlutou barvou je vytažena 3 stupňová sestupová rovina, tento obrázek demonstruje poměrně zajímavý fakt, že k většině těchto nehod docházelo v minulosti v situacích, kdy byl letoun ve vzdálenosti nižší jak 10nm a byl srovnán do prodloužené osy dráhy tak, jak ostatně ukazuje také obrázek číslo 7. Obrázek č. 6 dokládá selhání z minulosti především dle názoru autora při létání nepřesných přístrojových přiblížení, proto jak již bylo uvedeno je snaha o nahrazování tohoto druhu přiblížení, jinými druhy přiblížení, při kterých je zajištěno také vertikální vedení.



Obrázek 6 – CFIT vertikální deviace od sestupové roviny [8]



Obrázek 7 – CFIT horizontální situace vůči sestupové rovině [8]

2.4 Ztráta kontroly nad letounem

Další významnou kategorií leteckých nehod, které se bude věnovat následujících několik grafů (graf č. 8,9,10) je LOC-I. Ztráta kontroly nad letadlem představuje v dnešních dnech nejpočetněji zastoupenou kategorii, která vede k leteckým nehodám, v období 2013-2017 měl tento druh nehod za následek 29 leteckých mimořádných událostí a ztrátu 690 lidských životů. V případě LOC-I, stejně tak jako u jiných kategorií leteckých nehod, se jedná poměrně často o kombinaci mnoha faktorů, které vedou k nehodě. [7]

Poměrně často skloňovaným tématem dnešní doby je oblast výcviku leteckého personálu, a s tím spojené nedostatky v oblasti lidské výkonnosti. Nesprávný či dokonce zcela chybějící výcvik byly nejednou příčinou vzniku letecké nehody. K prvním předpokladům letecké nehody dochází právě v případech, kdy vyvstane pro posádku nestandardní situace, to může být zapříčiněno vlivem selhání systému letounu či jeho přístroje, objevují se však i případy, kdy k navození neobvyklé provozní situace přispěje pouze posádka. V současné době, kdy jsou značně rozšířené letouny, které jsou schopny snímat tisíce parametrů v čase a tyto hodnoty dále vyhodnocovat a využívat je pro efektivní řízení letu, jsou tyto letouny zároveň velmi citlivé na případy, kdy dojde v systému k chybě či špatnému vstupu do systému, toto často vede například k rozporuplným indikacím, které musí být schopna posádka bezpečně

rozpoznat. Obecně můžeme říci, že z historického hlediska víme, že všechny nové technologické opatření pomáhají zlepšit celkovou úroveň bezpečnosti, pouze v případě, že je s nimi člověk řádně seznámen k používání. V minulosti jsme byly svědky případů, kdy nerozpoznání těchto prekurzorů vedlo ve výsledku ke ztrátě kontroly nad letadlem.

Tyto nehody mohou být velmi úzce spjaty s úrovní automatizace dnešních dopravních letadel, přes technologický pokrok posledního půl století, který řádově zvýšil úroveň bezpečnosti letecké dopravy, jsme se dostali do situace, kdy mnoho odborníků upozorňuje na dnes již negativně vnímaný trend, kdy se výkonní letci spoléhají příliš na automatizaci a v některých případech dochází, v porovnání s minulými lety, k degradaci jejich schopností manuálního řízení letounu, kterých je stále třeba právě při řešení nestandardních situací.

Je zřejmé, že v tomto ohledu musí dojít ke změně v oblasti dosavadního výcviku leteckého personálu, zejména se jedná o základní schopnost manuálního řízení letadla ve všech fázích letu a vybírání letounu z nezvyklých poloh.

Níže uvádím nejčastější příčiny, které ve svém důsledku vedou právě ke ztrátě kontroly nad letounem, těmito případy jsou především [9]:

- Ztráta situačního povědomí, která může nastat vlivem rozptýlení při plnění jiného úkonu nebo se může také jednat o případy způsobené letovými iluzemi.
- Ovlivnění letu stříhem větru v nižších hladinách letu, ve vyšších hladinách ovlivnění letu CAT ,(Clear Air Turbulence)
- Poškození pohonné jednotky či jiných letadlových celků (střet s ptákem, poškození vlivem meteorologických podmínek)
- Záměrné či nezamýšlené nesprávné manévrování s letadlem
- Záměr provést let s letadlem, u kterého nejsou zachovány limity centráže či je překročena maximální vzletová hmotnost.
- Záměr provést let s nesprávně ošetřeným letounem, typicky se jedná o kontaminace povrchu letadla námrazou.
- Nezvládnutí pilotáže během požáru na palubě
- Vyčerpání využitelného množství paliva vedoucí k vysazení pohonné jednotky
- Falešná či žádná indikace letových parametrů vlivem chyby měření či jiného selhání systému.

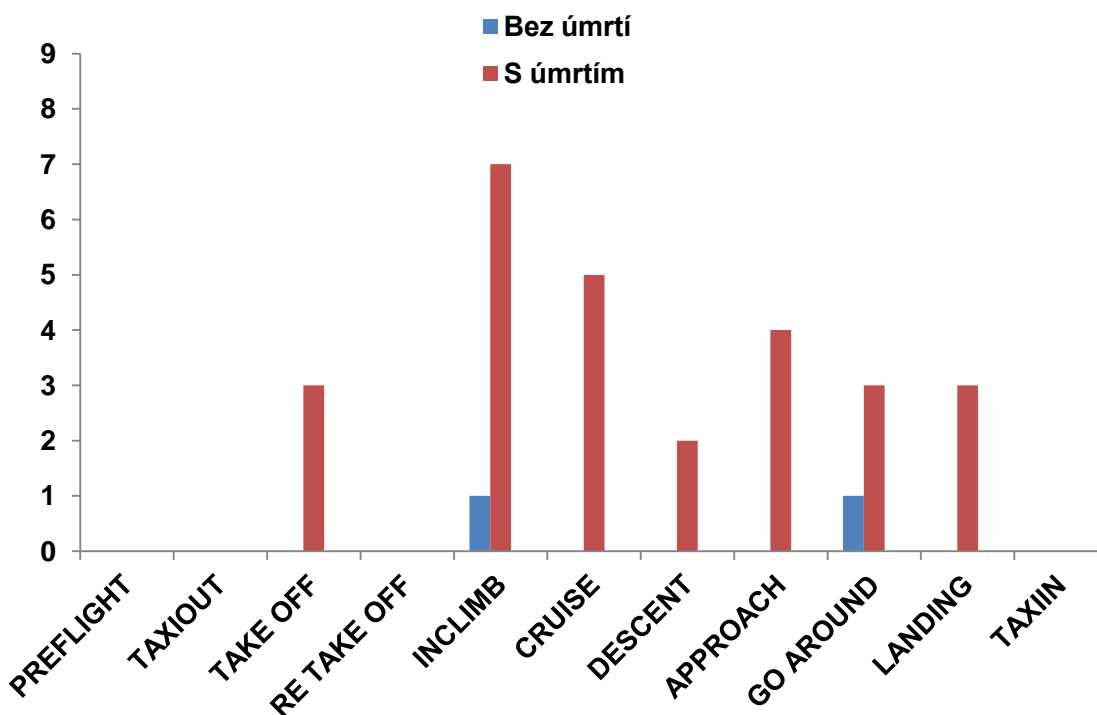
Dopady ztráty kontroly nad letadlem záleží především na schopnosti výkonných letců rychle rozpoznat situaci, ve které se letoun, potažmo posádka nachází a na schopnosti posádky vedoucí k obnovení plné kontroly nad letounem.

Úspěšné obnovení kontroly nad letounem velmi silně ovlivňují níže uvedené faktory, kterými jsou:

- Povaha ztráty kontroly nad letounem
- Zkušenosti a schopnosti výkonných letců
- Letoun se nachází dostatečně vysoko a je v prostoru, kde se nevyskytují překážky

Z výše uvedeného vyplývá, že hlavním nástrojem, který může vést k úspěšnému obnovení kontroly nad letounem, je především kvalitní výcvik výkonných letců, který by měl vést ke zlepšení jejich schopností v těchto nestandardních situacích.

Přestože problematice ztráty kontroly nad letounem bylo věnováno v minulosti velké pozornosti, bylo publikováno mnoho článků, které analyzovaly LOC-I, tak se stále ukazuje, o jak nebezpečný typ nehod se jedná. Vzhledem k tomu o jak široké spektrum původců těchto nehod se jedná, se bude autor dále věnovat pouze několika z nich, které se mu zdají ze subjektivního hlediska zajímavé, detailní popis výše uvedených kategorií není náplní této práce, zmínění několika příčin plně postačí pro účely této práce.

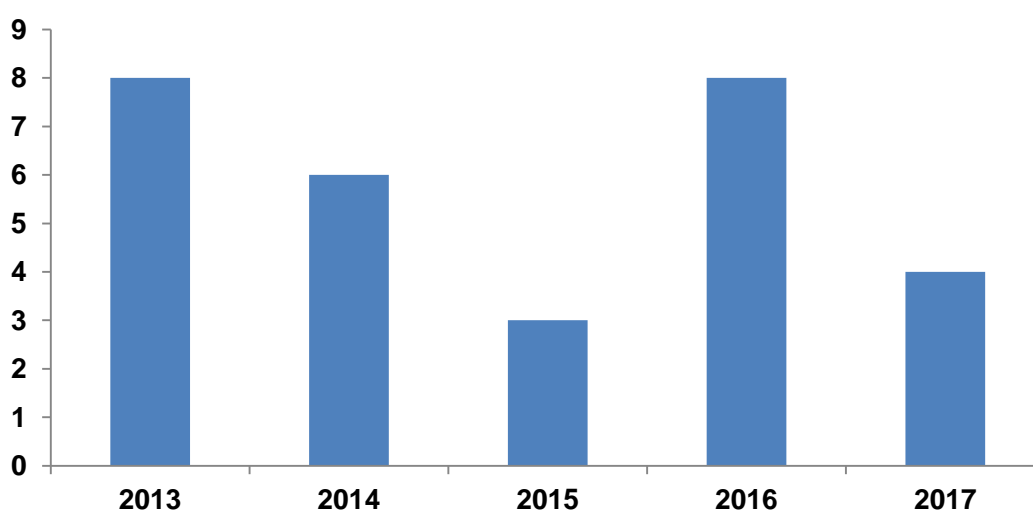


Graf 8 – Počet leteckých nehod způsobených LOC-I dle jednotlivých fází letu ve sledovaném období

[7]

Stejně tak jako u CFIT, je v této kapitole uvedeno několik grafů, které se věnují právě problematice ztrátě kontroly nad letounem. První uvedený graf č. 8 na předchozí straně uvádí počet leteckých nehod způsobených LOC-I v dané fázi letu. Při pohledu na graf zjistíme, že stejně tak jako u CFIT se v naprosté většině případů jedná o události s fatálními následky.

Oproti nehodám, které způsobily řízení letu do terénu, můžeme pozorovat změnu v tom smyslu, že k nehodám tohoto druhu dochází téměř ve všech fázích letu, kdy žádná z nich nikterak převážně nepřevažuje, tak jako tomu bylo v případě CFIT.

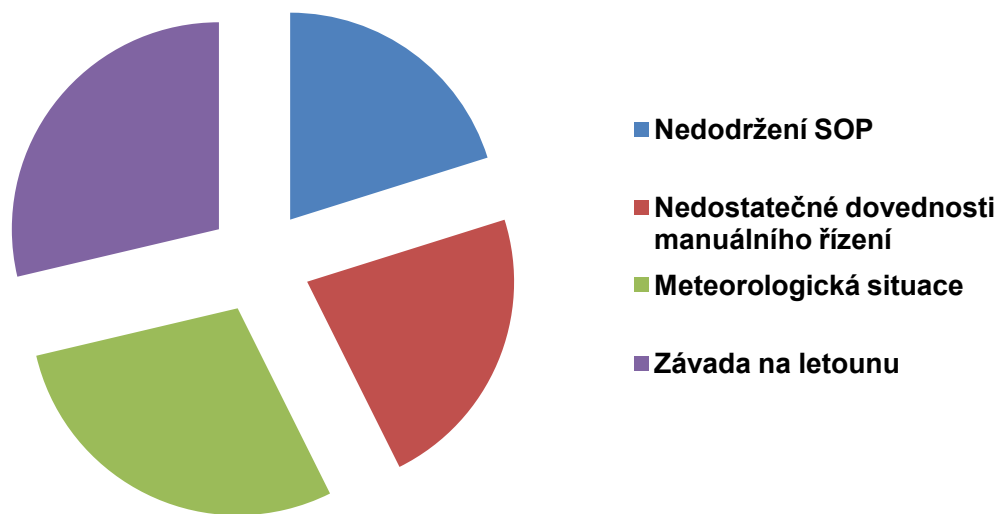


Graf 9 – Počet leteckých nehod způsobených LOC-I ve sledovaném období [7]

Následujícím grafem č.10, který reflektuje rozdělení míry zavinění a který nám může být dobrým dokladem toho, že kvalitním opatřením před výskytem těchto typů nehod je především kvalitní výcvik. Kvalitní výcvik by měl zakládat především na schopnosti vést letoun bez použití automatických systému letounu v jakékoliv fázi letu a příkládá důraz vybírání nestandardních poloh letounu, při kterých může nastat neúmyslné překročení provozních parametrů, za nestandardní polohu se považuje překročení alespoň jednoho z níže uvedených parametrů a to[9]:

- Úhel stoupání vyšší než 25 stupňů, nebo
- Úhel klesání vyšší než 10 stupňů, nebo
- Náklon převyšující hodnotu 45 stupňů, nebo

- V mezích výše uvedených ale překročení rychlosti nebo násobku pro danou konfiguraci



Graf 10 – Nejčastější faktory podílející se na LOC-I 2010 – 2014 [10]

Přestože se nejedná o pravidlo, zpravidla platí, že pokud nedojde k rozpoznání situace, která by mohla vést k možné ztrátě kontroly nad letounem v rané fázi události, tak se pravděpodobnost zdárného vyřešení situace rapidně snižuje. Výcviková řešení v minulosti se ukázala jako nedostatečná v boji s tímto druhem nehod, pouze výcviková řešení zaměřená na efektivní rozpoznání jsou v tomto ohledu účinná.

Výcvikové programy musí zároveň zajistit vysokou úroveň znalostí systémů letounu, rovněž znalosti environmentálních jevů, jejichž typickými představiteli jsou znalosti o stříhu větru, turbulenci v úplavu, microburstech, námraze, zhoršených povětrnostních podmínkách (lety za IMC). Pouze znalosti a dostatečný výcvik zajistí povědomí posádky, kdy je vyšší riziko vystavení se LOC-I, toto vede k vyšší bdělosti a případnému efektivnějšímu řešení nastalé hrozby. [11]

Jako odpověď v boji proti ztrátě kontroly nad letounem organizace ICAO prostřednictvím své pracovní skupiny, které se zabývala problematikou LOC-I, vydala podrobný materiál, který sloužil jako základní rámec všem členským státům, tento materiál se věnuje opatřením, jak omezit četnost výskytu tohoto typu nehod a jak reagovat v konkrétních situacích, zavedení materiálu **UPRT** celým názvem **Upset Prevention and Recovery Training** znamenalo

podstatný přínos celému odvětví. Přestože se UPRT od svého vzniku s průběhem času mění, je stále považován za základní přístup k této problematice.

3 Důsledky selhání lidské faktoru v minulosti

Předchozí kapitola nás podrobně seznámila s výskytem konkrétních druhů leteckých nehod, přičemž byly také detailněji zanalyzovány hlavní dvě kategorie, které představují nejzávažnější dopady na bezpečnost letecké dopravy.

V návaznosti na předchozí kapitolu bude tato kapitola věnována konkrétním důsledkům selhání lidského faktoru z minulosti, čtenář se bude moci seznámit s dvěma leteckými nehodami, které jsou zařazeny do kategorie ztráty kontroly nad letounem LOC-I a do kategorie řízeného letu do terénu CFIT. Snahou autora bude popsat průběh LMU, poukázat na příčiny, které vedly k letecké nehodě a vyvodit závěr, na jehož základě by bylo možné dojít k nápravným opatřením, pokud tak nebylo již učiněno v návaznosti na leteckou nehodu. Obě tyto letecké nehody byly vybrány autorem zcela záměrně, nejednalo se o náhodný výběr z dané kategorie, který poslouží k demonstraci fatálních následků, v obou případech bude uvedeno, k jakým konkrétním opatřením došlo a co pro nás znamenají do budoucna.

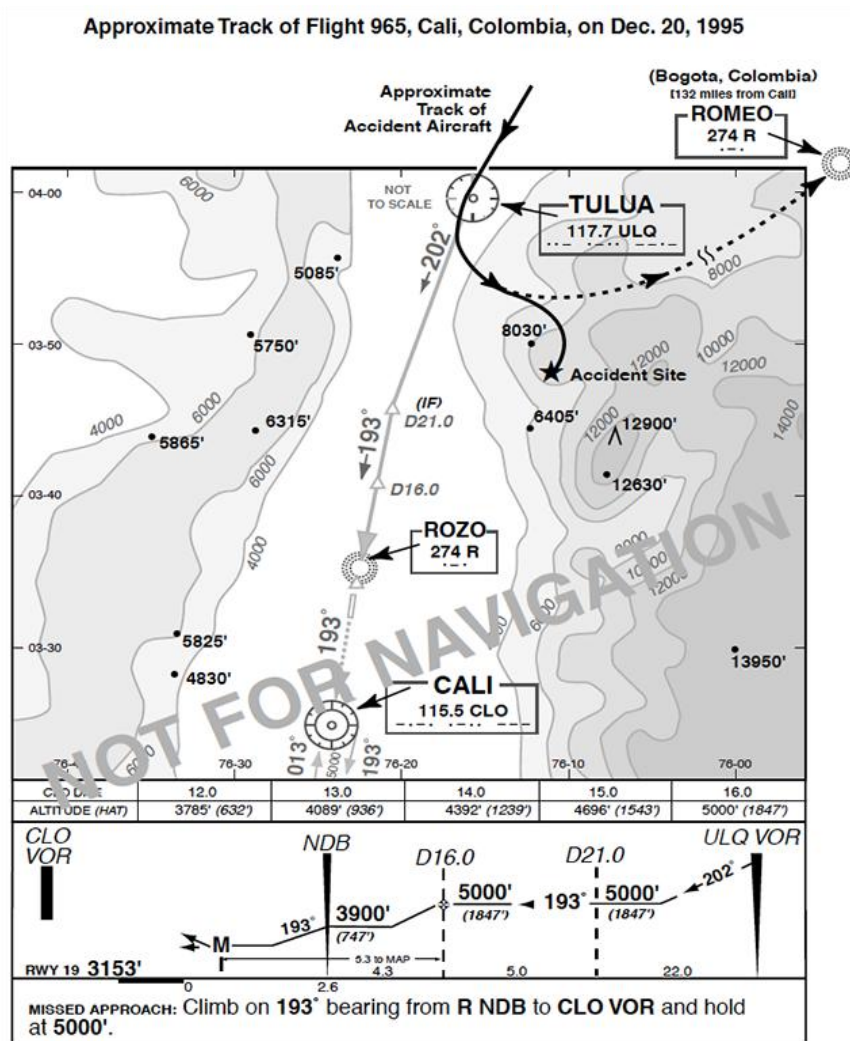
3.1 American Airlines AA965, 20.12.1995

V tomto případě se jednalo o pravidelný let operovaný AA Boeingem B757-223 z Miami do Cali (Kolumbie). V 21:42 místního času došlo během únikového manévru, který byl iniciován posádkou po varování systémem GPWS před blízkostí terénu, ke kolizi s horským masivem. K nehodě došlo během klesání z cestovní hladiny k letišti za VMC, místo dopadu se nacházelo v blízkosti vesnice Buga, tedy zhruba 61km severovýchodně od letiště Cali. Z celkového počtu 163 pasažérů letu AA965 přežili nehodu pouze 4.

Tato letecká nehoda byla později během vyšetřování kvalifikována, jako řízený let do terénu CFIT. Oficiální vyšetřovací zpráva uvádí za hlavní příčiny nehody tyto okolnosti [12]:

- Výkonní letci selhali během přípravy při přiblížení na vzletovou a přistávací dráhu 19 letiště Cali (ICAO SKCL), došlo k nesprávnému použití automatizace.
- Selhání výkonných letců přerušit přiblížení přes dostatek podnětů, které by je měli dostatečně upozornit na skutečnost, že není vhodné nadále pokračovat v přiblížení.
- Nedostatečné či dokonce žádné situační povědomí posádky týkající se vertikální polohy letounu vůči překážkám v okolí, a poloha vůči radionavigačním zařízením.

- Selhání posádky v okamžiku kdy se použití FMS jevílo matoucí, posádka mohla přejít na konvenční možnosti radionavigace v okamžiku, kdy docházelo k nadměrnému pracovnímu zatížení celé posádky v kritické fázi letu.
- Snaha posádky urychlit přiblížení a přistání, v kontextu zabránění možného zpoždění.
- Posádka prováděla únikový manévr, který zahájili bezprostředně po varování systémem GPWS, s vysunutými brzdícími klapkami, což značně ovlivnilo výkonnost během únikového manévru.



Obrázek 8 – Průběh letu AA965 [12]

3.1.1 Příčiny a spolupůsobící faktory vedoucí k nehodě

Přestože jsou již výše uvedené skutečnosti, které se považují za hlavní příčiny nehody letu AA965, vrátíme se dále k příčinám, které vedly k této nehodě, z předchozích kapitol nám může být jasné, že v téměř každé LMU se jedná o řetězec chyb a selhání, které ve výsledku

vedou k letecké nehodě. Snahou autora bude popsat jednotlivé dílčí selhání, které se podílelo na nehodě. Snahou autora bylo popsat dílčí selhání [12]:

- Řídicí letového provozu v Bogotě neoznámil řídicímu na letišti Cali, že let AA965 pokračuje přímo k zařízení Tulua VOR, řídicí letového provozu na letišti Cali, měl představu, že letoun pokračuje přímo k zařízení Cali VOR.
- Posádka neprovedla posouzení daného přiblížení, o tom svědčí absence jakékoliv komunikace na CVR. Absence posouzení daného přiblížení byla umocněna několika faktory a to především tím, že se jednalo o přiblížení, které bylo prováděno v noci, bylo prováděno na letišti, které se nachází v hornatém prostředí, jednalo se o nepřesné přiblížení, výše jmenované faktory jsou časté spolupůsobící příčiny v případech řízených letů do terénů. Pouze tyto podněty měly posádku uvést ve stav zvýšené pozornosti.
- Posádka neprovedla dostatečný briefing před přiblížením, proběhla pouze komunikace v posádce, kdy by mělo dojít k zahájení klesání.
- Posádka neprovedla řádně úkony před zahájením klesání, na CVR není během celého záznamu zmínka o tom, že by úkony byly provedeny.
- Posádka neoznámila při navázání kontaktu s řídicím letového provozu v Cali pouze výšku, nikoliv výšku spolu s polohou, to způsobilo dále špatné pochopení letového povolení.
- Letové povolení vydané přibližovacím stanovištěm na letišti Cali mohlo působit dvojznačně, společně s jazykovými nedostatky mohlo dojít k záměně.
- Změna tratě provedená velitelem v FMS nebyla potvrzena prvním důstojníkem, který byl v tu dobu PF (pilot flying).
- Používání nestandardní frazeologie během radiokorespondence
- Posádka špatně interpretovala mez povolení, došlo dokonce k potvrzení správnosti i ze strany řídicího letového provozu
- Posádka přistoupila na možnost přímého přiblížení na RWY 19 bez dostatečného posouzení a zhodnocení tohoto přiblížení
- Přibližovací stanoviště vydalo letové povolení, které opět vyznívalo nejednoznačně, posádka žádala povolení pro další klesání, ale obdržela povolení pro provedení VOR DME přiblížení. Povolení pro provedení přiblížení bylo vyloženo posádkou, jako povolení k provedení klesání.
- Posádka žádala o nevhodné povolení pokračovat přímo na zařízení ROZO, jedinou možností jak správně provést přístrojové přiblížení na dráhu 19 bylo přeletění bodu Tulua a naletění R202 tak, aby se letoun pohyboval mezi hornatým terénem v údolí.

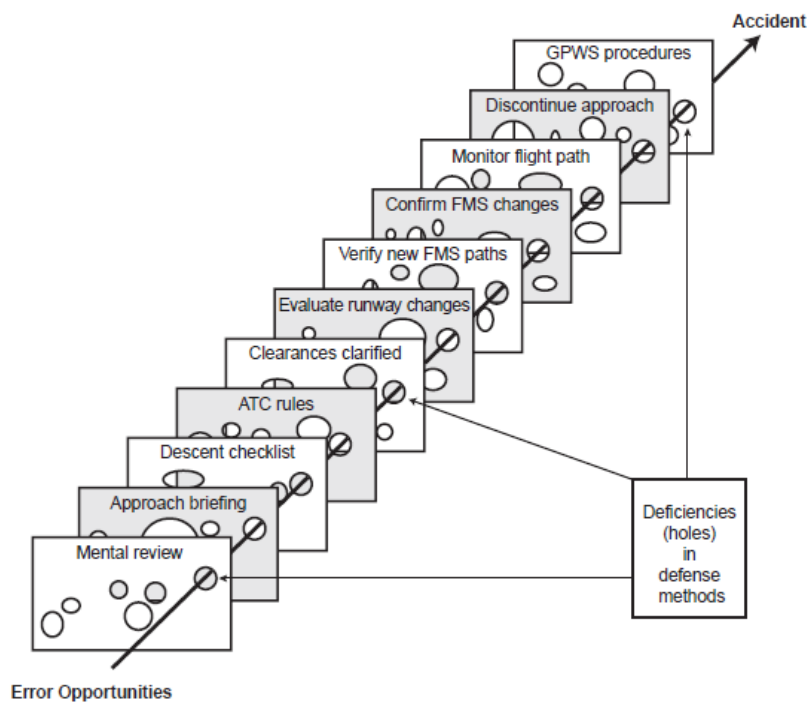
Žádost o toto nestandardní povolení mohlo být špatně pochopeno či automaticky povoleno, bez ohledu na legalitu provedení takového manévru.

- Odpověď řídicího letového provozu z přiblížovacího stanoviště na předchozí žádost byla schválena, i v případě, kdy k povolení nemělo dojít.
- Při výběru bodu ROZO v FMS došlo k záměně za bod ROMEO, v obou případech se jednalo o zařízení NDB začínající na R, v tomto selhání hrálo značnou roli nepřiliš vhodné zobrazení vybíraných bodů, které bylo zobrazeno pouze zadaným písmenem, nikoliv celým názvem zařízení, k identifikaci zařízení sloužily zeměpisné souřadnice zařízení.
- Velitel při zadávání bodu ROZO do FMS neověřil správnost souřadnic daného zařízení, došlo k záměně za bod ROMEO, což ve výsledku vedlo k odchýlení se od zamýšlené trati letu.
- Po zadání chybného traťového bodu do FMS velitel neověřil pomocí prozatímní trati správnost zadání, pokud by tak velitel či první důstojník učinil, zcela jistě by došlo k rozpoznání špatně provedeného zadání traťového bodu, který měl letoun dále sledovat. Prozatímní znázornění tratě ukazovalo zatáčku orientovanou o 110° na levou stranu od zamýšlené trati. Selhání takového druhu označujeme za chyby dané zautomatizovaným chováním, výcvikové opatření zaměřené na lidský činitel musí brát v potaz přirozenou lidskou tendenci k zautomatizovanému chování a měli by se snažit chyby tohoto druhu omezit zpomalením a ověřováním daných postupů.
- Velitel nepožádal prvního důstojníka o potvrzení správnosti zadané trajektorie letu před stvrzením zadání v FMS, druhotným následkem tohoto selhání byla prostorová dezorientace prvního důstojníka, který byl tou dobou PF (pilot flying). Na CVR několikrát zazněly dotazy prvního důstojníka vztahující se k poloze letounu a jeho poloze vůči překážkám. Tento nesoulad lze přičítat i špatnému CRM.
- Posádka nerozpoznala a neopravila včas odchýlení se od zamýšlené trati letu, letoun se nacházel více než 17km od zamýšlené trati letu a pokračoval v klesání.
- Posádka nepřerušila přiblížení ani v okamžiku, kdy byla zcela jistě zmatená ohledně přiblížovacího manévru, neměla dostatek času pro adekvátně provedený briefing a nebyla si jistá svojí polohou vůči okolním překážkám. Posádka byla ve spěchu, dezorientovaná a zmatená, tyto tři signály měly okamžitě vést k opakování přiblížení a stoupání do minimální bezpečné výšky MSA nebo nad ní.
- Posádka začala klesat z FL150 ještě předtím, než se jednalo o segment přiblížení, posádce byla udělena mez povolení pro provedení přiblížení, nikoliv klesání. Povolení k přiblížení znamená nalétnutí IAF, v případě VOR DME přiblížení na dráhu 19 mohlo dojít ke klesání pouze v případě přeletění bodu TULUA a sledování radiálu

R202 tohoto zařízení. Přestože nikdy nedošlo k sledování radiálu R202, nemělo dojít ani k zahájení klesání pod FL150.

- V případě, že posádka zahájila klesání z FL150 měla sledovat R202 od zařízení TULUA a oznámit klesání příbližovacímu stanovišti na letišti Cali, ani jedno z toho posádka neprovedla. Pokud by posádka oznámila klesání z 15000ft, řídicí letového provozu by si mohl uvědomit, že posádka doposud neoznámila dosažení bodu TULUA, a mohl by posádce vydat pokyny k provedení opakování přiblížení, což by jistě vedlo k odvrácení kolizní situace.
- Jakmile došlo k varování posádky systémem GPWS, nedošlo ze strany posádky k odpojení automatického ovládání tahu a především k zasunutí brzdících klapek, přestože velitel v okamžiku varování reagoval téměř okamžitým přesunutím ovladače plynových příпустí na polohu odpovídající maximální vzletové výkonnosti, opomenul společně s druhým důstojníkem zasunout brzdící klapky, které vysunuly během sestupu, aby dosáhly strmějšího úhlu klesání tak, aby byli schopni přiblížení provést na dráhu 19. Smutným konstatováním jest skutečnost, že v případě pokud, by posádka zasunula brzdící klapky došlo by ke zlepšení výkonnosti během únikového manévru, která by postačovala s vysokou mírou pravděpodobnosti k přestoupání hory, s kterou došlo ke kolizi.

CFIT Defenses



Obrázek 9 – Řetězec chyb vedoucí k CFIT [12]

Obrázek č. 9 zobrazuje model příčin nehody dle Jamese Reasona, plátky představují obranné prvky, které bohužel nikdy nebudou zcela dokonalé, tyto nedokonalosti představují díry, kterými v případě selhání sled pokračuje dále, dokud nedojde k nehodě nebo v ideálním případě dojde k zastavení následujícím opatřením. Důležité je si uvědomit důležitost stálého zdokonalování těchto obranných mechanismů tak, aby prostor pro výskyt případné hrozby byl pokud možno co nejmenší.

3.1.2 Závěry a opatření zavedená po nehodě letu AA965

Nehoda letu AA965 byla ukázkovým příkladem nehody, kterou bychom zařadily do kategorie spadající do CFIT. Poměrně smutným konstatováním může být právě v této konkrétní události fakt, že letoun disponoval systémem GPWS, který poskytoval varování na základě vyhodnocování informací z radiovýškoměrů, které měří výšku pod letounem, díky této skutečnosti nemůže být varování vydáno v případech, kdy se nachází před letounem překážka typu horský masiv, skalní stěna tak, jako tomu bylo v tomto případě.

Začátkem roku 1996, tedy pár měsíců po události, byl představen předními výrobci avioniky leteckých přístrojů zdokonalený systém GPWS, označovaný jako EGPWS, tento systém již dokázal vyhodnocovat překážky před letounem, nikoliv tedy pouze pod letounem samotným a tím zaručuje mnohem vyšší úspěšnost varování a následných únikových manévrů. V případě, že by byl letoun vybaven systémem EGPWS, k nehodě by s největší pravděpodobností nedošlo. Tato letecká nehoda nám tedy může být dobrým poučením a připomenutím závažné skutečnosti, jak moc velký přínos pro nás systém EGPWS představuje.

Tak jako v případě ostatních leteckých nehod nedošlo k zastavení řetězce chyb, který ve výsledku vedl až k fatální nehodě, opatření, která byla zavedena po této nehodě, mají buď zcela předcházet výskytu nežádoucích situací a dále pak v případě, že k situaci již došlo, situaci správně rozpoznat a zamezit dalšímu pokračování v rámci řetězce selhání, jenž by mohl vést k nehodě. Níže uvádím konkrétní opatření, která byla zavedena po nehodě letu AA965 a která mají předcházet výskytu nehod, které můžeme zařadit do kategorie CFIT:

- V první řadě u každého vzletu nebo přiblížení a přistání provést posouzení v posádce, zdali je daný typ přiblížení/odletu vhodný a zdali, jsme schopni ho bezpečně provést v dané situaci.
- Pro každý vzlet a přistání provádět důsledně briefing, během provádění briefingu by mělo docházet k zpětné vazbě mezi jednotlivými členy posádky.

- Důsledné provádění důležitých úkonů, do těchto úkonů může být zakomponovaný před klesáním právě jako samostatný úkon, úkon sloužící k posouzení daného přiblížení.
- Správné provádění postupů ATC, zvláště pak postupů, které mohou vést k CFIT
- Kladení důrazu na rozpoznávání vydaných dvojsmyslných povolení, jejich dotazování a vyjasnění tak, aby nemohlo dojít k nepochopení.
- V případě změny již připraveného postupu, zhodnocení zdali jsme schopni a máme čas na přeplánování a v případě jakékoliv pochybnosti odmítnutí změny (např. dráhy pro přistání atd...)
- Před změnou trati v FMS bude informován druhý člen posádky a bude provedena následná verifikace správnosti zadání.
- Ujistění se, zda jeden člen posádky monitoruje a kontroluje trať letu s ohledem na překážky a schopnosti k provádění daných postupů.
- Nejasnosti ohledně aktuální polohy letounu nebo dezorientace musí vést vždy k přerušení přiblížení, vystoupaní do nebo nad minimální bezpečnou výšku (MSA) a opakování manévru. [12]
- Rychlá a přesná reakce v případě varování systémem GPWS (EGPWS) dle postupů daných výrobcem. Pilot monitorující by se měl ujistit o správnosti provedených opatření.

3.2 Air France AF447, 1.6.2009

Dne 1.6.2009 došlo k letecké nehodě letounu A330 provozovaného leteckou společností Air France během přeletu atlantického oceánu nedaleko bodu TASIL. Jednalo se o pravidelný spoj mezi brazilským Rio de Janeiro a Paříží, během nehody došlo k úmrtí všech osob na palubě, jednalo se o 3 výkonné letce, 9 palubních průvodčí a 216 pasažérů letu. [13]

Let probíhal zcela normálně až do okamžiku, kdy došlo k nespolehlivé indikaci rychlosti letu, která byla způsobená blokadou pitotových trubic ledovými krystalky, jenž se na zařízení začaly vyskytovat, jako důsledek silné námrazy při průletu oblastí, která byla tou dobou význačná především pro svou silnou bouřkovou aktivitu. Blokace pitotových trubic námrazou je jev, který je v leteckém prostředí dostatečně znám, ale během této konkrétní nehody byl zřejmě opomenut. V případě nespolehlivé indikace rychlosti letu je mimořádně důležitá dostatečná úroveň základních leteckých znalostí a dovedností, která je nutná pro řešení tohoto typu problému, dále se od výkonných letců předpokládá spolehlivé rozpoznání původců problému, tedy blokace pitot-statického systému a následné uvědomění si následných specifik při řešení situace spojené s tímto jevem.

Základní model pro řešení situace, jako je tato předpokládá stabilizaci letu s daným nastavením výkonu pohonných jednotek a daným úhlem stoupání respektive klesání. Výskyt blokace pitotových trubic a tím jejich nesprávné funkce při měření rychlosti letu překvapil posádku letu A447 natolik, že posádka nebyla schopna jednoznačně určit původce problému, natož problém efektivně vyřešit. Obtíže posádky při manuálním řízení letounu po vysazení automatického systému řízení vedly k hrubým manuálním zásahům do řízení letounu, které měly za následek natažení letounu na značný úhel stoupání na hranici jeho propulsního dostupu. Posádka se během tohoto počínání jevila, jako zcela dezorientovaná, následné vyšetřování ukázalo, že si posádka nikdy zřejmě neuvědomila, že čelí poměrně „snadnému“ problému a to selhání spolehlivé indikace rychlosti letu. Následná destabilizace a přivedení letounu do přetažení se jeví pouze, jako důsledek zásadního nepochopení původce problému. Letoun byl hrubými zásahy posádky přiveden do přetažení, které bylo posádce signalizováno několika cestami a to signalizací přetažení a samotnými vibracemi letounu, přesto si posádka zřejmě nikdy neuvědomila, že je letoun přetažen a na situaci nereagovala daným způsobem. Kombinace způsobu jakým byla nespolehlivá indikace rychlosti letu zobrazována posádce a jakým způsobem byli výkonní letci vystavováni během výcviku problematice přetažení, měla za následek zásadní nepochopení příčin problémů, které vedly k letecké nehodě. Ve všeobecné rovině tato nehoda poukázala na slabost při řešení tohoto typu problémů a to především v počátečním rozpoznání původců problému, po kterém se předpokládá provedení příslušných činností posádkou, které mají vést k vyřešení nastalé situace, pokud posádka čelí nečekané situaci, může dojít k momentálnímu a zásadnímu nepochopení nastalé situace, u které se dále nedá předpokládat efektivní a úspěšné vyřešení nastalé situace.

Od počáteční nesprávné indikace rychlosti v FL350, po dopad letounu na vodní hladinu, uplynuly cca 4min. Nehoda je řazena do kategorie ztráty kontroly nad letounem za letu, tato konkrétní událost ukázala, jak moc důležitý je důkladný výcvik při řešení nestandardních situací a jakou důležitost hraje CRM a UPRT při rozpoznávání situací podobných, jakou byla tato.[14] Během vyšetřování se ukázaly další nedostatky, které ale autor záměrně nebude jmenovat, neboť nemají přímou souvislost s problematikou této práce, jednalo se zejména o špatnou organizaci SAR v dané oblasti, nízkou kapacitu baterií nouzových lokátorů...

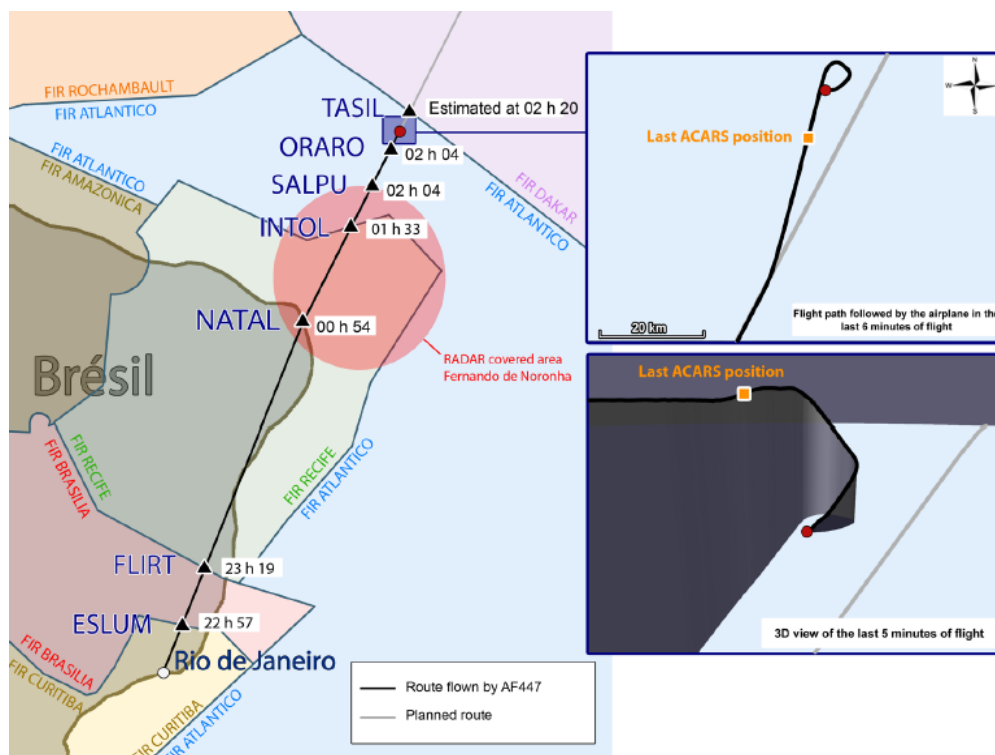


Figure 1: History of Flight

Obrázek 10 – Oblast dopadu letu AF447 na vodní hladinu [13]

3.2.1 Příčiny a spolupůsobící faktory vedoucí k nehodě

K letecké nehodě došlo především vlivem těchto selhání a spolupůsobících faktorů, které jsou uvedeny níže[13]:

- Dočasně chybně poskytované údaje o rychlosti letu způsobené blokcí pitotových trubic ledovými krystalky.
- Odpojení automatického systému řízení letu, stejně tak jako odpojení automatického ovládání tahu pohonných jednotek způsobené vlivem nespolehlivých informací týkajících se rychlosti letu.
- Nesprávně prováděné zásahy do řízení, které vedly k destabilizaci letu.
- Posádka poté co zjistila nesprávnou indikaci rychlosti letu, nepostupovala dle postupů daných pro danou situaci. K tomuto zřejmě vedlo nepochopení původce problémů, tedy blokace pitotových trubic námrazou, posádka nebyla prostřednictvím ECAM nikdy „přímo“ informována o nespolehlivosti údajů týkajících se rychlosti letu,

informace poskytované prostřednictvím ECAM zahrnovali selhání funkcí, které byly navázány na údaje o rychlosti letu.

- Pilot monitorující pozdě identifikoval či vůbec nezaznamenal odchýlení letounu od zamýšlené trati a hladiny letu. Stejně tak nereagoval na poměrně hrubé zásahy do řízení pilotem letcím.
- Posádka nerozpoznala situaci, kdy se letoun přibližoval ke kritickému úhlu náběhu.
- Posádka v situaci, kdy se letoun nacházel blízko přetažení, a v přetažení neprovedla příslušný protizásah do řízení, který by vedl k obnovení kontroly nad letounem.
- Absence jakéhokoliv výcviku zaměřeného na manuální řízení ve vyšších hladinách letu, v návaznosti na nespolehlivou indikaci rychlosti letu.
- Nedostatečné situační povědomí v situaci, kdy došlo k první nespolehlivé indikaci rychlostí, posádka si zřejmě vůbec neuvědomovala původce problému, který způsobil další degradaci systémů. K dostatečnému povědomí o nastalé situaci tedy bylo třeba zkušeností a především znalostí jednotlivých funkcí letounu. [15]
- Posádka si částečně či zcela neuvědomovala přechod systému řízení do modu alternate, který neposkytuje ochranu proti překročení kritického úhlu náběhu.
- Špatné CRM, které dále významně ovlivňovalo výkonnost posádky a možnost úspěšného vyřešení problému.
- Posádka nereagovala na několikanásobné zvukové varování před přetažením
- Posádka nepostupovala podle postupu pro danou situaci a nevyřadila z činnosti Flight Directory, i přestože to daný postup vyžaduje. Toto selhání mohlo vést posádku k dojmu, že zásahy do řízení jsou správné, přesto tyto vstupy dovedly letoun do přetažení.
- Posádka nereagovala na vibrace letounu, které jsou symptomy, jak při překročení maximální rychlosti letu, tak při letu velmi nízkou rychlostí. Tyto vibrace mohly v posádce vyvolat klamný dojem, že se letoun pohybuje příliš vysokou rychlostí.

3.2.2 Závěry a opatření zavedená po nehodě letu AF447

Nehoda letu AF447 byla kvalifikována během vyšetřování jako LOC-I, ke které došlo vlivem nespolehlivé indikace rychlosti letu během průletu oblastí, kde se vyskytovali příznivé podmínky pro vznik námrazy na sondách snímající tlaky potřebné pro měření rychlosti. Po

nehodě bylo vydáno několik doporučení, které mají přispět k zajištění vyšší úrovně bezpečnosti tak, aby k podobným událostem znovu nedošlo. Autor záměrně vynechává doporučení týkající se vybavení letounu dokonalejšími nouzovými vysílači polohy, stejně tak vybavení dokonalejšími záznamníky letových údajů a dalších... Autor nepovažuje tyto doporučení za důležité z hlediska problematiky lidského faktoru a celkového významu pro tuto práci.

Naopak jedno z nejdůležitějších doporučení se týká výcviku pro zlepšení návyků manuálního ve vyšších hladinách letu. Vyšetřování ukázalo nedostatky u obou pilotů, kteří prováděli v době nehody zásahy do řízení, částečně to lze přisuzovat emočnímu vypětí během řešení nestandardní situace a částečně lze počínání přisuzovat nedostatečnému výcviku. Předchozí záznamy o přezkoušení pilotů poukázaly na absenci výcviku potřebného pro řešení obdobných situací za letu. [13] Během několika měsíců po nehodě agentura EASA vydala směrnici, která obsahuje revidovaný obsah přezkoušení a který je doplněn o cvičení, kde se demonstruje schopnost manuálního řízení letounu, včetně manuálního letu ve vyšších hladinách letu.

Dalším doporučením vydaným po nehodě bylo školení zaměřené na zopakování důležitosti hierarchie v posádce a to zastoupení rolí pilota řídicího (PF) a pilota monitorujícího (PNF), během nehody se ukázalo, že ani jeden z výkonných letců si v prvotní fázi po vysazení automatického řízení letu nevšiml počínající změny trajektorie letu, kde se jednalo především o nesprávný zásah do řízení spojený se zvyšováním úhlu náběhu. [13]

Další opatření se týkají počátečního a obnovovacího výcviku pilotu, je kladen vyšší důraz na řízení v jiných modech řízení, s tím je spojeno, že dochází k degradaci ochrany před přetažením, řízení vyžaduje vyšší nároky na manuální pilotáž, obzvláště v situaci, kdy není k dispozici spolehlivý údaj o rychlosti letu. Všeobecně je kladen důraz na znalost záložních režimů systémů řízení a jeho omezení, stejně tak, jako znalost letové obálky daného letounu. Přestože byl letoun po odpojení autopilota stabilizován vlivem vstupů od pilota řídicího, v tu chvíli došlo k značnému snížení kinetické energie. [13]

Letoun se vlivem nesprávných zásahů do řízení dostal mimo letovou obálku, což nebylo piloty vůbec rozpoznáno. K tomuto se vztahuje doporučení o přezkoušení teoretických znalostí během obnovovacího výcviku, zaměřené především na aerodynamiku a fyziku letu ve vyšších výškách, tyto znalosti by zcela jistě pilotům jasně napověděly, že dochází k poměrně značnému zhoršení situace. Opatření se vztahuje i na problematiku letu vysokou rychlostí. [13]

EASA pozměnila požadavky pro obnovovací i typový výcvik pilotů, v této souvislosti informovala provozovatele leteckých společností tak, aby kladli větší důraz na posílení CRM ve věci získávání a udržování adekvátních automatických reakcí v nestandardních situacích, kde se předpokládá výskyt značného emočního vypjetí posádky. Doporučení francouzské strany uvádí potřebu zavedení referenčního systému pro hodnocení dovedností CRM napříč jednotlivými posádkami. Tento nedostatek by měl být odstraněn zavedením standardů výuky, které by umožnily objektivní hodnocení a srovnávání úrovně CRM jednotlivých zkoušených posádek. [13]

Jedním z dalších doporučení vydaných po nehodě bylo zlepšení simulátorových cvičení, kde je cíleno na co nejvyšší proveditelnou míru faktoru překvapení při výskytu neobvyklých situací tak, aby posádka byla vystavena co nejvyšší možné úrovni zátěže během řešení dané situace. Cílem je navození nestandardních scénářů během cvičení tak, aby byla posádka vystavena silnému emočnímu faktoru. [13]

Doporučení, které se objevilo již během předchozích podobných nehod způsobených ztrátou kontroly nad letounem za letu, se věnuje možnosti zástavby přístroje s přímým odečtením úhlu náběhu posádkou, posádka letu AF447 si nikdy zřejmě neuvědomila, že letoun se nachází v přetažení. Pokud by měla posádka informaci, že se nachází v oblasti kritického úhlu náběhu, zcela jistě by to posádce velmi zásadně pomohlo při řešení situace, do které se s letounem dostala. V okamžiku, kdy se letoun již nacházel v přetažení, tak jediným možným východiskem ze situace bylo snížení úhlu náběhu spojené s obnovení proudění na nosných plochách následované stabilizací letu do okamžiku, kdy dojde k spolehlivé indikaci rychlosti letu. Pouze přístroj s přímým čtením úhlu náběhu, by posádce poskytl možnost rychle identifikovat aerodynamickou situaci letounu v daný okamžik a učinit příslušná opatření sloužící k odvrácení letecké nehody. Toto doporučení navrhla jak agentura EASA, tak americká FAA. [13]

Další doporučení směřovalo na samotného výrobce letounu, toto doporučení mělo význam ergonomického řešení a to přesněji indikace systémem ECAM, v případě pokud dojde k situaci, že systém rozpozná rozporuplné informace týkající se rychlosti letu.[13] Systém rozpoznal nespolehlivé informace týkající se rychlosti letu, došlo k degradaci některých funkcí systémů řízení, ale nikdy nedošlo k jasné indikaci posádce, že systémy nedostávají spolehlivé vstupy z pitot-statického systémů, což by značilo na blokadu pitot-statického systému a ve výsledku by mělo vést k jednodušší diagnostice při hledání původce problémů.

4 Prevence selhání lidského faktoru

V poslední kapitole této bakalářské práce se autor pozastaví nad několika řešeními, které jsou úzce spojeny s předchozími nebezpečnými trendy, kterým byly věnovány předchozí kapitoly této práce. Cílem této kapitoly není hodnocení úspěšnosti zavádění konkrétních opatření, nýbrž seznámení čtenářů s důležitostmi zavádění těchto řešení, které mají vést k dosažení pokud možno co nejvyšší úrovně bezpečnosti leteckého provozu.

Problematika selhání lidského faktoru je velmi rozsáhlé téma, kterému by bylo možné věnovat mnoho prostoru, přesto se autor záměrně v této kapitole zaměřil pouze na nejzásadnější opatření, které mají spojitost s CFIT a LOC-I. Kapitola nebyla záměrně věnována komplexnějšímu pohledu na prevenci v oblasti selhání lidského faktoru ve spojitosti s SMS či TEM, nýbrž užšímu, ale konkrétnějšímu popisu jednotlivých opatření, které pokrývají problematiku kategorie leteckých nehod, u kterých je v dnešních dnech nejvyšší výskyt obětí na životech.

4.1 Opatření vedoucí k snížení výskytu leteckých nehod způsobených CFIT

Nástrojů, jež slouží jako prevence proti výskytu nehod způsobených řízeným letem do terénu, je několik, za účelem lepší přehlednosti je budeme dále řadit do třech následujících kategorií [8]:

- Lidské
- Procedurální
- Technologické vybavení

První skupina je zaměřena na lidský element tak, jak napovídá samotný název kategorie. Opatření této skupiny se věnují především udržování dostatečných znalostí samotné problematiky řízených letů do terénu v povědomí výkonných letců, výkonní letci si musejí být vědomi rizik, které sebou CFIT přináší, v jakých fázích letu a podmínkách letu je výskyt tohoto druhu nehod nejčastější, a jakým způsobem v případě, že se posádka do situace blízké výskytu CFIT dostane, na tuto situaci správně reagovat. K ověření této schopnosti jsou poté výkonní letci vystavováni simulátorovým cvičením, které se věnují právě problematice CFIT. Nejlepší obranou této kategorie, kterým může člověk disponovat, je dostatečné situační povědomí během plnění daného úkolu. [8]

Procedurální opatření zahrnují efektivní a jednoznačné postupy tak, aby v případě nebezpečí došlo k včasnému zahájení únikového manévru.[8] Za procedurální postupy vedoucí k prevenci řízených letů do terénu považujeme hlavně důsledné dodržování silně

postavených SOP, správné používání frazeologie, standardizace při nastavení výškoměrů, snaha o nahrazení nepřesných přístrojových přiblížení, obzvláště ve vysoce rizikových destinacích dokonalejšími druhy přiblížení [8], kterými jsou například RNP přiblížení, která mají původ v PBN. Tento koncept umožňuje vedení letounu přesněji po definované trati letu, tento druh navigačního vedení je zajištěn pomocí GNSS, kde jsou zároveň vyšší požadavky na přesnost, integritu, spojitost a dostupnost.

Opatření, které mají původ v technologických řešeních, v minulosti významně přispělo k snížení četnosti výskytu řízených letů do terénu, jmenovitě se jednalo o systém GPWS [8], který dnes známe v jeho zdokonalené formě jako EGPWS. Zásadní roli hraje aktuálnost databáze systému EGPWS.

Za další přínosné technologické řešení ve vztahu k CFIT považujeme jednotky zobrazující posádce vertikální situaci s ohledem na polohu letadla a překážky v jeho blízkosti. Tyto systémy posádkám slouží, jako cenný nástroj pro zachování dostatečného situačního povědomí, aniž by docházelo k jakémukoliv využívání zdrojů posádky, což značně snižuje celkovou pracovní zátěž výkonných letců. [16]



Obrázek 11 – Vertical situation display [16]

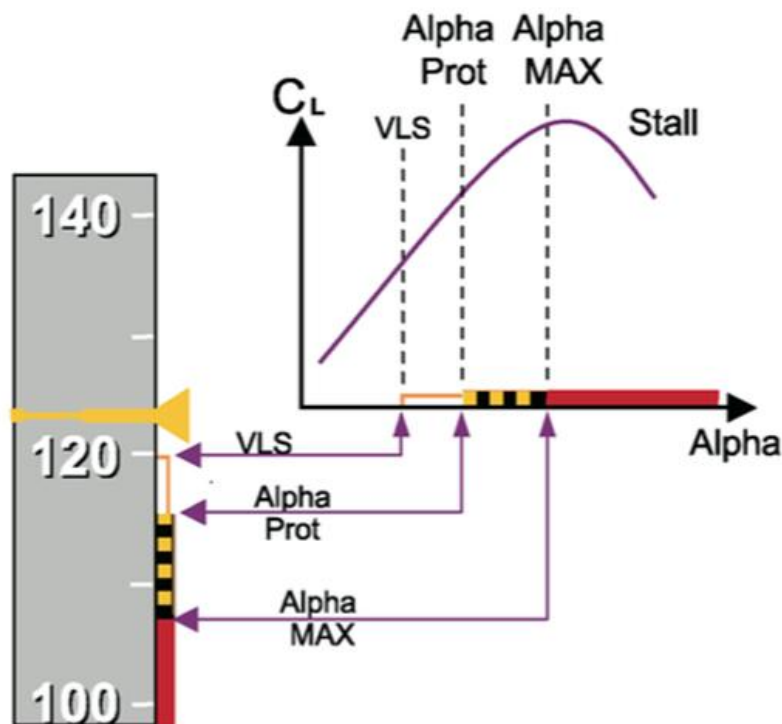
Dalším technologickým řešením je minimum safe altitude warning (MSAW), jedná se o funkci, kterou mají k dispozici řídicí letového provozu, a která slouží, jak samotný anglický název napovídá, k varování posádky prostřednictvím služeb řízení letového provozu před nebezpečím, které by mohlo vést k řízenému letu do terénu. [8]

4.2 Opatření vedoucí k snížení výskytu leteckých nehod způsobených LOC-I

S postupem času se ukazuje, že největším přínosem v oblasti prevence leteckých nehod jsou primárně technologická opatření, není tomu však, jak by se mohlo zprvu zdát u kategorie nehod, které jsou kladeny za vinu právě ztrátě kontroly nad letounem. V současné době bohužel neexistuje jediné technologické řešení, které by bylo schopné zcela eliminovat tento druh nehod.[11] Ostatně i v letadlech vybavených nejdokonalejšími technologiemi, lze očekávat poruchy v důsledku jejich samotné složitosti, těsného propojení a také vlivem působení rizikového a chybového provozního prostředí. V takto rizikovém světě je kvalitně vycvičený a dostatečně zkušený pilot poslední obrannou linií. [11]

Poměrně zásadním technologickým přínosem jsou nám letouny vybavené FBW, které disponují ochranou před opuštěním letové obálky, přesto se nejedná o úplnou a dostatečně efektivní ochranu, dokládá to řada leteckých nehod, kdy došlo k přechodu systému do jiného režimu řízení, kdy tato degradace způsobí ztrátu těchto zásadních ochranných funkcí. [17] Z minulosti víme, že k přechodu na manuální řízení dochází v okamžicích, kdy se začíná jednat o nejkomplicovanější situace, při kterých musí posádka prokázat velmi dobré dovednosti spojené s ručním řízením. To přispívá k pracovní zátěži posádky a zvýšené úrovni napětí, které musí v těchto situacích posádka čelit.

V nedávné minulosti a současnosti můžeme stále slyšet o debatách expertů a leteckých společností o hledání optimálního poměru mezi použitím automatizace a možnosti budování dovedností spojených s manuálním řízením u výkonných letců. Přesné rozložení v dnešních dnech závisí čistě na vedení dané společnosti, která by měla zajistit, že vlivem nedostatečných dovedností manuálního řízení nedojde k situacím vedoucím k LOC-I.



Obrázek 12 – Ochrana před přetažením [18]

Opatřením, které bylo v minulosti se ztrátou kontroly nad letounem často spojováno, může být vybavení letounu přímou indikací AoA, které dává posádce velmi rychlou představu o aerodynamické situaci letounu v kritických fázích letu.

Za hlavní výcvikové opatření v boji se ztrátou kontroly nad letounem v současné době považujeme UPRT. Zkratka pochází zkrácením celého anglického názvu Upset prevention and recovery training. Již z názvu může být patrné, čemu se výcvik věnuje, jedná se o specifický druh výcviku vyvinutého speciálně v boji proti výskytu leteckých nehod, spadajících do kategorie LOC-I. Pojem UPRT je velmi rozsáhlý a nejčastěji jsou s jeho souvislostí zmiňovány tyto témata: obnovení kontroly ze všech poloh, rozpoznání rizik hran letové obálky, problematika přetažení, vývrtky a další.

Samotné UPRT má počátky v roce 2009, kdy se konala konference s názvem Letové simulace směrem k okraji letové obálky, jenž upozorňovala právě na rostoucí hrozbu nehod typu LOC-I. Výsledkem této konference bylo založení mezinárodního výboru ICATEE, v němž působí řada odborníků napříč oborem a samotné prohlášení o poslání uvádí dodání úplné a komplexní dlouhodobé strategie směřující k eliminaci či snížení výskytu leteckých nehod zaviněných ztrátou kontroly nad letounem za letu pomocí zdokonaleného UPRT. [15]

UPRT je tvořena na základních třech částech, které mají sloužit k tomu, aby se letadlo nedostalo do situace, která je blízká hraně letové obálky. Předpokládá se tedy, že se letoun nedostane do situace, kdy je již zapotřebí využívat manuálních dovedností k vybrání neobvyklé polohy či režimu letu, v tomto ohledu je největší důraz během výcviku kladen na část založenou na prevenci.

Samotný výcvik má sekundární dopad na úroveň dovedností spojených právě se schopností manuálního řízení, i přestože je výcvik určen všem úrovním automatizace tak, jak již bylo řečeno dříve, samotná schopnost manuálního řízení výkonných letců může být právě tím posledním obranným bodem před leteckou nehodou. Rozvoj dovedností a znalostí z hrany letové obálky může být i při vysoké úrovni automatizace přínosem právě ve chvílích, kdy dojde k degradaci letadlových systémů.

UPRT dělíme na tyto části [15]:

- Povědomí o LOC-I
- Rozpoznání a vyvarování se LOC-I
- Obnovení kontroly

Část věnující se povědomí v UPRT obsahuje převážně znalosti, dovednosti a postoje, které jsou u výkonných letců nezbytné pro rychlou a správnou identifikaci rizik spojených s LOC-I. Zvláštní důraz je přitom kladen na znalosti a praktické dovednosti, které nejsou v současné době vyžadované v rámci stávajícího legislativního rámce.

Druhá část UPRT pokrývá informace a dovednosti specifické pro dané situace a nutné pro rozpoznání a vyloučení rizik spojených s možným posunem letadla mimo hrany letové obálky.

Poslední část věnovaná obnově kontroly letounu je tvořena seznámením s technikami a postupy, které jsou potřebné pro dosažení bezpečné obnovy kontroly v případech, kde nedostatek povědomí či rozpoznání a vyhnutí se situacím blízkých LOC-I selhal a došlo k situaci, které přímo ovlivňuje bezpečnost letu. Posádky se podrobují situacím v celé škále letové obálky tak, aby se setkaly i se situacemi, které nejsou za letu zcela běžné, ale přesto je jejich bezpečné ovládnutí zcela zásadní.

Je vysoce nerealistické předpokládat, že posádka, která je vystavena, pro ní zcela nové neobvyklé situaci, pod vlivem silného emočního vypětí, situaci zdárně vyřeší. Tato část je předmětem cvičení na leteckých simulátorech, které mají nevýhodu především v oblasti psycho-fyziologické, kde narážíme na omezení, která bude simulátor na rozdíl od

skutečného letounu vždy představovat, proto se cvičení doplňují i o lety na letounu, který je pro tyto účely určen.

Jedná se zpravidla o lety na akrobatických letounech, nicméně posláním UPRT se od akrobatického výcviku liší. Níže uvedená tabulka č.4, která demonstruje rozdíly mezi těmito výcviky. Provádění komplexních UPRT výcviků spolu s technickými zlepšeními, která jsou řešena prostřednictvím ICATEE, poskytují značnou naději na zásadní snížení výskytu nehod způsobených ztrátou kontroly nad letounem.

Účel výcviku	Akrobatický výcvik	UPRT výcvik
Primární role	Schopnost provádění přesné pilotáže	Bezpečné, efektivní vybírání nezvyklých poloh
Sekundární dopady	Zlepšené schopnosti manuálního řízení	Zlepšené schopnosti manuálního řízení
Výcvikové nástroje	Letoun	Letoun, stacionární SIM, pohyblivý SIM

Tabulka 4 – Rozdíly UPRT a ACR [15] (upraveno)

Závěr

Cílem a zároveň snahou autora při tvorbě této práce, bylo seznámení čtenáře s problematikou lidského činitele v obchodní letecké dopravě, pochopení základních souvislostí v dané oblasti, seznámení s možnými dopady na celkovou úroveň bezpečnosti v případech, kdy již dojde k selhání lidského faktoru a v neposlední řadě seznámení s opatřeními, při jejichž aplikaci dochází ke snížení rizika výskytu daných selhání.

První kapitola práce byla věnována modelům, které slouží k popisu interakcí v prostředí letecké dopravy a dále pak byly uvedeny modely, kde se jmenovitě jednalo o Reasonův model a model HFACS, které slouží k hrubší analýze lidského selhání, přesněji řečeno mají za cíl popsat sled událostí spolu s konkrétními činnostmi, které se spolupodílely na letecké mimořádné události, v případě modelu HFACS se jedná o popis a kategorizaci jednotlivých dílčích selhání a jejich zařazení do již zavedených kategorií. Následující kapitola byla věnována analýze statistických údajů, tyto údaje nám posloužily v práci jako mimořádně cenné vodítko pro další výběr, pro nás nejzásadnějších druhů leteckých nehod, kterým je věnováno poměrně mnoho prostoru v dalších částech práce. Autor došel k závěru, že v dnešních dnech trápí obchodní leteckou dopravu především události spojené s výskytem LOC-I a CFIT a RE, poslední jmenovaná kategorie je svým výskytem sice na prvním místě co do počtu nehod, ale nedochází během těchto nehod zpravidla k obětem na životech. Proto se autor tomuto druhu událostí dále nevěnoval, nejvyšší hrozbu představují již zmíněné události spojené s LOC-I a CFIT. V obou případech se jedná o poměrně specifický druh leteckých nehod, kterým se do budoucna nebudeme moci zcela bránit, naší snahou by však měl být sestupný trend při výskytu těchto druhů leteckých nehod.

Obsah kapitoly tři je věnován dvěma událostem, které jsou zařazeny právě mezi LOC-I v případě letu AF447 a CFIT v případě letu AA965, obě tyto události dokládají, o jak závažné téma se jedná v návaznosti na kapitoly dvě, čtenář je podrobně seznámen s průběhem letecké nehody a s přijatými opatřeními, které byly v návaznosti zavedeny po těchto událostech. Poslední kapitola práce se zabývá způsoby, jakými lze efektivně dosáhnout v námi zmíněných případech klesajícího trendu výskytu těchto druhů leteckých nehod. Jsou zmíněna konkrétní výcviková a technická, která mají vést k dosažení udržitelné a akceptovatelné úrovně bezpečnosti v rámci úzké kategorie leteckých nehod.

Pouze soustavná snaha, spolu s efektivním zaváděním nových opatření a následnou kontrolou dodržování zavedených opatření, povedou k dalšímu snížení rizik spojených s uvedenými typy leteckých nehod. Jak již bylo uvedeno dříve, tato práce by měla primárně sloužit pro získání povědomí v dané problematice, s důrazem na to, o jak komplikované a

rizikové prostředí se jedná, práce neměla za cíl hledání inovativních řešení, nýbrž seznámení se stávajícími.

Z výše uvedeného autor pokládá cíle této bakalářské práce za splněné, autor práce ponechá na čtenářích nakolik je podle jejich názoru problematika lidského činitele aktuální v souvislosti s celkovou úrovní bezpečnosti letecké dopravy. Autor práce se nicméně domnívá, že se jedná o jedno z nejzásadnějších témat, které má přímý vliv na bezpečnost letecké dopravy a kterému bude do budoucna věnováno ještě mnoho prostoru.

Seznam použité literatury

- [1] *Safety Management Manual (SMM)* [online]. Third edition. Montreal: ICAO, 2013 [cit. 2018-6-12]. ISBN 978 - 92 - 9249 - 214 - 4. Dostupné z: <https://www.icao.int/safety/SafetyManagement/Documents/Doc.9859.3rd%20Edition.alltext.en.pdf>
- [2] A. SHAPPELL, Scott a Douglas A. WIEGMANN. *The Human Factors Analysis and Classification System–HFACS* [online]. Washington, D.C. 20591, February 2000, , 19 [cit. 2018-2-19]. Dostupné z: https://www.nifc.gov/fireInfo/fireInfo_documents/humanfactors_classAnly.pdf
- [3] A. WIEGMANN, Douglas a Scott A. SHAPPELL. *A Human Error Analysis of Commercial Aviation Accidents Using the Human Factors Analysis and Classification System (HFACS)* [online]. Washington, D.C. 20591, February 2001, , 20 [cit. 2018-2-19]. Dostupné z: https://www.faa.gov/data_research/research/med_humanfacs/oamtechreports/2000s/media/0103.pdf
- [4] Předpis L-13: HLAVA 1 - DEFINICE [online]. [cit. 2018-11-19]. Dostupné z: <https://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-13/data/effective/hl1.pdf>
- [5] KOUDELKA, Ctirad a Václav VRÁNA. RIZIKA A JEJICH ANALÝZA [online]. Zář 2006, 17 [cit. 2018-11-19]. Dostupné z: <http://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/Magisterske%20nav/prednasky/web/RIZIKA.pdf>
- [6] CAP 719: Fundamental Human Factors Concepts [online]. 2002, , 38 [cit. 2018-11-19]. Dostupné z: <https://publicapps.caa.co.uk/docs/33/cap719.pdf>
- [7] *IATA SAFETY REPORT 2017: Issued April 2018* [online]. 54th Edition. Montreal: IATA, 2018 [cit. 2018-3-10]. ISBN 978-92-9229-644-5. Dostupné z: <https://aviation-safety.net/airlinesafety/industry/reports/IATA-safety-report-2017.pdf>
- [8] Controlled Flight Into Terrain (CFIT) Education and Training Aid [online]. Flight Safety Foundation, , 919 [cit. 2018-11-19]. Dostupné z: <https://www.skybrary.aero/bookshelf/books/2507.pdf>
- [9] Loss of Control. *Skybrary* [online]. [cit. 2018-6-12]. Dostupné z: https://www.skybrary.aero/index.php/Loss_of_Control
- [10] *Loss of Control In-Flight Accident Analysis Report 2010-2014* [online]. Montreal: IATA, 2015 [cit. 2018-6-12]. ISBN 978-92-9252-775-4. Dostupné z: <https://www.iata.org/whatwedo/safety/Documents/LOC-I-1st-Ed-2015.pdf>

- [11] M. BELCASTRO, Christine. *Loss of Control Prevention and Recovery: Onboard Guidance, Control, and Systems Technologies* [online]. Hampton: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2012, , 15 [cit. 2018-06-12]. Dostupné z: <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20120014593.pdf>
- [12] A. SIMMON, David. *Boeing 757 CFIT Accident at Cali, Colombia, Becomes Focus of Lessons Learned* [online]. In: . Alexandria, USA: Flight safety foundation, June 1998, s. 44 [cit. 2018-6-12]. ISBN 1057-5588. Dostupné z: https://www.flightsafety.org/fsd/fsd_may-june98.pdf
- [13] *Final Report of accident AF447, 1th of June 2009* [online]. In: . BEA, 27 July 2012, s. 223 [cit. 2018-6-12]. Dostupné z: <https://www.bea.aero/docspa/2009/f-cp090601.en/pdf/f-cp090601.en.pdf>
- [14] *Loss of Control In-flight (LOC-I) Prevention:: Beyond the Control of Pilots* [online]. Montreal: IATA, 2015 [cit. 2018-6-12]. ISBN 978-92-9252-780-8. Dostupné z: <https://www.iata.org/whatwedo/safety/Documents/LOC-prevention-beyond-the-control-of-pilots.pdf>
- [15] L. BROOKS, Randall. *Loss of Control in Flight: Training Foundations and Solutions* [online]. November 2010, , 12 [cit. 2018-06-12]. Dostupné z: <http://understandingaf447.com/extras/Brooks-Loss-Of-Control-In-Flight-Training-Foundations-And-Solutions.pdf>
- [16] NEVILLE, Randy a Mike DEY. AERO 2012 [online]. , 8 [cit. 2018-11-20]. Dostupné z: https://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/2012_q1/pdfs/AERO_2012q1_article3.pdf
- [17] PARASURAMAN, Raja a Victor RILEY. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society: Humans and Automation: Use, Misuse, Disuse, Abuse* [online]. Washington D.C.: SAGE, June 1 1997, , 25 [cit. 2018-2-18]. DOI: 10.1518/001872097778543886. Dostupné z: <http://edithlaw.ca/cs889/2014/reading/automation/para.pdf>
- [18] Airbus control laws [online]. [cit. 2018-11-20]. Dostupné z: http://code7700.com/aero_airbus_control_laws.htm

Seznam obrázků

Obrázek 1.	Model SHELL
Obrázek 2.	Reasonův model
Obrázek 3.	Kategorie nebezpečného jednání způsobeného posádkou
Obrázek 4.	Kategorie předpokladů, které mohou vést k nebezpečnému jednání
Obrázek 5.	Organizační vlivy
Obrázek 6.	CFIT vertikální deviace od sestupové roviny
Obrázek 7.	CFIT horizontální situace vůči sestupové rovině
Obrázek 8.	Průběh letu AA965
Obrázek 9.	Řetězec chyb vedoucí k CFIT
Obrázek 10.	Oblast dopadu letu AF447 na vodní hladinu
Obrázek 11.	Vertical situation display
Obrázek 12.	Ochrana před přetažením

Seznam grafů

- Graf 1. Výskyt leteckých nehod dle jednotlivých kategorií v období 2013-2017
- Graf 2. Letecké nehody s tragickými následky dle jednotlivých kategorií v období
- Graf 3. Počet obětí leteckých nehod dle jednotlivých kategorií v období 2013-2017
- Graf 4. Počet leteckých nehod dle jednotlivých fází letu ve sledovaném období
- Graf 5 Ishikawův diagram pro rizika spojené s CFIT
- Graf 6 Ishikawův diagram pro rizika spojené s LOC-I
- Graf 7. Počet leteckých nehod způsobených CFIT dle jednotlivých fází letu ve sledovaném období
- Graf 8. Počet leteckých nehod způsobených LOC-I dle jednotlivých fází letu ve sledovaném období
- Graf 9. Počet leteckých nehod způsobených LOC-I ve sledovaném období
- Graf 10. Nejčastější selhání podílející se na LOC-I 2010 - 2014

Seznam tabulek

Tabulka 1.	Matice pro vyhodnocení rizik metodou PCH
Tabulka 2.	Rizikové faktory spojené s CFIT
Tabulka 3.	Rizikové faktory spojené s LOC-I
Tabulka 4.	Rozdíly UPRT a ACR