

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ



Kateřina Martincová

STUDIE BEZPEČNOSTI V ATM

Bakalřsk práce

Praha, 2016



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní
d ě k a n

Konviktská 20, 110 00 Praha 1

K621..... Ústav letecké dopravy

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Kateřina Martincová

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – LED – Letecká doprava

Název tématu (česky): **Studie bezpečnosti v ATM**

Název tématu (anglicky): Safety Assessment in ATM

Zásady pro vypracování

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

- Současné požadavky při zavádění změn v ATM
- Využití studií bezpečnosti v ATM - (historie, současnost)
- Tvorba studie bezpečnosti na konkrétní případ
- Důležitost studií bezpečnosti do budoucna

- Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího bakalářské práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: EUROCONTROL, APV SBAS Approach - Concept of Operations, 2009
EUROCONTROL, Final Functional Hazard Assessment of LPV Approaches in the ECAC area, 2007
EUROCONTROL, Preliminary System Safety Assessment of LPV Approaches in the ECAC area, 2007

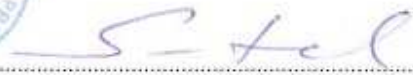
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jakub Kraus**
Ing. Vladimír Plos

Datum zadání bakalářské práce: **25. října 2015**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **25. srpna 2016**
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. Stanislav Szabo, PhD. MBA
vedoucí
Ústavu letecké dopravy



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

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.



Kateřina Martincová
jméno a podpis studenta

V Praze dne 25. října 2015

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych chtěla především poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Jakubu Krausovi za odborné vedení, cenné rady, materiály nezbytné pro vypracování této práce a čas, který mi věnoval při konzultacích.

Dále můj dík patří společnosti T-Air za poskytnutí odborné konzultace a manažerovi pro bezpečnost Leteckých služeb Hradec Králové panu Ing. Tomášovi Kvítkovi za zaslání materiálů ohledně překážek v okolí letiště Hradec Králové.

Poděkování si zaslouží i má rodina za podporu při psaní bakalářské práce.

PROHLÁŠENÍ


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

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

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

V Praze dne 25. srpna 2016

vlastnoruční podpis:



ABSTRAKT

Předmětem bakalářské práce „Studie bezpečnosti v ATM“ je navrhnout šest zjednodušených kroků vycházejících z metodiky posouzení bezpečnosti (SAM, Safety Assessment Methodology) pro zhodnocení bezpečnosti zavedení nového systému nebo změny systému v letectví. Na základě těchto vytvořených kroků je předložen návrh studie bezpečnosti pro zavedení přiblížení APV SBAS s minimy LPV na letišti Hradec Králové, s umožněním IFR provozu při využití stávajících služeb letištní letové informační služby (AFIS, Aerodrome flight information service).

Klíčová slova: přiblížení APV SBAS s minimy LPV, nebezpečí, studie bezpečnosti, metodika posouzení bezpečnosti (SAM, Safety assessment methodology)

ABSTRACT

The subject of the bachelor thesis „Safety Assessment in ATM“ is to propose simplified six-step process based on a safety assessment methodology (SAM) to assess the safety of a new system or system changes in aviation. In relation to this six-step process is presented project of the safety assessment for implementation of APV SBAS down to LPV minima at Hradec Králové airport for IFR traffic at AFIS aerodrome.

Keywords: APV SBAS down to LPV, hazard, safety assessment, safety assessment methodology (SAM)

Obsah

Obsah	6
Seznam použitých zkratk	8
Úvod	12
1 Současné požadavky při zavádění změn v ATM	14
1.1 ICAO	14
1.1.1 GANP (Global air navigation plan).....	14
1.1.2 Příslib růstu a realizace v ATM se zaváděním navigace založené na výkonnosti (PBN)	16
1.2 EUROCONTROL	17
1.2.1 Risk Assessment and Mitigation in ATM – ESARR 4 (posouzení zmírňování rizika v ATM)	17
1.2.2 5 vrcholných ATM provozních bezpečnostních studií	19
1.3 Požadavky	20
2 Využití studií bezpečnosti v ATM – historie, současnost	22
2.1 Historie hodnocení bezpečnosti v letectví	22
2.2 Počátky tvorby studií bezpečnosti	23
2.3 Moderní přístup posouzení bezpečnosti.....	23
2.3.1 Iniciativa organizace EUROCONTROL v souvislosti s metodikou posouzení bezpečnosti..	24
2.3.2 Iniciativa FAA v souvislosti s metodikou posouzení bezpečnosti.....	25
2.3.3 Společná iniciativa FAA a organizace EUROCONTROL.....	25
2.3.4 Výběr technik	25
2.4 Přehled o obecném systému metodiky hodnocení bezpečnosti	27
2.4.1 SAM	27
2.5 Zjednodušené kroky pro provedení bezpečnostní studie	36
2.5.1 Seznámení se s navrhovaným systémem a jeho okolím	36
2.5.2 Obdržení konceptu	37
2.5.3 Identifikace nebezpečí.....	37
2.5.4 Identifikace následků nebezpečí, ohodnocení závažnosti těchto následků nebezpečí, použití metody Event Tree Analysis (ETA) a stanovení bezpečnostních cílů (SO)	39
2.5.5 Fault tree Analysis (FTA) a stanovení bezpečnostních požadavků (SR).....	43
2.5.6 Zjistit, zdali je možné dosáhnout SO a SR	44
3 Tvorba studie bezpečnosti na konkrétní případ.....	46
3.1 Seznámení se s navrhovaným systémem a jeho okolím.....	46

3.1.1	Současný provoz.....	47
3.1.2	Letové tratě.....	49
3.1.3	RNP APCH přiblížení	50
3.1.4	Určení bezpečné výšky nad překážkami OCH	53
3.1.5	Předpoklady (Assumptions)	55
3.1.6	Předpokládaný vývoj letiště Hradec Králové pro rok 2016.....	56
3.2	Obdržení konceptu.....	57
3.3	Identifikace nebezpečí	58
3.4	Identifikace následků nebezpečí, ohodnocení závažnosti těchto následků nebezpečí, použití metody Event Tree Analysis (ETA) a stanovení bezpečnostních cílů (SO)	60
3.4.1	OH3 - Při snaze o zachycení dráhy konečného přiblížení letí letadlo příliš nízko (vertikální profil) 61	
3.4.2	OH4- Naletění dráhy konečného přiblížení v příliš vysoké výšce	62
3.4.3	OH6- Neúspěšné vedení letadla po správné dráze konečného přiblížení	63
3.4.4	OH7 - Podklesání výšky rozhodnutí (DH/A) bez získání vizuálního kontaktu.....	64
3.4.5	OH8- Neúspěšné provedení navrženého postupu nezdařeného přiblížení (MA)	65
3.4.6	OHX1- IFR přílet do RMZ LKHK – konflikt s VFR provozem	67
3.5	Fault tree Analysis (FTA) a stanovení bezpečnostních požadavků (SR)	68
3.5.1	OH3 - Při snaze o zachycení dráhy konečného přiblížení letí letadlo příliš nízko (vertikální profil) 70	
3.5.2	OH4- Naletění dráhy konečného přiblížení v příliš vysoké výšce	72
3.5.3	OH6- Neúspěšné vedení letadla po správné dráze konečného přiblížení	74
3.5.4	OH7 - Podklesání výšky rozhodnutí (DH/A) bez získání vizuálního kontaktu	76
3.5.4	OH8- Neúspěšné provedení navrženého postupu nezdařeného přiblížení (MA, Missed Approach).....	79
3.5.5	OHX1- IFR přílet do RMZ LKHK – konflikt s VFR provozem	81
3.6	Zjistit, zdali je možné dosáhnout SO a SR.....	83
4	Důležitost studií bezpečnosti do budoucna	84
4.1	Požadavky na bezpečnost do budoucích let.....	84
4.1.1	Metodiky bezpečnosti do budoucna	85
	Závěr.....	87
	Seznam použitých zdrojů.....	89
	Seznam obrázků, tabulek a příloh	93
	Přílohy.....	95

Seznam použitých zkratk

Zkratka	Anglický ekvivalent	Český ekvivalent
GANP	Global air navigation plan	-
ATM	Air traffic management	Uspořádání letového provozu
ICAO	International Civil Aviation Organization	Mezinárodní organizace pro civilní letectví
SMM	ICAO Safety Management Manual, doc 9859	-
ASBU	Aviation System Block Upgrade	-
PBN	Performance Based Navigation	Navigaci založená na výkonnosti
PIRGs	Planning and Implementation Regional Groups	-
HDP	Gross Domestic Product	Hrubý domácí produkt
GBAS	Ground-Based Augmentation System	System s pozemním rozšířením
GLS	GBAS Landing System	Systeme pro přistání GBAS
ILS	Instrument landing system	System pro přesné přiblížení na přistání
CAT I	Category I	Kategorie I
CAT II	Category II	Kategorie II
CAT III	Category III	Kategorie III
EUROCONTROL	European Organisation for the Safety of Air Navigation	Evropská organizace pro bezpečnost leteckého provozu
ESARR	Eurocontrol Safety Regulator Requirement	Bezpečnostní požadavek organizace Eurocontrol
ATS	Air Traffic Services	Letové navigační služby
SC	Severity Class	Třída závažnosti
SISG	Safety Improvement Sub-Group	-
ANSP	Air Navigation Service Provider	Poskytovatel letových navigačních služeb
SAFMAPs	Safety Functions Maps	-
ATC	Air traffic control	Řízení letového provozu
ATM/ANS	Air Traffic Management/Air Navigation Services	Uspořádání letového provozu/Řízení letového provozu
ŘLP ČR	Řízení letového provozu ČR	-
FAA	Federal Aviation Administration	Federální letecká správa
SAM	Safety Assessment Methodology	Metodika posouzení bezpečnosti
SMS	Safety Management System	System řízení bezpečnosti
SSMP	System Safety Management Plan	Plán systému řízení bezpečnosti

SSH	System Safety Handbook	Manuál systému bezpečnosti
NAS	National Airspace Structure	-
ATO	Air Traffic Organization	-
ETA	Event Tree Analysis	Analyza stromu událostí
FTA	Fault Tree Analysis	Analyza stromu poruch
FHA	Functional Hazard Assessment	Funkční zhodnocení bezpečnosti
PSSA	Preliminary System Safety Assessment	Předběžné zhodnocení bezpečnosti systému
SSA	System Safety Assessment	Zhodnocení bezpečnosti systému
SO	Safety Objective	Bezpečnostní cíl
MET	Minima Estimation Tool	-
ATM/CNS	Air Traffic Management/Communication Navigation and Surveillance	Uspořádání letového provozu/Komunikace, Navigace a sledování
SR	Safety Requirement	Bezpečnostní požadavek
SRec	Safety Recommendations	Bezpečnostní doporučení
AL	Assurance level	Uroveň zajištění
AFIS	Aerodrome flight information service	Letištní letová informační služba
AIP	Aeronautical information publication	Letecká informační příručka
OH	Operational Hazard	Provozní nebezpečí
IAF	Initial approach fix	Bod počátečního přiblížení
IF	Intermediate fix	Bod středního přiblížení
FAF	Final approach fix	Bod konečného přiblížení
MA	Missed approach	Nezdařené přiblížení
FAS	Final approach segment	Úsek konečného přiblížení
MAPt	Missed approach point	Bod nezdařeného přiblížení
CFIT	Controlled flight into terrain	Srážka za letu s terémem
RCS	Risk Classification Scheme	Klasifikační schéma rizik
SOCS	-	Klasifikační schéma bezpečnostních cílů
ST	Safety Target	Bezpečnostní záměr
IR	Integrity requirement	Požadavek na integritu
LKHK	-	Letiště Hradec Králové
ALS	Approach Light System	Přibližovací světelná soustava se střední svítivostí
PAPI	Precision Approach Path Indicator	Světelná soustava indikace sestupové roviny pro přesné přiblížení
FIS	Flight information services	Letové informační služby
ATZ	Aerodrome traffic zone	Okrsek letiště
LMT	Local mean time	Místní střední čas
TE	End of civil twilight	Občanský soumrak
TMA	Terminal control area	Koncová řízená oblast

TRA	Temporary reserved airspace	Dočasně rezervovaný vzdušný prostor
AUP	Airspace use plan	Plán využití vzdušného prostoru
MCTR	Military control zone	Vojensky řízený okrsek
MTMA	Military terminal maneuvering area	Vojenská koncová řízená oblast
RMZ	Radio mandatory zone	Oblast s povinným rádiovým spojením
ÚCL	-	Úřad pro civilní letectví
MRVA	Minimum radar vectoring altitude	Minimální nadmořská výška pro radarové vektorování
GPS	Global positioning system	Globální navigační systém
GNSS	Global navigation satellite system	Globální navigační satelitní systém
RNAV	Area navigation	Prostorová navigace
LP	Localizer performance	Směrový maják bez vertikálního vedení
OCA/OCH	Obstacle clearance altitude/height	Bezpečná výška nad překážkami
EGNOS	European geostationary navigation overaly service	Služba evropského překryvného segmentu globální navigace
WGS-84	World geodetic system 1984	Světový geodetický systém
OAS	Obstacle assessment surface	Rovina pro vyhodnocení překážek
DA/H	Decision altitude/height	Výška rozhodnutí
MTWR	Military aerodrome control tower	Vojenská letištní řídicí věž
EASA	European aviation safety agency	Evropská agentura pro bezpečnost letectví
EGNOS	European geostationary navigation overlay service	Služba evropského překryvného segmentu globální navigace
ESSP	European satellite services provider	Poskytovatel satelitních služeb pro Evropu
QNH	-	Q-kód pro tlak vzduchu přepočtený na hladinu moře – barometrický výškoměr ukazuje nadmořskou výšku
RWY	Runway	Vzletová a přistávací dráha
TWY	Taxiway	Pojezdová dráha
WAAS	Wide area augmentation system	Systém rozšíření pro velké oblasti
COP	Change-over point	Bod přechodu
SSP	State Safety Programme	Státní program bezpečnosti
FAST	Future Aviation Safety Team	-
RVR	Runway visual range	Dráhová dohlednost

NPA	Non-Precision Approach	Nepřesné přístrojové přiblížení
APV	Approach with Vertical Guidance	Přiblížení s vertikálním vedením
LNAV	Lateral Navigation	Minima pro nepřesné přístrojové přiblížení
LNAV/VNAV	Lateral Navigation/Vertical Navigation	Minima pro APV Baro
APV Baro	Barometric vertical navigation	Barometrická vertikální navigace
LPV	Localizer Precision with Vertical guidance	Výkonnost směrového majáku s vertikálním vedením
SBAS	Space/Satellite Based Augmentation System	Systém s družicovým rozšířením
FMS	Flight Management System	Letový řídicí systém
RNP	Required navigation performance	Požadovaná navigační výkonnost
LSHK	-	Letecké služby Hradec Králové
MATCO	Military air traffic coordinating office	Koordinační úřad vojenské letecké dopravy
MAPP	Military approach control office	Vojenské přibližovací stanoviště řízení letového provozu
STAR	Standard instrumental arrival	Standardní přístrojový přílet
MTWR	Military aerodrome control tower	Vojenská letištní řídicí věž
AMSL	Above mean sea level	Nad střední hladinou moře

Úvod

Hodnocení bezpečnosti je nedílnou součástí každého nově zaváděného systému ve všech průmyslových odvětvích po celém světě. Se zvětšující se poptávkou po letecké dopravě jsou kladeny nároky na větší bezpečnost v civilním letectví. Správné provedení bezpečnostní analýzy záleží na vhodně vybraném nástroji (tzv. bezpečnostní technice), který by měl být nejpříjemnější pro daný systém, který je vyhodnocován.

V současné době existuje více metod pro zhodnocení bezpečnosti. Jedním takovým řešením je bezpečnostní studie s použitím metodiky posouzení bezpečnosti (SAM, Safety Assessment Methodology) provedená organizací EUROCONTROL. Metodika SAM je zvolena, jelikož jako jedna z mála představuje ucelený přehled nutných kroků k vytvoření kompletní studie bezpečnosti. Hlavní výhodou SAM je komplexní přehled nutných vstupů a přehledná struktura zahrnující diagramy, které poskytují lepší pochopení dosažených výsledků.

Cílem práce je čtenáři podat ucelený přehled jednotlivých fází SAM a především sestavení zjednodušených kroků pro provedení bezpečnostní studie v ATM vycházející z metodiky SAM. Autorem stanovených šest kroků obsahuje obecné a mnohdy detailní informace pro provedení zhodnocení bezpečnosti, které svým obsahem nepřesahují možnosti bakalářské práce.

Práce se mimo jiné zabývá i tvorbou studie bezpečnosti na konkrétní příklad. Navržené zjednodušené kroky vycházející z metodiky SAM jsou použity pro zhodnocení bezpečnosti pro zavedení přiblížení APV SBAS s minimy LPV na letiště Hradec Králové, s umožněním IFR provozu při využití stávajících služeb (AFIS). V posledních letech je snaha se čím dál více zaměřovat na navigaci pomocí satelitů s úmyslem omezení rozsáhlého množství pozemních radionavigačních zařízení. Autorovo zvolené zhodnocení bezpečnosti právě pro minima LPV má své opodstatnění. V případě letiště Hradec Králové (neřízené letiště) je pravděpodobné, že ho stále budou využívat ve velké převaze menší regionální dopravci a letadla všeobecného letectví. Tato letadla jsou častěji vybavena avionikou schopnou využívat SBAS systémy, než FMS pro schopnost Baro VNAV. Z toho důvodu jako konkrétním příkladem bylo zvoleno posouzení minim LPV. S implementací APV SBAS přiblížení na LKHK by mohlo dojít k těmto benefitům:

- spolehlivému přiblížení na dráhu, čímž se zvyšuje bezpečnost provozu
- možnosti využití letiště i za zhoršeného počasí, tzn. zvýšení dostupnosti letiště
- zvýšení celkové kapacity letišť s přístrojovým přiblížením na úrovni státu – snížení vzdáleností potřebné při letu na záložní letiště, s tím související snížení spotřeby paliva atd.

Kapitola popisující tvorbu studie bezpečnosti na konkrétní příklad se dá považovat za zcela aktuální, jelikož v současnosti je snaha o zavádění IFR provozu na neřízená letiště. Záměrem kapitoly není návrh konceptu provozu, lze ji chápat jako obecnou osnovu pro případné budoucí vytváření bezpečnostní studie pro zavádění APV SBAS přiblížení na LKHK.

Práce je podpořena obrazovými přílohami, které mají čtenáři usnadnit pochopení předložených informací.

1 Současné požadavky při zavádění změn v ATM

1.1 ICAO

Poptávka po letecké dopravě v současné době rychle roste. Nedostatky v kapacitě a další omezení týkající se výkonnosti letišť a leteckých postupů mají negativní vliv na náklady leteckých společností, pohodlí cestujících a především velký vliv na životní prostředí.

Hlavním úkolem uspořádání letového provozu (ATM, Air Traffic Management) je účinně využívat koncového vzdušného prostoru, letištních prostředků a zároveň zajistit vysokou úroveň bezpečnosti. ATM představuje značnou míru koordinace mezi plánováním, regulačními orgány, poskytovateli služeb a uživateli na globální, regionální a národní úrovni.

Nejdůležitější světovou organizací v oblasti letecké dopravy je Mezinárodní organizace pro civilní letectví (ICAO, International Civil Aviation Organization), jejímž cílem je naplnění vize bezpečné, spolehlivé a trvale udržitelné mezinárodní letecké dopravy prostřednictvím spolupráce mezi státy. Rozvíjí principy mezinárodní letecké navigace a podporuje rozvoj všech aspektů mezinárodního civilního letectví. Zásadním dokumentem pro řízení bezpečnosti v letecké dopravě je „ICAO Safety Management Manual“ (SMM, Doc. 9859), který slouží jako zdroj informací a příručka pro řízení bezpečnosti.

Hlavní strategické cíle ICAO jsou následující:

- **Bezpečnost:** Vylepšit bezpečnost globálního civilního letectví.
- **Efektivita a Kapacita:** Zvýšit kapacitu a zlepšit efektivitu globálního systému civilního letectví.
- **Hospodářský rozvoj letecké dopravy:** Podporovat rozvoj řádného a ekonomicky uskutečnitelného systému civilního letectví.
- **Ochrana životního prostředí:** Minimalizovat nepříznivé účinky na životní prostředí činnostmi civilního letectví.

Pro dosažení výše uvedených strategických cílů byl vytvořen program GANP (Global Air Navigation Plan).

1.1.1 GANP (*Global air navigation plan*)

GANP představuje postupnou, 15-letou metodiku pro období mezi lety 2013-2028, která využívá stávajících technologií a předvídá budoucí vývoj na základě cílů jednotlivých států. Nabízí dlouhodobou vizi, která bude napomáhat ICAO státům, aby byla zajištěna kontinuita a harmonizace mezi jejich modernizačními programy.

Zkoumá potřebu integrovanějšího létání jak na regionální, tak na státní úrovni a zabývá se jednotlivými požadavky na představující řešení „Aviation System Block Upgrade“ (ASBU). Země mohou přijmout příslušné bloky nebo jednotlivé moduly, které přispějí k dosažení harmonizace a interoperability na jejich území.

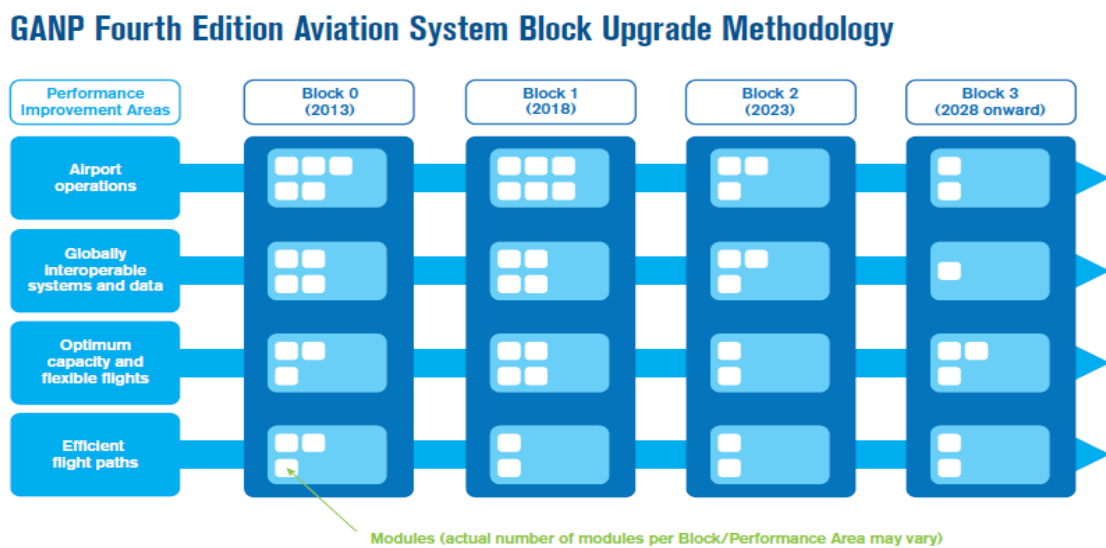
ASBU identifikuje jak problémy, které je nutno řešit v blízké budoucnosti, tak ekonomický výhled modernizace letecké dopravy. GANP rovněž nastiňuje požadavky na navigaci založenou na výkonnosti (PBN, Performance based navigation), blokové moduly a vyžaduje aktivní spolupráci mezi státy skrze PIRGs (Planning and implementation regional groups). Cílem GANP je zvýšení kapacity a efektivity systému globálního civilního letectví a zároveň zlepšení nebo alespoň udržení bezpečnosti.

Metodika Block Upgrade

Metodika „Block Upgrade“ umožňuje všem členským státům ICAO zlepšit letecké navigační schopnosti na základě vlastních provozních požadavků. Umožňuje realizovat globální harmonizaci, zvýšit kapacitu letecké dopravy a minimalizovat nepříznivé účinky na životní prostředí.

GANP Čtvrté vydání metodiky „Block Upgrade“ leteckého systému

Schéma publikované níže nastiňuje metodiku „Block Upgrade“ leteckého systému. Modré sloupce představují časové rozmezí pro zavádění jednotlivých technologií a postupů, které mají za úkol zrealizovat harmonizovaný globální letecký navigační systém.



Obrázek 1, GANP Čtvrté vydání Metodiky Block Upgrade leteckého systému [1]

Tyto technologie a postupy pro každý blok byly uspořádány do jednotlivých modulů (menší bílé čtverce), stanovených na základě konkrétních požadavků na zlepšení dané oblasti, k níž se vztahují. Členské státy ICAO mají za úkol zvážit a přijmout moduly vhodné pro jejich provozní potřeby.

Na leteckou bezpečnost se klade největší důraz v letovém navigačním plánování, a proto státy ICAO věnují náležitý zřetel na bezpečnostní priority stanovené v dokumentu GANP.

1.1.2 *Příslib růstu a realizace v ATM se zaváděním navigace založené na výkonnosti (PBN)*

Letecká doprava dnes hraje významnou roli v ekonomickém a sociálním rozvoji. Přímo a nepřímo podporuje v zaměstnávání 56,6 milionů lidí, přispívá více než 2,2 bilionu \$ k růstu globálního hrubému domácímu produktu (HDP, Gross Domestic Product) a přepravuje více než 2,9 miliardy cestujících a zboží v hodnotě 5,3 bilionu \$ ročně. [1] Letecká doprava dosahuje významného makroekonomického výkonu. Letectví je nezbytné pro cestovní ruch, který je hlavním motorem hospodářského růstu a přispívá k posílení regionálního růstu.

Se zaváděním navigace založené na výkonnosti (PBN) a pokročilé avioniky byla snaha o podstatné snížení emisí z letadel. Jedná se o klíčový faktor, na který je kladen velký důraz z důvodu negativního vlivu na životní prostředí.

S implementací navigace založené na výkonnosti (PBN), systémem pro pozemní rozšíření (GBAS, Ground-Based Augmentation System) a systémem pro přistání GBAS (GLS, GBAS Landing System) dochází k spolehlivému přiblížení na dráhu, čímž se zvyšuje bezpečnost, účinnost a kapacita přistávací dráhy.

Po dokončení konstrukce přiblížení s vertikálním vedením (APV SBAS), na všechna plánovaná letiště, bude následovat implementace systému GBAS poskytující vyšší úroveň přesného přístrojového přiblížení kategorie II a kategorie III (CAT II a III).

Kromě zvýšení bezpečnosti přístrojové dráhy, velký prospěch v zavádění globálního navigačního satelitního systému (GNSS, Global navigation satellite system) přiblížení je patrný v nákladech na pořízení systému. Pro systém GBAS jsou náklady daleko nižší než financování stávajícího systému pro přesné přiblížení na přistání (ILS, Instrument Landing System). „Bylo zjištěno, že orientační cena jednoho systému ILS (tzn. pro jeden směr přistání) se pohybuje v rozmezí 30 až 40 milionů korun. Pro systém GBAS jsou pořizovací náklady na jednu referenční stanici v řádu 3 až 4 milionů korun.“ [2]

1.2 EUROCONTROL

Rozvoj systémů a postupů pro udržení vysoké úrovně bezpečnosti a snižování nákladů v letecké dopravě má v Evropě na starosti Evropská organizace pro bezpečnost leteckého provozu (EUROCONTROL, European Organisation for the Safety of Air Navigation). EUROCONTROL je mezinárodní organizace, která byla založena za účelem zdokonalení řízení letového provozu nad Evropou.

Podkapitola se v první části snaží nastínit bezpečnostní požadavek organizace EUROCONTROL (ESARR 4, Eurocontrol Safety Regulator Requirement), týkající se problematiky nebezpečí a rizik, který má zcela zásadní význam pro bezpečné poskytování letových provozních služeb.

Druhá část podkapitoly je zaměřena na pět vrcholných provozních bezpečnostních studií, které jsou v současné době k dispozici.

1.2.1 Risk Assessment and Mitigation in ATM – ESARR 4 (posouzení zmírňování rizika v ATM)

ESARR 4 se týká vyhodnocování a snižování rizik, včetně identifikace nebezpečí v ATM při zavádění a plánování změn v ATM systému.

Rostoucí integrace, automatizace a komplexnost systému ATM vyžaduje systematický a strukturovaný přístup k posouzení zmírnění rizik, včetně identifikace nebezpečí. Chyby v návrhu, provozu, údržbě nebo selhání v systému ATM by mohly skrze snížení bezpečnostní úrovně mít katastrofální následek. S nástupem vyšší spolehlivosti systémů letadel se v posledních letech klade větší bezpečnostní nárok na všechny části ATM systému.

Požadavek se zároveň vztahuje na poskytovatele vojenských služeb ATM, vyjma případů, kdy vojenské letové provozní služby (ATS, Air Traffic Services) nebo protivzdušná obrana jsou jediní, kteří mají řídicí kontrolu nad vojenskými letadly.

Cílem ESARR 4 je zajistit, aby rizika spojená s nebezpečím v ATM systému byla identifikována, vyhodnocována a řízena uvnitř jednotlivých bezpečnostních úrovní s nutností nepřekročení schválených minim.

Závažnost dopadu nebezpečí na provoz musí být určena pomocí klasifikačního schématu znázorněného na obrázku 2. Klasifikace závažnosti je založená na konkrétním argumentu demonstrujícím pravděpodobný vliv nebezpečí v nejhorším uvažovaném případě.

Možnost, že nebezpečí povede k nehodě nebo mimořádné události je závislá na mnoha faktorech. Aby bylo možné vyvodit působení nebezpečí na provoz a stanovit jeho závažnost, je nutné studovat vliv následků nebezpečí na různé prvky systému ATM, mezi které patří:

- Vliv nebezpečí s ohledem na leteckou posádku, (např. pracovní vytížení aj.)

- Vliv nebezpečí s ohledem na řídicí letového provozu (například pracovní zátěž aj.)
- Vliv nebezpečí s ohledem na funkční schopnosti letadel
- Vliv nebezpečí s ohledem na funkční schopnost pozemních prvků ATM systému

Třída závažnosti	1	2	3	4	5
Dopad na provoz	Nehoda	Vážná nahodilá událost	Velká nahodilá událost	Významná nahodilá událost	Žádný bezprostřední vliv na bezpečnost
Příklady dopadů na provoz zahrnující:	<ul style="list-style-type: none"> -jedna nebo více katastrofických nehod -jedna nebo více srážek za letu -jedna nebo více srážek dvou letadel na zemi -jedna nebo více srážek za letu s terénem -kompletní ztráta kontroly nad letadlem Nelze očekávat že by nějaké bariéry (např. ATC, postupy posádky letadla) předešly nehodě 	<ul style="list-style-type: none"> -závažné snížení rozstupů mezi letadly (o více než polovinu minimální hodnoty na rozstup) aniž by posádka nebo řídicí letového provozu plně kontrolovali situaci, nebo byli schopni se z této situace dostat -jedno nebo více letadel se odchýlí od povolené tratě tak, že je potřeba prudkého manévru k vyhnutí se srážce s jiným letadlem nebo terénem 	<ul style="list-style-type: none"> -závažné snížení rozstupů mezi letadly (o více než polovinu minimální hodnoty), avšak posádka nebo řídicí letového provozu situaci kontrolují, nebo jsou schopni se z ní dostat -méně významné snížení rozstupů mezi letadly (o méně než polovinu minimální hodnoty rozstupů), aniž by posádka nebo řídicí letového provozu plně kontrolovali situaci, nebo byli schopni se z této situace dostat 	<ul style="list-style-type: none"> -zvýšená pracovní zátěž řídicího letového provozu nebo posádky letadla, nebo zhoršení funkční kapacity CNS systémů -méně významné snížení rozstupů mezi letadly (o méně než polovinu minimální hodnoty), avšak posádka nebo řídicí letového provozu situaci kontrolují, nebo jsou schopni se z ní dostat 	<ul style="list-style-type: none"> -žádný nebezpečný stav, tzn. žádný přímý nebo nepřímý dopad na bezpečnost provozu

Obrázek 2, Schéma klasifikace závažnosti podle ESARR 4 (upraveno autorem) [3]

Závažnost následků nebezpečí je rozdělena do pěti tříd závažnosti (SC, Severity Class):

- SC1 - nehoda
- SC2 - vážná nahodilá událost
- SC3 - velká nahodilá událost
- SC4 - významná nahodilá událost
- SC5 - žádný bezprostřední vliv na bezpečnost

V současné době je definována pouze pro třídu závažnosti SC1 (nehoda) s maximální pravděpodobností nastání $1,55 \cdot 10^{-8}$ za jednu letovou hodinu. [3] Hodnota vychází z počtu incidentů v ATM za uplynulé roky. Maximální pravděpodobnost výskytu nebezpečí u ostatní tříd bude uvedena v budoucím přepracovaném vydání dokumentu ESSAR 4.

Samotně definovaná nebezpečí ještě nemusí znamenat katastrofickou událost. Negativní se stávají v průběhu provozních operací, které mohou způsobit vznik náhlých situací s vlivem na bezpečnost.

1.2.2 5 vrcholných ATM provozních bezpečnostních studií

EUROCONTOL Safety Improvement Sub-Group (SISG) měla za úkol určit pět prioritních oblastí ATM s ohledem na udržení bezpečnosti a zvýšení kapacity a efektivity.

SISG provedla přezkoumání v létě 2012. Proběhla řada seminářů za účasti šesti poskytovatelů letových navigačních služeb (ANSP, Air Navigation Service Provider) představujících velkou část evropského letového provozu.

Byly vyvinuty SAFMAPs (Safety Functions Maps), zobrazující data zainteresovaných ANSP po následném důkladném prošetření.

Výsledkem SAFMAPs analýz je pět prioritních oblastí ATM navržených a odsouhlasených SISG. Mezi ně patří:

- **Riziko provozu bez odpovídače nebo s nefunkčním odpovídačem**

Provoz bez odpovídače nebo s nefunkčním odpovídačem představuje hrozbu selhání všech stávajících bezpečnostních bariér až do momentu vyhnutí se na základě vizuálního kontaktu

- **Přistávání bez povolení od stanoviště řízení letového provozu (ATC, Air traffic control)**

Z různých důvodů mnohdy přistávají letadla bez povolení pro přistání od stanoviště ATC, což má za následek narušení přistávací dráhy

- **Obsazenost dráhy**

Události související s narušením přistávací dráhy

- **Slepé místo - neschopnost odhalit srážku s nejbližším letadlem**

Ztráta rozstupu mezi letadly, neboli slepé místo, je typicky charakterizováno chybou řídicího v situaci, kdy neodhalí srážku s letadlem. Obvykle se zmiňované události stávají po povolení ke klesání a v souvislosti s rychle se vyvíjející situací – když letadla jsou vzdáleny od sebe 1000 ft a 15 NM

- **Odhalení střetu s letadlem z přilehlého sektoru**

Ztráta rozstupu mezi letadly na trati je někdy zapříčiněna nedostatečnou koordinací s přilehlým sektorem. Nejčastěji se jedná o předčasné předání řízení vedlejšímu sektoru, nebo naopak předčasné přijetí řízení nad daným sektorem

K zmiňovaným pěti oblastem ATM byly vytvořeny podrobnější bezpečnostní studie. Pro názornou ukázkou jsou uvedeny některé kroky ze studie pro první oblast „Riziko provozu bez odpovídače nebo s nefunkčním odpovídačem“:

- Zvážit, zda existují bariéry, které mohou zvrátit vývoj události vedoucí k nebezpečí letadla operujícího bez nebo s nefunkčním odpovídačem
- Vytvořit náhradní scénáře pro případ letadla operujícího s nefunkčním odpovídačem a analyzovat je na možné překážky

1.3 Požadavky

Z podkapitol 1.1 a 1.2 je možné odvodit seznam požadavků týkajících se všech složek ATM systému. K již zmíněným strategickým cílům ICAO, které lze chápat, jako požadavky na systém v ATM, je třeba zahrnout ještě další oblasti, na které jsou kladeny požadavky pro úspěšný provoz jakéhokoliv systému v ATM.

- **Bezpečnost (Safety)**

Snahou je zvýšit úroveň bezpečnosti globálního civilního letectví. Požadavky jsou kladeny na poskytovatele ATM/ANS služeb – certifikace, žádost o osvědčení, na technickou způsobilost, vybavení atd.

- **Efektivita a kapacita**

Snahou je zvýšit kapacitu a zlepšit efektivitu globálního systému civilního letectví. Specifickým cílem je zmírnit rizika spojená s nárůstem letecké dopravy a také zvýšit složitost v rámci ATM/ANS (Air Traffic Management/Air Navigation Services). Zlepšováním systému ATM je požadováno, aby vyspělé technologické systémy a postupy byly přijímány rychleji a v širším měřítku než je k tomu doposud.

Požadavek je zároveň kladen na dostatečnou kapacitu letišť umožňující pokrytí poptávky po letecké dopravě.

- **Hospodářský rozvoj letecké dopravy**

Snahou je podporovat rozvoj ekonomicky uskutečnitelného systému civilního letectví. Základní ekonomická opatření by mohla mít důležitý vliv na budoucí růst dopravy a s tím související spotřebou paliva.

- **Ochrana životního prostředí**

Snahou je minimalizovat nepříznivé účinky na životní prostředí způsobené činnostmi civilního letectví. Letecká doprava představuje jeden z hlavních faktorů, který při svém rozvoji nepříznivě ovlivňuje kvalitu životního prostředí. Znečištění ovzduší škodlivinami,

hluk, vibrace a znečištění půdy a vody při fungování letišť mají velký vliv jak na životní prostředí, tak i na lidské zdraví.

- **Interoperabilita**

Cílem je vzájemné poskytování služeb a efektivní spolupráce mezi systémy. Požadavek je kladen např. na poskytovatele služeb, kteří jsou povinni ověřovat způsobilost systémů a dokládat ji.

- **Bezpečnost (Security)**

Pro ochranu civilního letectví před protiprávními činy jsou požadavky kladeny na zpřísnění letištních kontrol, zavádění nových technologií zajišťujících bezpečnost cestujících atd.

- **Plnění předpisů**

Plnění předpisů se závazně týká všech složek v letecké dopravě – pilotů, provozovatelů, ale i přepravy zboží a osob atd.

- **Integrita**

Jedná se o stupeň zabezpečení proti ztrátě nebo pozměnění leteckých dat nebo jejich hodnoty od doby vzniku nebo schválené změny.

- **Ekonomičnost a ekologie**

Letecká doprava by se měla vyvíjet s ohledem na ekonomičnost a ekologičnost strojů.

Ať už se bude jednat o požadavky při zavádění změn v ATM v celosvětovém měřítku (ICAO), nebo pouze v evropském měřítku (EUROCONTROL), vždy je hlavním cílem udržovat vysokou úroveň bezpečnosti. Při posuzování bezpečnosti je prvořadé provést rozbor daného systému a všech složek souvisejících s ním. Pokud je systémem k posouzení bezpečnosti nový druh přiblížení na letišti, je potřeba zvážit nejenom samotné letišti, ale i okolní vzdušný prostor (část odletu, příletu, přistání atd.) a ostatní subjekty, které by mohly narušit celkovou bezpečnost systému. Je zapotřebí provést komplexní analýzu prostředků, metod a technických řešení, které mohou zabránit vzniku nebezpečí. Jednou z takových analýz je bezpečnostní studie s použitou metodikou posouzení bezpečnosti (SAM, Safety Assessment Methodology), popis kroků pro její sestavení je náplní této bakalářské práce.

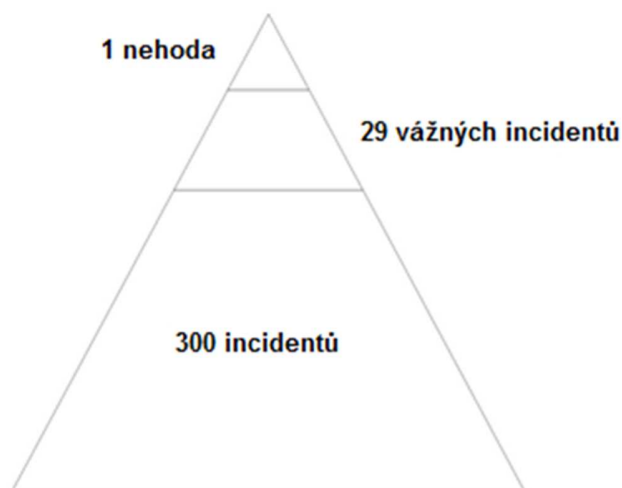
2 Využití studií bezpečnosti v ATM – historie, současnost

2.1 Historie hodnocení bezpečnosti v letectví

Hodnocení bezpečnosti v letectví se vždy odvíjelo od snahy snížit počet nehod. Od počátků motorového létání je možné zaznamenat snahu o zdokonalování techniky a technologií, které k celkové bezpečnosti přispívají. Vždy však šlo o metody pokusu a omylu a přebírání tzv. „best practice“, aby se neopakovaly již provedené chyby.

S postupem vývoje letectví a zvyšováním důrazu kladeného na bezpečnost po druhé světové válce se začínalo hodnocení bezpečnosti ubírat směrem k technice používané v letectví. Řídila se bezpečnost technických faktorů [5]. Navrhování konstrukcí bylo v té době již dováděno k dokonalosti, avšak letecké nehody byly „na běžném pořádku“. Jejich statistické vyhodnocení oproti počtu letů a zhodnocení příčin leteckých nehod tak umožnilo první číselně určenou míru bezpečnosti.

Po technických faktorech přišly na řadu faktory týkající se problematiky lidského činitele (od sedmdesátých let) a organizační faktory (od devadesátých let) [5]. Se zvyšující se bezpečností a snižujícím se počtu realizovaných nehod se postupně zaváděly nové prvky, ze kterých bylo možné bezpečnost vyhodnocovat. Po nehodách tak přišly vážné incidenty a incidenty, kterých realizace vznikají častěji, což odpovídá Heinrichovu poměru [4], viz obrázek 3.



Obrázek 3 – Heinrichův poměr (upraveno autorem) [5]

V aktuálních dokumentech řešících hodnocení a řízení bezpečnosti [5], [6] již není ani zaměření úrovně incidentů považováno za dostačující a je zhodnoceno a navrhováno, jak pokračovat v bezpečnosti dále.

2.2 Počátky tvorby studií bezpečnosti

Výše popsáný vývoj bezpečnosti je však dostatečným základem pro uchopení studií bezpečnosti a jejich vzniku. Jak lze vyčíst z předchozí podkapitoly, vždy se v letectví vyhodnocovala bezpečnost zpětně na základě realizace událostí. S postupným vývojem se však přišlo na to, že nelze řešit zavádění nových postupů do provozu metodou pokus-omyl a je nezbytné zhodnotit bezpečnost ještě před zavedením.

V návaznosti na posun řízení bezpečnosti se tak začalo posouvat také hodnocení bezpečnosti a to nejdříve k použité technice. Ta lze označit slovem „hard“, což znamená, že je možné u ní stanovit přesné měřitelné parametry, kterých je potřeba dosáhnout. Pokud je tedy teoreticky spočítáno jak se má technika, nebo technický systém chovat, aby byl bezpečný, při jeho zavádění do provozu stačí pouze dodržet navržené parametry.

Odlišností je hodnocení tzv. „soft“ parametrů systému letectví, kdy pro lidský faktor a organizační faktory již nelze plně zaručit jejich chování dle návrhu tak, aby byl celý systém bezpečný. Před vyvinutými metodami, jak se k tomuto postavit, se proto pozornost stále ubírala k měřitelným parametrům, které lze částečně využít i pro lidský a organizační faktory. Příkladem tohoto může být maximální doba služby posádky.

Snaha o další následné zvýšení bezpečnosti si však již vyžádala zavedení metod a systémů pro hodnocení bezpečnosti.

2.3 Moderní přístup posouzení bezpečnosti

Obecně platí, že posouzení bezpečnosti se provádí u:

- každého nového ATM systému

Každý nový ATM systém, jehož provoz má vliv na bezpečnost poskytovaných služeb ATM, musí být posouzen z hlediska bezpečnosti.

Bezpečnostní studie musí být vždy provedena v souladu s tím, jakým způsobem se systém vztahuje k poskytovaným službám ATM. V ostatních případech rozhodnutí pro posouzení bezpečnosti závisí na osobě, která je podle manuálu zodpovědná v daném případě za posouzení bezpečnosti.

- systémové změny

Je třeba zdůraznit skutečnost, že ŘLP ČR (Řízení letového provozu ČR) zavedlo povinnost dokumentovat každou změnu ATM systému (alespoň datum, popis změny, osobu odpovědnou za změnu a případně protokol o zkoušce – scénář o zkoušce se zaměřuje na identifikaci nebezpečí, výsledek zkoušky, datum a odpovědnou osobu)

Posouzení bezpečnosti musí být provedeno v následujících případech, kdy:

- Změna systému se dotýká funkčnosti systému z hlediska uživatelského pohledu.
- Úroveň potíží, technický provoz a manipulace se zařízením se mění.
- Změna vyvolává jinou změnu v souvisejících procedurách (ATC postupy, postupy při provozu, řízení a udržování systémů ATM atd.).

Na druhou stranu posouzení bezpečnosti nemusí být provedeno vždy, jestliže:

- Hardware je nahrazen stejným nebo podobným hardwarem. Úroveň potíží a způsob technického provozu nejsou ovlivněny.
- Systém je fyzicky přemístěn, aniž by bylo nutné významně měnit jeho vzájemné propojení se spolupracujícími systémy. Z toho důvodu se nové trasy kabelových rozvodů musí posuzovat z hlediska elektromagnetického rušení a z hlediska požadavků na nezávislost jednotlivých systémů (tzn. výběr rozdílných tras kabelových rozvodů pro systémy, které mají být nezávislé).
- Jsou změněny parametry systému, které nemají přímý vliv na bezpečnost poskytovaných služeb ATM.

Podkapitola „Moderní přístup posouzení bezpečnosti“ nastiňuje podněty jak evropské mezinárodní organizace (EUROCONTROL), tak i Federální letecké správě (FAA, Federal Aviation Administration) pro Spojené státy americké.

2.3.1 Iniciativa organizace EUROCONTROL v souvislosti s metodikou posouzení bezpečnosti

Vizí organizace EUROCONTROL je budoucí ATM obsahující mnoho nových představ využití vzdušného prostoru a pokročilých řídicích nástrojů. Cílem je zajistit, aby tato vize byla přinejmenším stejně bezpečná, a pokud možno bezpečnější, než stávající úroveň v Evropě a to i vzhledem k předpokládanému zvětšenému objemu letového provozu.

V letech 2002-2004 organizace EUROCONTROL vykonala významné přezkoumání více než 500 metod (500+) posouzení bezpečnosti z devíti rozdílných průmyslových odvětví.

Tyto metody se pohybovaly v rozmezí od “tradičních” zkoumající spolehlivost hardwaru, až po techniky se zaměřením na lidské chování a bezpečnost softwaru.

Cílem projektu „Safety Methods Survey“ (Průzkum bezpečnostních metod) bylo vytvořit kompletní soupis a identifikovat z něho techniky (včetně těch, které jsou vypracovány pro jiné odvětví jako je železnice, telekomunikace, chemický průmysl atd.) vhodné pro aplikaci metodiky posouzení bezpečnosti (SAM, Safety Assessment Methodology).

Dokument „FAA/EUROCONTROL ATM Safety Techniques and Toolbox“ [7] obsahuje nejpodstatnější metody využívané k posouzení bezpečnosti, které jsou v současné době k dispozici pro aplikace ATM.

EUROCONTROL si klade za cíl zajistit vysokou míru bezpečnosti se zaváděním systému řízení bezpečnosti (SMS, Safety Management System). SMS je nástroj, který se snaží sdružit všechny složky společnosti, pro snahu zvýšit bezpečnost a snížit bezpečnostní rizika na takovou úroveň, která je přijatelná.

2.3.2 Iniciativa FAA v souvislosti s metodikou posouzení bezpečnosti

FAA program systému řízení bezpečnosti (SSMP, System Safety Management Plan) a manuál bezpečnostního systému (SSH, System Safety Handbook) ustanovují plán v souvislosti se zaváděním nových systémů na zajištění toho, aby bezpečnost systému byla efektivně integrována do NAS (National Airspace Structure).

SSMP a SSH identifikují různé techniky pro rozpoznání potenciálního nebezpečí a poskytují detaily o tom, jak dané techniky integrovat do ATM systémů.

FAA Air Traffic Organization (ATO) byla vyvinuta v souvislosti s SMS. SMS poskytuje návod poskytovatelům služeb jak zajistit, aby nedošlo k výskytu nebezpečí při provozu aj. SMS identifikuje různé bezpečnostní techniky (v dokumentu [7]), za cílem zajištění situace, kdy hodnotitel bezpečnosti vykonávající analýzu výskytu nebezpečí by si měl vybrat nástroj, který je nejvhodnější pro daný systém, jenž je vyhodnocován.

2.3.3 Společná iniciativa FAA a organizace EUROCONTROL

V dubnu 2003 tyto dvě organizace identifikovaly společné funkce, úkoly a povinnosti s ohledem na mnoho faktorů, jak je nastíněno v dokumentu „FAA/EUROCONTROL R&D Committee Safety Action Plan (AP-15).“ [7]

2.3.4 Výběr technik

Byl opět použit již výše zmiňovaný soupis organizace EUROCONTROL s více než 500 technikami, nicméně mezi současnými kritérii pro výběr 500+ jsou mírné odlišnosti, než v dokumentu přezkoumání technik organizace EUROCONTROL, znějící:

- Technika by v současné době měla být v použití
- Technika je posuzována „AP-15“ skupinou a zhodnocena

- Technika chybí mezi 500, ale splňuje první 2 kritéria

Výsledkem byl seznam 27 vybraných technik:

1. Air-MIDAS
2. Air Safety Database
3. ASRS (Aviation Safety Reporting System)
4. Bias & Uncertainty Assessment
5. Bow-Tie Analysis
6. CCA (Common Cause Analysis)
7. Collision Risk Models
8. ETA (Event Tree Analysis)
9. External Events Analysis
10. FAST (Future Aviation Safety Team) Method
11. FMECA (Failure Modes Effects and Criticality Analysis)
12. FTA (Fault Tree Analysis)
13. Future Flight Central
14. HAZOP (Hazard and Operability study)
15. HEART (Human Error Assessment and Reduction Technique)
16. HERA (Human Error in ATM)
17. HTA (Hierarchical Task Analysis)
18. HTRR (Hazard Tracking and Risk Resolution)
19. Human Error Database
20. Human Factors Case
21. PDARS (Performance Data Analysis and Reporting System)
22. SADT (Structured Analysis and Design Technique)
23. SAFSIM (Safety in Simulations)
24. SIMMOD Pro
25. TOPAZ accident risk assessment methodology
26. TRACER-Lite
27. Use of Expert Judgment

V dokumentu [7] je poskytnut vysvětlující materiál k jednotlivým technikám ze seznamu výše. V bakalářské práci ze zmiňovaných metod je provedena pouze analýza stromu událostí (ETA, Event Tree Analysis) a analýza stromu poruch (FTA, Fault Tree Analysis).

2.4 Přehled o obecném systému metodiky hodnocení bezpečnosti

Metodika studie bezpečnosti je obvykle zaměřena na to, aby nově navržené změny nezvyšovaly nebezpečí z hlediska bezpečnosti. Všechny možné dopady nového provozu nebo systému by měly být posouzeny a jejich celkové nebezpečí určeno.

„Výsledná zpráva a provedení je jednak podkladem pro regulátora pro vydání rozhodnutí o provozu a jednak jde o ujištění pro samotnou organizaci, že to co dělá a co plánuje dělat, je a bude bezpečné“ [8].

Následující podkapitola nastiňuje samotný proces metodiky posouzení bezpečnosti (SAM, Safety Assessment Methodology), provedené organizací EUROCONTROL.

2.4.1 SAM

Metodika posouzení bezpečnosti (SAM) byla vyvinuta za cílem odrážet osvědčené postupy pro posouzení bezpečnosti letových systémů a poskytovat vodítko pro jejich aplikaci.

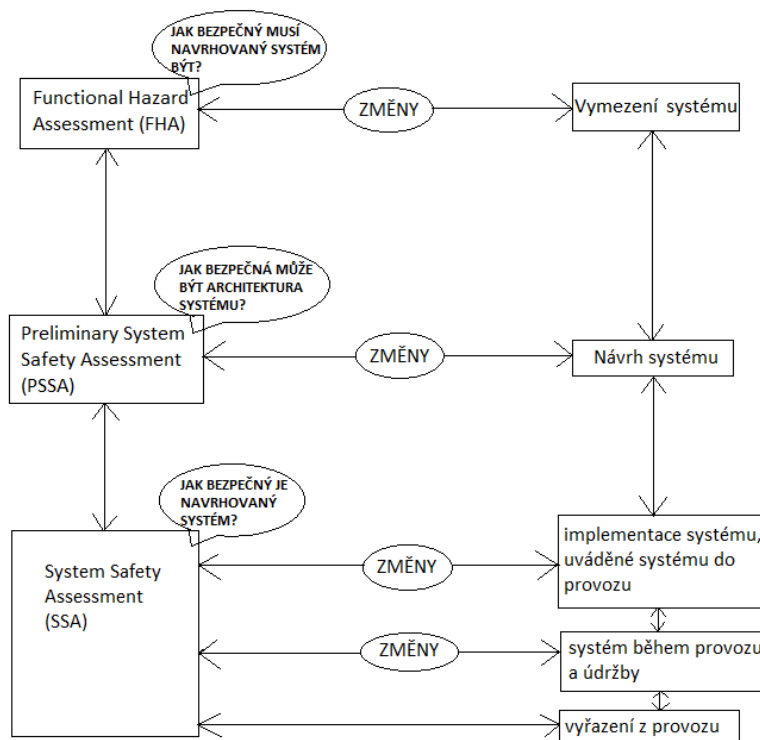
Skládá ze tří částí:

- Funkční zhodnocení bezpečnosti (FHA, Functional Hazard Assessment)
- Předběžné zhodnocení bezpečnosti (PSSA, Preliminary System Safety Assessment)
- Zhodnocení bezpečnosti systému (SSA, System Safety Assessment)

Na začátku studie bezpečnosti má každá část pevně daný čas kdy se začíná provádět, ale tím jak posouzení bezpečnosti postupuje, se nakonec tyto fáze prolínají, jelikož i ta poslední část může mít zpětný vliv na tu první. [8]

Hlavními kroky studie bezpečnosti pro systém, který je ve stádiu návrhu jsou FHA a PSSA. Některé činnosti prováděné v části SSA jsou započaty již ke konci stádia návrhu systému, v době před danou implementací systému.

Obrázek 4 nastiňuje vazby mezi jednotlivými fázemi SAM v průběhu celkového životního cyklu systému.



Obrázek 4, Vztah mezi posuzováním bezpečnosti systému a průběhem celkového životního cyklu systému (vytvořeno autorem)

V podkapitole 4.2. „Zjednodušené kroky pro provedení bezpečnostní studie“ jsou podrobně rozebrány jednotlivé kroky navržené autorem bakalářské práce, vycházející z metodiky SAM, pro úspěšné zhodnocení bezpečnosti navrhovaného systému.

V následujících podkapitolách je pro každou fázi SAM popsána obecná struktura dokumentu s cílem správného posouzení bezpečnosti. Jedná se však pouze o navrhovaný vzhled, dokument nemá pevně stanovenou strukturu. Rovněž je možno použít strukturu nazývajícím se „bezpečnostní případ“ (Safety Case). V „bezpečnostním případě“ se na úvod stanoví hlavní argument, který říká, že systém bude bezpečný. Cílem dokumentu je rozdělit toto hlavní tvrzení do argumentů nižší úrovně, které když se ukáží jako pravdivé, tak lze považovat hlavní argument za platný výrok.

2.4.1.1 FHA

Hlavním cílem průběhu FHA je určit „jak bezpečný musí navrhovaný systém být“. Posouzení je zahájeno na počátku vývoje systému nebo jeho změny. Záměrem procesu FHA je určit seznam bezpečnostních cílů systému (SO, Safety Objectives), tzn. určení úrovně bezpečnosti, které má

system dosáhnout. Na začátku studie je dobré si definovat určité tvrzení o systému, tzv. předpoklady (assumptions), jejichž správnost během studie není dále hodnocena. [8]

Pro úspěšné vytvoření bezpečnostní studie je potřeba se na úvod dopodrobna seznámit s navrhovaným systémem, okolím systému a veškerými dokumenty a informacemi souvisejícími s konceptem provozu. Počáteční vstupy do procesu FHA jsou následující:

- popis navrhovaného systému
- popis provozního prostředí
- dokumenty a informace související s konceptem provozu
- legislativa (předpisy)
- historická data (pohyb letadel na letišti za uplynulé roky atd.)

Vzápětí je možno identifikovat všechny potenciální nebezpečí spojená s hodnoceným systémem. Podle definice organizace EUROCONTROL je nebezpečí následkem nějakého selhání v systému nebo kombinací různých selhání [9]. Dozvídáme se, co se může pokazit. Dalším krokem je hledání všech možných následků nebezpečí, které mají vliv na letový provoz. Identifikaci následků a určení pravděpodobností jejich nastání používá metoda „Event Tree Analysis“ (ETA). V současné době k zhodnocení závažnosti následků nebezpečí pro ATM systémy, EUROCONTROL vyžaduje využívat klasifikačního schématu závažnosti uvedeného v bodě 1.2.1 bakalářské práce. Závažnost následků nebezpečí, je rozdělena do pěti tříd závažnosti (SC, Severity Class):

- SC1 - nehoda
- SC2 - vážná nahodilá událost
- SC3 - velká nahodilá událost
- SC4 - významná nahodilá událost
- SC5 - žádný bezprostřední vliv na bezpečnost

Z výsledků se dokáže zjistit, jak závažné jsou hodnocené následky.

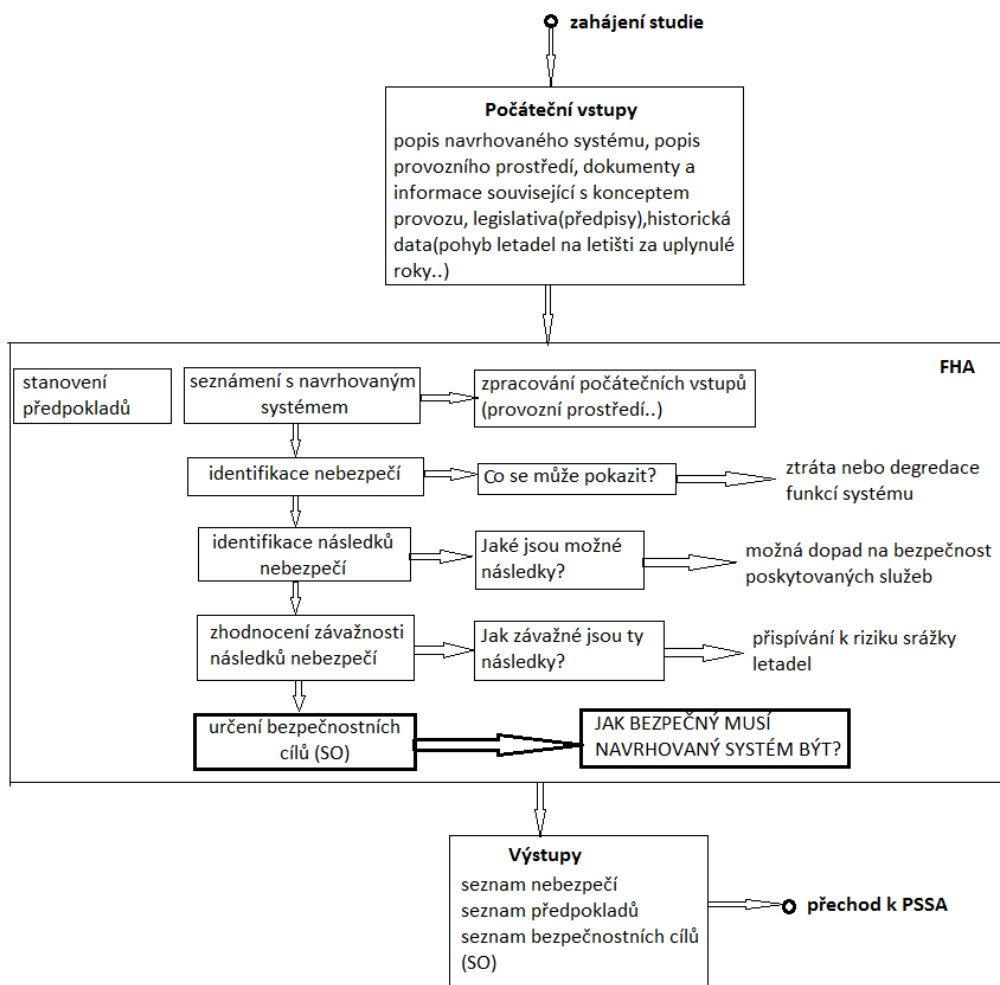
Následně se může přejít k poslednímu kroku fáze FHA a tím je určování bezpečnostních cílů.

Korektní provedení určení SO by mělo využívat vstupy zahrnující: [9]

- Informace o popisu provozního prostředí, definice systému atd.
- Klasifikační schéma závažnosti (SCS, Severity Classification Scheme), již výše zmiňované
- Klasifikační schéma rizik (RCS, Risk Classification Scheme)
- Klasifikační schéma bezpečnostních cílů (SOCS, Safety Objective Classification Scheme)

Schéma nacházející se níže zobrazuje jednotlivé fáze FHA, včetně definovaných vstupů a výstupů. Výstupy jsou následující:

- seznam potenciálních nebezpečí
- seznam předpokladů
- seznam bezpečnostních cílů (SO)



Obrázek 5, Schéma průběhu FHA (vytvořeno autorem)

2.4.1.2 PSSA

Druhou ze tří hlavních fází v obecném procesu posouzení bezpečnosti metodiky SAM je PSSA (Preliminary System Safety Assessment).

Značnou část vstupních informací má PSSA společných s FHA, může je přímo přebírat nebo je i aktualizovat. Důraz je kladen na důkladný popis funkcí systému a vztahů mezi nimi. Dalšími důležitými počátečními vstupy jsou:

- podrobnější popis návrhu systému, zahrnujícího popis architektury systému atd.
- v případě nedostačujícího popisu provozního prostředí z FHA je třeba doplnit informace ohledně infrastruktury letiště, současných schopnostech CNS/ATM (Communication navigation and surveillance/Air traffic management) systémů, schopnostech sousedních středisek řízení letového provozu aj.
- stanovení účelu navrhovaného systému a uvedení vztahů mezi jednotlivými prvky systému
- výstupy z FHA (hodnoty bezpečnostních cílů z kvantitativní nebo kvalitativní metody provedené v FHA, seznam předpokladů a potenciálních nebezpečí)

Architektura systému může dosáhnout bezpečnostních cílů stanovených v průběhu FHA pouze za předpokladu, kdy prvky systému splňují své bezpečnostní požadavky (SR, Safety Requirements). Podle dokumentu ESARR4, bezpečnostní cíl (SO) je kvalitativní nebo kvantitativní vyjádření, které určuje nejvyšší frekvenci nebo pravděpodobnost, s níž může nebezpečí nastat. [3] Cílem provedení PSSA je prokázat, zda architektura systému a individuální prvky systému (lidi, postupy a vybavení) nezpůsobují nebo nepřispívají k identifikovaným nebezpečím a jestli dojde k dosažení SO (bezpečnostních cílů) uvedených v FHA.

Dále je potřeba identifikovat různé příčiny, které mohou vést k realizaci daného nebezpečí (např. pilot vybere nesprávnou výšku rozhodnutí atd.). Těmto příčinám se přiřadí pravděpodobnosti jejich nastání. [8] Následně se provádí strategie na zmírňování rizik. Způsoby snižování rizik mohou mít různou podobu: funkční, organizační, provozní, charakteristiku prostředí atd. Cílem strategie je buďto nebezpečí eliminovat, omezit, nebo řídit (např. použití prvků pro včasnou detekci chyby). Po použití strategie na zmírňování rizik je hlavním úkolem samotné rozdělení bezpečnostních cílů mezi prvky systému, čili stanovení bezpečnostních požadavků. Tato bakalářská práce se zabývá bezpečnostními požadavky, zahrnujícími požadavky na systém a jeho prvky odvozené od kvalitativních a kvantitativních bezpečnostních cílů, můžeme je chápat dvěma způsoby:

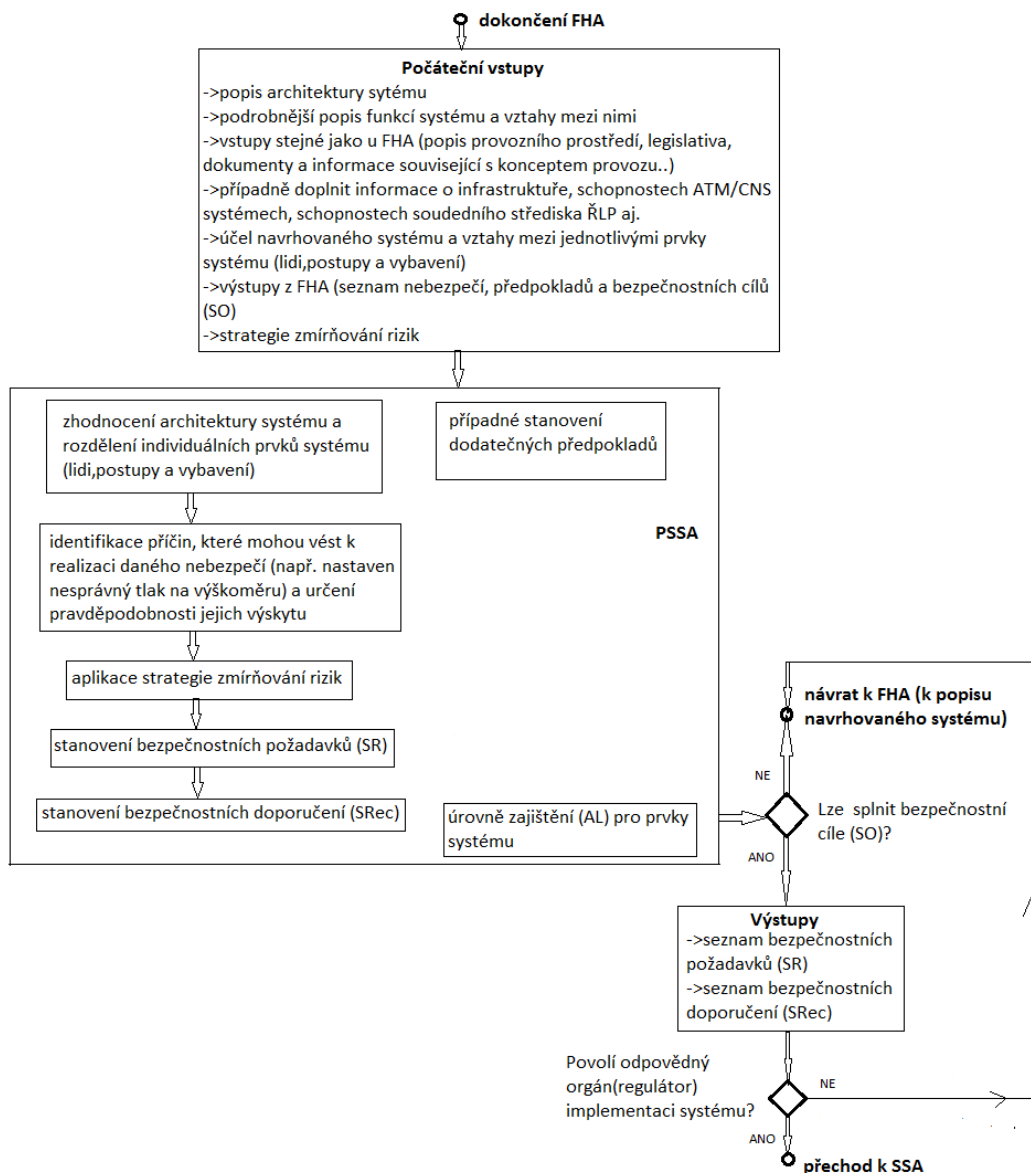
- „postup zabránit nastání daného nebezpečí – jde o preventivní opatření pro návrh vybavení, návrh postupů a výcvik personálu“ [8]
- „snižit závažnost následků nebezpečí – pomocí detekce, ochrany (softwarové bariéry), znovuzískání kontroly (zásahem člověka nebo stroje) atd.“ [8]

V situaci, kdy účelem bezpečnostního požadavku je omezení selhání hardwaru, bezpečnostní požadavek se stanovuje kvantitativně. V opačném případě, kdy omezením je chyba člověka, vyjadřuje se tento požadavek kvalitativně. V situaci, kdy nedošlo ke splnění bezpečnostního cíle pro hodnocené nebezpečí, musí být pro dané nebezpečí navrhovaného systému stanoveny bezpečnostní požadavky. Výsledek analýzy je předložen odpovědnému orgánu (bezpečnostní expert), který rozhodne, zda takové řešení je dostačující a povolí provoz, nebo je potřeba provést detailní přezkoumání. V kompletní bezpečnostní studii by měly být na výstupu i bezpečnostní doporučení (SRec, Safety Recommendations). Jsou podobné bezpečnostním požadavkům, ale nejsou povinné a nutné pro bezpečné fungování systému. Určování SRec je nad rámec této práce.

PSSA také identifikuje úroveň zajištění (AL – assurance level) pro prvky systému. Jedná se o činnosti poskytující určité ujištění, že stanovené bezpečnostní požadavky bude možno splnit.

Tento krok v průběhu práce také není řešen.

Schéma nacházející se na následující straně zobrazuje průběh PSSA, včetně definovaných vstupů a výstupů.



Obrázek 6, Schéma průběhu PSSA (vytvořeno autorem)

2.4.1.3 SSA

Poslední fáze studie bezpečnosti SSA je zahájena na počátku implementace systému do provozu. Cílem provedení SSA je prokázat, že zavedený systém v reálném provozu dosahuje přijatelného (nebo alespoň tolerovatelného) rizika a tudíž vyhovuje bezpečnostním cílům (SO) stanovených v FHA. Zároveň prvky systému (lidi, postupy a vybavení) musí splňovat bezpečnostní požadavky (SR) uvedené v PSSA a jejich úroveň zabezpečení (AL). [8]

Kroky SSA (shromažďování důkazů a řízení bezpečnosti systému) se provádějí v následujících fázích:

- fáze implementace - ověření, že prvky systému splňují bezpečnostní požadavky (SR) a zavedený systém vyhovuje bezpečnostním cílům (SO)
- uvádění systému do provozu - testování správnosti SO v provozním prostředí, stanovení indikátorů bezpečnosti použitelných při reálném provozu, mimo jiné např. fyzická kontrola nainstalovaného zařízení atd.
- systém během provozu a údržby - neustálé shromažďování dat a monitorování systému (SO, SR, rizika), identifikace možných nových nebezpečí. V tomto kroku je využíván SMS (Safety management system), který se zabývá kontinuálním dohledem nad riziky, jejich řízením a snižováním
- fáze vyřazení z provozu - zhodnocení příčiny ukončení provozu

Metodika SAM má za úkol ohodnotit bezpečnost zamýšlené změny. Z toho důvodu se zhodnocení bezpečnosti provede pouze do fáze před uvedením systému do provozu.

Vypracovaná zpráva je předložena odpovědnému orgánu (např. bezpečnostní expert), který rozhodne o osudu navrhované změny nebo zaváděného systému. Může to dokonce ukázat, že nelze dosáhnout splnění bezpečnostních cílů stanovených v FHA a bezpečnostních požadavků v PSSA, což povede k opětovnému provedení FHA a PSSA.

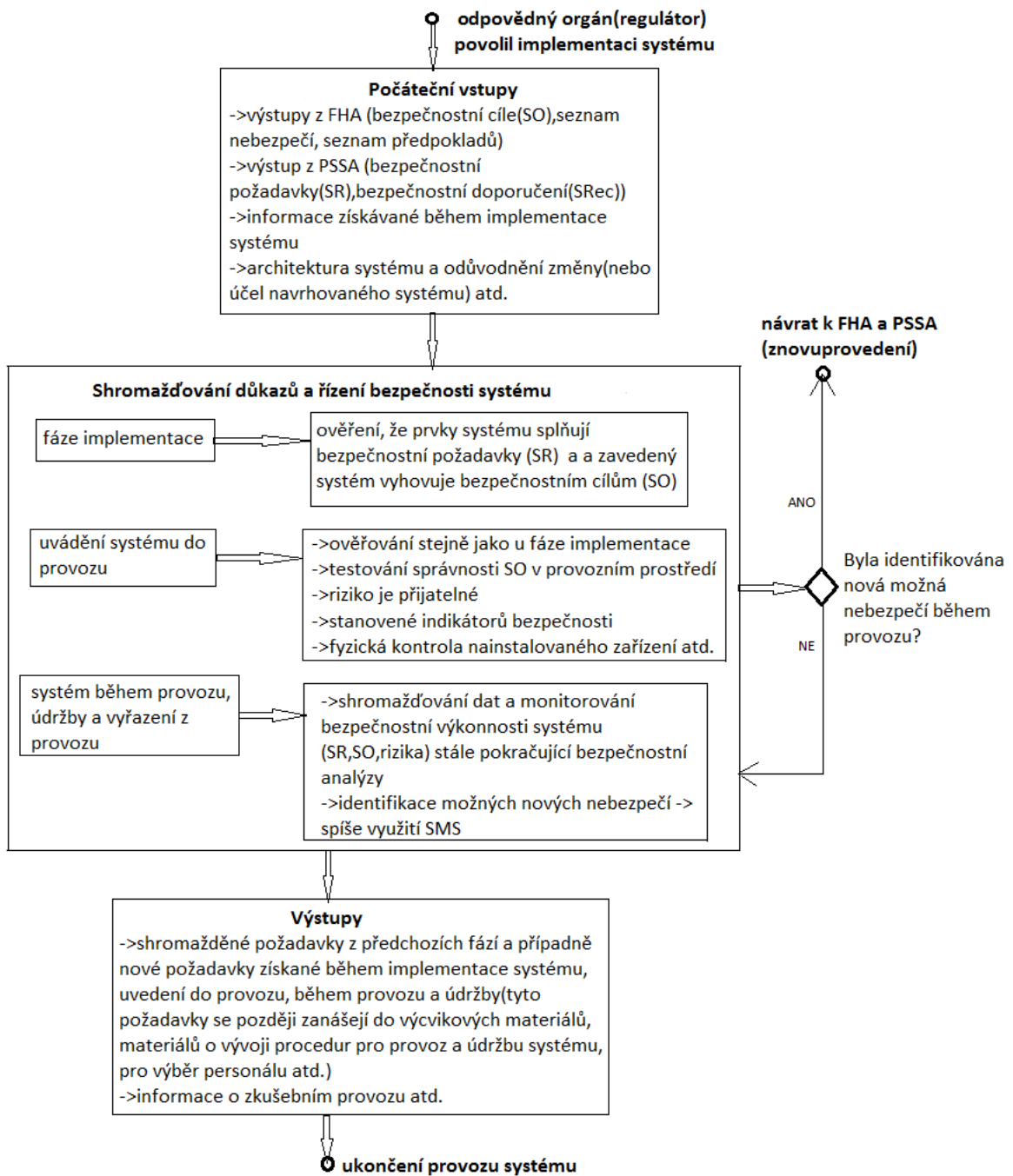
Schéma nacházející se na následující straně zobrazuje fáze SSA včetně definovaných vstupů a výstupů:

Vstupy:

- výstupy z FHA (bezpečnostní cíle (SO), seznam nebezpečí, seznam předpokladů)
- výstupy z PSSA (bezpečnostní požadavky (SR), bezpečnostní doporučení (SRec))
- informace získávané během implementace systému
- architektura systému a odůvodnění změny (nebo účel navrhovaného systému) atd.

Výstupy:

- shromážděné požadavky předchozích fází a případně nové požadavky získané během implementace systému, uvedení do provozu, během provozu a údržby (tyto požadavky se později zanášejí do výcvikových materiálů, materiálů o vývoji procedur pro provoz a údržbu systému, pro výběr personálu atd.)
- informace o zkušebním provozu atd.



Obrázek 7, Schéma průběhu SSA (vytvořeno autorem)

2.5 Zjednodušené kroky pro provedení bezpečnostní studie

Podkapitola vytváří přehled autorem navržených zjednodušených kroků vycházejících z metodiky SAM. Jednotlivé kroky jsou využity ve třetí kapitole bakalářské práce „Tvorba studie bezpečnosti na konkrétní případ“ pro bezpečnostní zhodnocení implementace přiblížení APV SBAS s minimy LPV na letišti Hradec Králové, s umožněním IFR provozu na LKHK (letišti Hradec Králové) při využití stávajících služeb letištní letové informační služby (AFIS, Aerodrome flight information service).

2.5.1 Seznámení se s navrhovaným systémem a jeho okolím

V první části bezpečnostní studie je známa myšlenka za jakým účelem má navrhovaný systém nebo změna být zavedeny a vztah mezi jednotlivými prvky systému (lidi, postupy a vybavení). Je třeba sestavit seznam úkolů kladených na navrhovaný systém (uvedené v příloze I. v dokumentu [11]), s kterými bude později operováno.

Na úvod je nezbytné se dopodrobna seznámit s provozním prostředím, veškerými dokumenty a informacemi souvisejícími s konceptem provozu.

I přes to, že ve výše zmiňované metodice SAM informace o infrastruktuře, schopnostech ATM/CNS systémech, či schopnostech sousedního střediska ŘLP jsou počátečními vstupy až pro PSSA, veškeré vstupy, které by mohly ovlivnit průběh studie, jsou definovány nyní.

Jedná se o následující informace:

- popis navrhovaného systému
- popis provozního prostředí (třída vzdušného prostoru atd.)
- dokumenty a informace související s konceptem provozu
- legislativa (předpisy)
- historická data (pohyb letadel na letišti za uplynulé roky atd.)
- podrobnější popis návrhu systému, zahrnující popis architektury systému, omezení návrhu atd. (informace ze softwaru MET (Minima Estimation Tool))

Převážná část těchto informací je publikována v letecké informační příručce (AIP, Aeronautical information publication) a v předpisech.

Součástí prvního kroku je rovněž stanovení požadavků, že technická část systému bude fungovat podle všech norem a na certifikaci posádky, vybavení a jiné požadavky související s legislativním schválením pro provoz.

2.5.2 Obdržení konceptu

Následně dochází k zhodnocení navrhnutého konceptu provozu, který je potřeba sjednotit s provozním prostředím.

Koncept by měl zahrnovat:

- informace o zvýšených nebo snížených hranicích vzdušného prostoru
- postupy pro přiblížení požadované navigační výkonnosti (RNP APCH, Required navigation performance approach) - navržené postupy pro přiblížení a odlet, postupy nezdařeného přiblížení atd.
- informace ohledně kategorie letadel pro koncept provozu, koordinační dohody mezi sousedními středisky ŘLP (Řízení letového provozu ČR) atd.
- informace o AFIS a poskytování meteorologických informací

2.5.3 Identifikace nebezpečí

Identifikace nebezpečí by měla být provedena na začátku studie, po obdržení konceptu a poté i v průběhu studie, jak se prochází dalšími fázemi navrhovaného systému přiblížení. Tímto se zjistí hned na úvod, co se může pokazit. Ve třetí kapitole je identifikace potenciálního nebezpečí spojeného s hodnoceným systémem provedena až po obdržení konceptu, avšak v případě kdy v průběhu studie je zaznamenáno další potenciální nebezpečí, je potřeba se vrátit na začátek a zhodnotit ho.

Identifikace nebezpečí je založená na dokumentu „Operational Model of LPV approaches in the ECAC Area“ [7]. Každé provozní činnosti (provedené buď systémem, lidmi nebo přímo se bude jednat o postup) je přidělen možný způsob selhání. V dokumentu [7] jsou tyto činnosti uvažovány během jednotlivých fází zahrnující i přiblížení:

- Před vstupem činnosti v platnost – „Pre-Operation“
- Před letem – „Pre flight“
- Příletová trať – „Prior to commencing approach-upstream“ IAF (initial approach fix, bod počátečního přiblížení)
- Počáteční přiblížení – „Initial approach“ IAF to IF (intermediate fix, bod středního přiblížení)
- Střední přiblížení – „Intermediate approach“ IF to FAF (final approach fix, bod konečného přiblížení)
- Konečné přiblížení – „Final approach“
- Nezdařené přiblížení – „Missed approach“ (MA)

Podrobnější popis je možno nalézt v dokumentu FHA (příloze I a II) [11], kde ke každé aktivitě je přiřazena informace, za účelem předejití výskytu nebezpečí - nebezpečí při přechodu jednotlivých fází přiblížení atd.

V následující tabulce 1 je sjednocený seznam potenciálních nebezpečí, identifikovaných ve finální části FHA. Pro účely bakalářské práce bude uvažováno těchto pět potenciálních nebezpečí stanovených organizací EUROCONTROL, jejich podrobnější odvozování nebude prováděno.

Tabulka 1, Seznam hodnocených provozních nebezpečí (OH, Operational Hazard), (upraveno autorem) [12]

Označení nebezpečí (OH)	Definice daného OH	Objasnění
OH3	Při snaze o zachycení dráhy konečného přiblížení letí letadlo příliš nízko (vertikální profil)	Letadlo letí směrem k FAF (Final Approach Fix) v nižší výšce, než jsou požadovaná přiblížovací minima
OH4	Snaha zachytit dráhu konečného přiblížení shora (vertikální profil)	Podmínky vedoucí k tomuto nebezpečí jsou buďto neúspěšné zachycení tratě konečného přiblížení (plynoucí z OH2), nebo letadlo je v příliš vysoké výšce před proletěním FAF
OH6	Neúspěšné vedení letadla po správné dráze konečného přiblížení	Letadlo není na správné dráze konečného přiblížení z důvodu chybného odhadnutí pozice letadla, nesprávného vedení (navádění, navigování) nebo nesprávného manévrování
OH7	Podklesání výšky rozhodnutí (DH/A) bez získání vizuálního kontaktu	Letadlo podklesalo výšku rozhodnutí, zatímco posádka neměla vizuální kontakt se zemí. Za příčinou může být zvolené špatné přiblížení, získání nesprávného QNH (od AFIS), k dispozici nesprávná DA atd.
OH8	Neúspěšné provedení navrženého postupu nezdařeného přiblížení	Neúspěšné dodržení navržené/předpokládané tratě během postupu nezdařeného přiblížení

Po řadě přezkoumání a aktualizací provozního modelu byly z původního seznamu osmi potenciálních nebezpečí následující tři odstraněny:

- OH1 – „Zvolené a zahájené přiblížení je nesprávné“ (možnost výběru mezi řadou přiblížení) - po analýze příčin nebezpečí byly některé možnosti vyloučeny a jiné vedly k OH6, OH7 nebo OH8
- OH2 – „Neúspěšné laterální zachycení tratě konečného přiblížení“ - byly identifikovány tři příčiny výskytu tohoto nebezpečí a všechny vedly k OH4
- OH5 – „Chybná trať konečného přiblížení“ - toto nebezpečí splynulo s OH6 , jelikož obě dvě vedou ke stejným konečným následkům

2.5.4 Identifikace následků nebezpečí, ohodnocení závažnosti těchto následků nebezpečí, použití metody Event Tree Analysis (ETA) a stanovení bezpečnostních cílů (SO)

K identifikovaným nebezpečím se hledají všechny jejich možné následky, které mají vliv na letový provoz. Mezi takové události definované organizací EUROCONTROL může patřit:

- Srážka za letu s terénem (CFIT, Controlled flight into terrain) - srážka za letu s terénem, vodou nebo jinou překážkou bez předcházející ztráty řízení
- Nehoda při přistání (Landing accident) - všechny typy nehod během fáze přistání, jiné než srážky
- Srážka za letu (Mid-air collision) - dojde k přímému dotyku mezi dvěma letícími letadly nebo letadlem a jiným letícím předmětem

„Snahou by mělo být najít takové následky nebo řetězce následků, které vedou k tomu nejhoršímu věrohodnému výsledku – nehodě“ [8].

K identifikaci následků nebezpečí se používá buďto kvantitativní metoda, nebo kvalitativní metoda „Event Tree Analysis“ (ETA). V některých případech je možno použít kombinaci obou metod.

Počáteční událostí v ETA diagramu je nastání hodnoceného nebezpečí s pravděpodobností 1. „Ke správnému provedení metody je nutné stanovit možné bariéry, které mohou zvrátit vývoj události. Tyto bariéry nesmí být prvkem, ani funkcí navrhovaného systému.“ [8] Jsou to funkce a vlastnosti prostředí nebo nadřazeného systému.

2.5.4.1 Kvantitativní metoda ETA

Kvantitativní metoda ETA spočívá v přiřazení hodnot pravděpodobností ke stanoveným bariérám. Hodnota určuje pravděpodobnost, s jakou se dané bariéře povede zvrátit vývoj události.

V případě výběru kvantitativní metody pro následující kapitolu „Tvorba studie bezpečnosti na konkrétní případ“, podkladem se stávají hodnoty z bezpečnostní studie přiblížení APV SBAS (LPV) na letišti Mielec [12]. V příloze F (Event Tree Analysis) jsou sestaveny diagramy ETA pro jednotlivá nebezpečí.

Po přiřazení pravděpodobností k bariérám je zjištěno, s jakou pravděpodobností nastanou jednotlivé následky nebezpečí za předpokladu, že nebezpečí nastalo.

Následně je určena třída závažnosti (SC, Severity Class) k nejhorsímu věrohodnému následku nebezpečí podle klasifikačního schématu závažnosti požadavku ESSAR 4, uvedeného v bodě 1.2.1 první kapitole „Současné požadavky při zavádění změn v ATM“. Poté je použito klasifikační schéma rizik (RCS, Risk Classification Scheme). Z následující tabulky organizace EUROCONTROL k třídě závažnosti SC1 je přiřazena hodnota bezpečnostního záměru (ST, Safety Target) stanovený národním regulátorem za letovou hodinu.

Tabulka 2, Seznam hodnocených nebezpečí (upraveno autorem) [9]

Třída závažnosti (SC, Severity Class)	Bezpečnostní záměr (ST, Safety Target) /za letovou hodinu
SC1	$1,55 * 10^{-8}$
SC2	$1 * 10^{-5}$
SC3	$1 * 10^{-4}$
SC4	$1 * 10^{-2}$
SC5	-

„Safety Target“ je maximální přijatelná frekvence (pravděpodobnost) nastání následku nebezpečí. Udává celkovou maximální frekvenci nastání dané třídy závažnosti (tzn. frekvenci pro nehodu). Tato práce počítá s obecnými ST a jejich hodnotami. EUROCONTROL pojmenovává tyto specifické hodnoty jako „Target Level of Safety“, avšak jejich určení je mimo možnosti a rozsah této práce. [8]

Pro určení bezpečnostních cílů (SO) je použit následující vzorec: [9]

$$SO = \min\left(\frac{ST_m}{Pe_n}\right)$$

ST_m „Safety Target“ pro třídu závažnosti „m“ ($m=1, \dots, 5$)

Pe_n pravděpodobnost následku nebezpečí „n“ ($n=1, \dots, x$), kdy x představuje rozdílné následky nebezpečí

Bezpečnostní cíl se vypočítá jako podíl ST_m a pravděpodobnosti Pe_n pro každý uvažovaný následek „n“. Jako bezpečnostní cíl je zvolen ten nejstriktnější, tedy ten, jehož hodnota je nejmenší. [9]

V případě identifikace jako nejhorších následků dvou a více typů událostí se po výpočtu všech SO pro daný následek nebezpečí vybere hodnota minimální a ta se stává bezpečnostním cílem pro dané nebezpečí. Po systému bude tedy požadováno, aby hodnocené nebezpečí mohlo nastat s pravděpodobností rovnou SO a nižší. [8]

Výhoda kvantitativní metody spočívá v tom, že stanovené bezpečnostní cíle jsou jasné a přesné, jedná se o číselně stanovenou hodnotu.

2.5.4.2 Kvalitativní metoda

Mnohem jednodušší je použití kvalitativních hodnot, které jsou snazší určit v prostředí silně spjatým s lidským faktorem. Opět se inspirací stávají diagramy ETA pro jednotlivá nebezpečí z přílohy F z bezpečnostní studie přiblížení APV SBAS (LPV) na letišti Mielec [12]. Proveďte se stejný postup s bariérami, avšak pravděpodobnosti jsou vynechány. Konečným následkem vždy bude buďto nehoda, vážná nahodilá událost, velká nahodilá událost, významná nahodilá událost nebo situace s žádným bezprostředním vlivem na bezpečnost. Z potenciálních následků je vybrán ten nejhorší věrohodný případ, který je ohodnocen třídou závažnosti pomocí schématu klasifikace závažnosti (ESARR 4).

Pro stanovení bezpečnostních cílů (SO) se použije kvalitativní klasifikační schéma bezpečnostních cílů (SOCS). Pomocí tabulky 3 uvedené níže lze stanovit kvalitativně bezpečnostní požadavek neboli maximální přijatelnou frekvenci nastání nebezpečí.

Tabulka 3, Kvalitativní klasifikační schéma bezpečnostních cílů (SOCS) [9]

Maximální přijatelná frekvence nastání nebezpečí – bezpečnostní cíl (SO)	Třída závažnosti nejhoršího věrohodného případu následku nebezpečí (dle ESARR 4)
Extrémně výjimečný	SC1
Výjimečný	SC2
Občasný	SC3
Pravděpodobný	SC4
Četný	SC5

2.5.4.3 Kombinace kvantitativní a kvalitativní metody

Třetí možnost stanovení bezpečnostních cílů (SO), navržená autorem práce, představuje kombinaci kvantitativní a kvalitativní metody.

Prvně je provedeno kvalitativní určení následků nebezpečí. Opět jsou pro inspiraci zvoleny diagramy metody ETA pro jednotlivá nebezpečí z přílohy F z bezpečnostní studie přiblížení APV SBAS (LPV) na letiště Mielec [12]. Je vykonán stejný postup s určením bariér, kdy pravděpodobnosti jsou vynechány, neboť dále ve studii pro jejich hodnoty není užitek. Konečným následkem nakonec vždy bude buďto nehoda, vážná nahodilá událost, velká nahodilá událost, významná nahodilá událost nebo situace s žádným bezprostředním vlivem na bezpečnost. Z potenciálních následků je vybrán ten nejhorší věrohodný případ, který je ohodnocen třídou závažnosti pomocí schématu klasifikace závažnosti (ESSAR 4).

Pro stanovení bezpečnostních cílů (SO) se tentokrát nepoužije kvalitativní SOCS, nýbrž kvantitativní klasifikační schéma bezpečnostních cílů (SOCS), uvedené v tabulce nacházející se níže. Princip tkví v určení třídy závažnosti (SC) nejhoršího věrohodného případu a následném přiřazením bezpečnostního cíle z kvantitativního SOCS.

Klasifikační schéma bezpečnostních cílů (tabulka 4) udává v tomto případě maximální přijatelnou frekvenci nastání nebezpečí za letovou hodinu.

Tabulka 4, Kvantitativní klasifikační schéma bezpečnostních cílů (SOCS), (upravenou autorem)

[9]

Maximální přijatelná frekvence nastání nebezpečí – bezpečnostní cíl (SO) /za letovou hodinu	Třída závažnosti nejhoršího věrohodného případu následku nebezpečí (dle ESARR 4)
$SO < 10^{-7}$	SC1
$10^{-7} < SO < 10^{-5}$	SC2
$10^{-5} < SO < 10^{-4}$	SC3
$10^{-4} < SO < 10^{-3}$	SC4
$10^{-3} < SO < 10^{-1}$	SC5

V průběhu třetí kapitoly bakalářské práce „Tvorba studie bezpečnosti na konkrétní případ“ je podle potřeby zvolena nejvhodnější metoda určení bezpečnostních cílů (SO), pro každé hodnocené nebezpečí může být rozdílná. Úsilí je kladeno spíše na stanovení kvantitativních bezpečnostních cílů než kvalitativních. Nevýhodou kvantitativní metody je, že nelze vždy ohodnotit následek nebezpečí číselně pomocí pravděpodobnosti, a tudíž může být nutné provádět odhady pomocí kvalitativní metody, především v případech, kdy bariéry jsou závislé na lidech.

2.5.5 Fault tree Analysis (FTA) a stanovení bezpečnostních požadavků (SR)

V porovnání s obecným odvozováním bezpečnostních požadavků (SR) ve fázi PSSA, tento krok určování SR je poměrně zjednodušen, jelikož náležité provedení je nad rámec této práce.

Jedním ze vstupů pro určení bezpečnostních požadavků (SR) jsou hodnoty bezpečnostních cílů (SO) z kvantitativní nebo kvalitativní metody provedené v FHA. Pro následující krok stanovení bezpečnostních požadavků může být lepší určovat SR pro příčiny (např. pilot vybere nesprávnou výšku rozhodnutí), než jen pro potenciální nebezpečí.

Pokud je rozhodnuto provést stanovení SR kvantitativně, je potřeba určit pravděpodobnosti nastání příčin, které mohou vést k realizaci daného nebezpečí. Obecně je velmi náročné přiřadit příčinám s lidským elementem nějaké číselné hodnoty. Pro účely této bakalářské práce jsou použity hodnoty z bezpečnostní studie přiblížení APV SBAS (LPV) na letiště Mielec.[12] V příloze G (Fault tree analysis) lze nalézt diagramy metody FTA pro jednotlivá nebezpečí s definovanými pravděpodobnostmi nastání daných příčin. Bezpečnostní studie Mielec je zvolena z důvodu podobného provozního prostředí, jako je na letišti v Hradci Králové a okolním vzdušném prostoru. Obě dvě letiště jsou neřízená, schopná provádět lety VFR jak přes den, tak i v noci. Pravděpodobnosti uvedené ve studii Mielec samozřejmě nemohou být zcela totožné jako pro letiště LKHK, hodnoty se mohou lišit v závislosti na provozním prostředí. Pro studijní účely se však zdá být letiště Mielec jako nejvhodnějším podkladem pro zhodnocení bezpečnosti na letišti v Hradci Králové.

Pomocí metody „Fault Tree Analysis“ (FTA) je získána výsledná pravděpodobnost nastání hodnoceného nebezpečí. Následně se provede porovnání se stanoveným bezpečnostním cílem z FHA. V případě, že pravděpodobnost nastání nebezpečí je nižší než bezpečnostní cíl, je daný cíl pro hodnocené nebezpečí splněn. Současně s tímto krokem by měla být provedena citlivostní analýza, díky které jsou zjištěna slabá místa v systému (jednotlivé prvky systému), která zásadně přispívají k daným nebezpečím. Citlivostní analýza identifikuje místa, která mají zásadní vliv na plnění bezpečnostních cílů, nebo jejich nesplnění. Díky tomu je možno aplikovat strategii na zmírňování rizik a v případě přítomnosti rizik v systému upravit návrh systému v místech kde je potřeba. Cílem strategie je buďto nebezpečí eliminovat, omezit, nebo řídit (např. použití prvků pro včasnou detekci chyby).

V případě nesplnění stanoveného bezpečnostního cíle, tzn. pravděpodobnost nastání nebezpečí je vyšší než bezpečnostní cíl, je třeba pravděpodobnost upravit a dodat důkazy o tom, že výsledná hodnota je již správná. V této práci citlivostní analýza ani strategie na zmírňování rizik nejsou provedeny. V případě nesplnění stanoveného bezpečnostního cíle nedochází k přepočítání

pravděpodobností tak, aby došlo ke splnění bezpečnostního cíle. Všechny zmiňované úkony v předešlých dvou větách jsou nad míru bakalářské práce, avšak pro kompletní zhodnocení bezpečnosti jsou nezbytné. Cílem pátého kroku čtvrté kapitoly je provedení metody FTA s již zmiňovanými hodnotami pravděpodobností nastání příčin a porovnání výsledné pravděpodobnosti nastání hodnoceného nebezpečí s hodnotou bezpečnostního cíle určenou ve třetím kroku. Určování bezpečnostních požadavků (SR) v této práci probíhá spíše na principu autorova vyvození. Pro příčiny, které jsou pro nebezpečí kritické, jsou stanoveny bezpečnostní požadavky (výroky), které představují navržené způsoby, jak je možné dosáhnout SO. Pro určení SR a požadavků na integritu (IR) je inspirací rovněž bezpečnostní studie přiblížení APV SBAS (LPV) na letišti Mielec. Pro ostatní příčiny, které nejsou pro nebezpečí kritické, je obecně vhodné stanovit bezpečnostní doporučení (SRec -Safety Recommendations), avšak v této práci nejsou zvažovány.

Kvalitativní určení bezpečnostních cílů (SO) je mnohem jednodušší, za to velmi nepřesné. Pro potřeby této bakalářské práce, která není vodícím materiálem pro odpovědné orgány bezpečnosti, případná kvalitativní metoda bude postačující. Stejně jako u kvantitativního určení SR, jsou identifikovány příčiny, které mohou vést k realizaci daného nebezpečí. Vytvoří se diagramy FTA, avšak bez přidaných hodnot pravděpodobností příčin. K jednotlivým nebezpečím jsou přiřazeny autorem zvážené bezpečnostní požadavky (SR) a případně bezpečnostní doporučení (SRec).

2.5.6 Zjistit, zdali je možné dosáhnout SO a SR

Neméně důležité je dokázat, zda je možné s navrženým systémem dosáhnout stanovených SO a SR.

Tento krok je již součástí fáze SSA se vstupními body:

- výstupy z FHA (bezpečnostní cíle (SO), seznam nebezpečí, seznam předpokladů)
- výstup z PSSA (bezpečnostní požadavky (SR), bezpečnostní doporučení (SRec))
- informace získávané během implementace systému
- architektura systému a odůvodnění změny (nebo účel navrhovaného systému) atd.

Úkolem šestého kroku je prokázat, že prvky systému splňují bezpečnostní požadavky (SR) a zavedený systém vyhovuje bezpečnostním cílům (SO). Doposud vypracovaná zpráva o hodnocení bezpečnosti se odevzdává odpovědným orgánům (např. bezpečnostní expert), které mají za úkol rozhodnout o osudu navrhované změny nebo zaváděného systému. Následující postup je pouze informativní, jelikož čtvrtá kapitola „Tvorba studie bezpečnosti na konkrétní případ“ se zjišťováním dosažení SO a SR nezabývá.

Pokud by hodnotící odpovědný orgán výše zmíněný důkaz neprokázal, je nutné se vrátit k prvnímu bodu bezpečnostní studie. V navrhovaném systému je potřeba provést změnu, nebo např. upravit předpis.

Následně po prokázání splnění bezpečnostních požadavků (SR) a podmínky o vyhovění bezpečnostním cílům (SO) je nezbytné provést důkaz o bezpečnosti reálné verze systému i v provozu. Provede se zkušební provoz. V případě, že v průběhu zkušebního provozu se systém ukáže jako zcela bezpečný, je možné zahájit reálný provoz.

3 Tvorba studie bezpečnosti na konkrétní případ

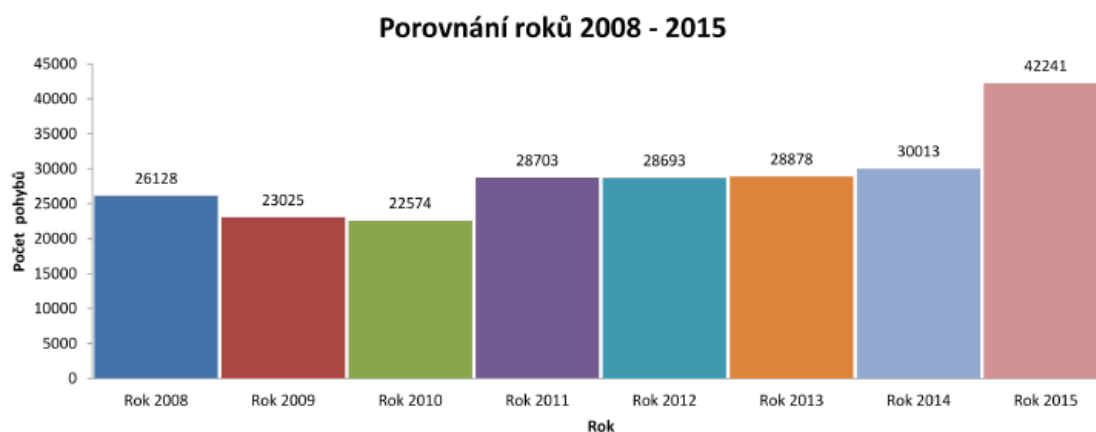
Jak bylo popsáno, navržené zjednodušené kroky vycházející z metodiky SAM jsou v následujícím textu použity pro tvorbu studie bezpečnosti pro zavedení přiblížení APV SBAS s minimy LPV na letiště Hradec Králové, s umožněním IFR provozu při využití stávajících služeb (AFIS)

3.1 Seznámení se s navrhovaným systémem a jeho okolím

Veřejné vnitrostátní letiště a neveřejné mezinárodní letiště Hradec Králové (LKHK) je situováno zhruba 4 km severovýchodně od centra města a východně od řeky Labe. Provozovatelem letiště je společnost Letecké služby Hradec Králové a.s.

V uplynulém roce bylo provedeno na letišti Hradec Králové 42 241 letových pohybů, proti roku 2014 je nárůst počtu pohybů o 40%. Z celkového počtu pohybů bylo 681 mezinárodních.

Noční letový provoz se uskutečnil v 56 letových dnech a bylo provedeno 1647 nočních letových pohybů. [14] Schéma publikované níže poukazuje na porovnání letových pohybů v rozmezí let 2008-2015.



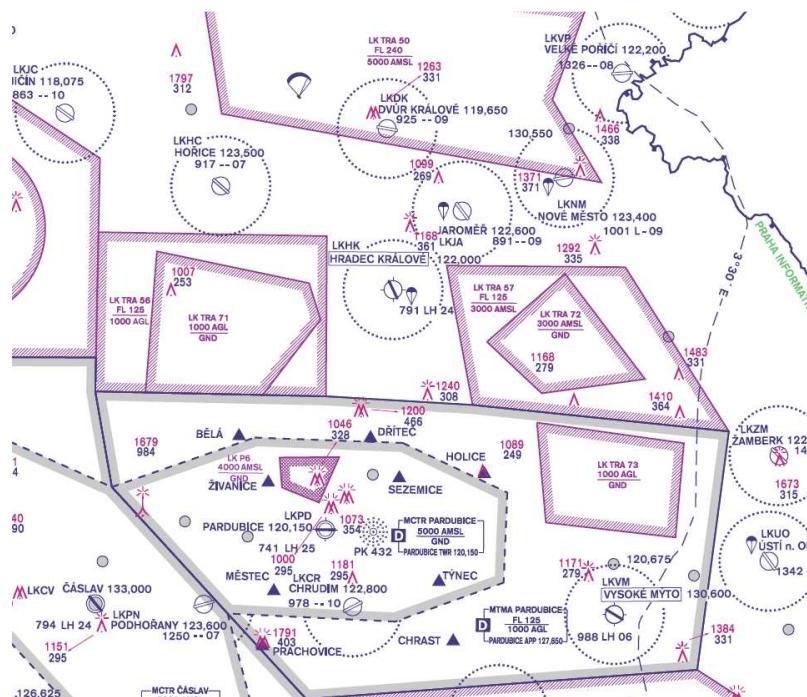
Obrázek 8, Porovnání letových pohybů 2008-2015 [14]

Letiště spadá do kategorie 2B, která umožňuje vzlety a přistání letadel s rozpětím křídel do 24 metrů. V současné době LKHK nabízí lety jen podle VFR, pouze za dobré viditelnosti. Královéhradecké letiště je na přistání proudových letadel typu Airbus 320 dostatečně připraveno, díky dobré únosnosti vzletové a přistávací dráhy. Letiště disponuje zpevněnou vzletovou a přistávací dráhou 15L/33R o délce 2400 metrů a šířce 60 metrů a travnatou dráhou 15R/33L o délce 800 metrů a šířce 25 metrů. V současné době je na dráze 33R instalována přibližovací světelná soustava se střední svítivostí ALS (Approach Light System), sestávající z řady trvale svítících a blikajících světel umístěných v ose přistávací dráhy. Dráze 33R také náleží světelná

návěstidla PAPI (Precision Approach Path Indicator). Toto vybavení dráhovým světelným systémem umožňuje bezproblémové přistání v noci.

3.1.1 Současný provoz

LKHK je v současné době neřízeným letišťem poskytující letištní letovou informační službu (AFIS) v českém i anglickém jazyce. AFIS jako součást letové informační služby (FIS, Flight information services), poskytuje pilotům letadel informace o ostatním známém provozu, pohybu, přistání, vzletech a pojiždění letadel na LKHK a jeho okolí. [15] AFIS služba je poskytována v provozních hodinách 0800 LMT (Local mean time, místní střední střední čas) – TE (End of civil twilight, Občanský soumrak) v jasně vymezené oblasti nazývané okresek letiště (ATZ, Aerodrome traffic zone). ATZ sloužící k ochraně letištního letového provozu sahá vertikálně od zemského povrchu do výšky 4000 ft AMSL a horizontální hranici tvoří kružnice o poloměru 3 NM se středem ve vztažném bodu letiště. V ATZ je poskytována kromě AFIS služby i pohotovostní služba známému provozu. [16] Letiště Hradec Králové bylo dříve vojenským letišťem, patřilo pod koncovou řízenou oblast (TMA, Terminal control area) Pardubice, které ještě současně má charakter smíšeného vojenského a civilního provozu. Z přiložené ICAO mapy vzdušných prostorů nad Českou republikou (obrázek 9) je možno vidět, že královehradecké letiště se nachází mezi čtyřmi dočasně rezervovanými vzdušnými prostory (TRA, Temporary reserved airspace) z pravé a levé strany. Na východ se nachází LK-TRA 72, od země do nadmořské výšky 3000 stop a na ni vertikálně navazuje LK-TRA 57, která sahá až do FL 125. Podobně na západ se rozprostírá LK-TRA 71 sahající od země do výšky 1000 stop nad terénem a na ni navazující LK-TRA 56, sahající taktéž do FL 125.



Obrázek 9, ICAO mapa prostorů nad ČR – okolí Hradce Králové [20]

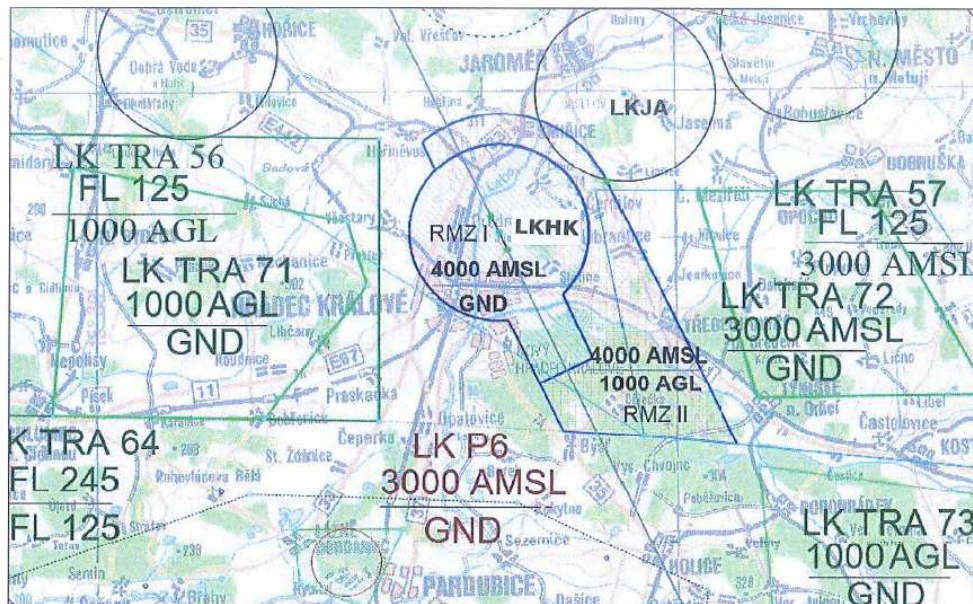
Dále severně od LKHK se rozprostírá LK-TRA 50 od nadmořské výšky 5000 stop do FL 240. Všechny výše zmiňované dočasně rezervované prostory jsou využívány jako výcvikové prostory pro vojenské letectvo, jejich obsazenost je uváděna v platném plánu využití vzdušného prostoru (AUP, Airspace use plan).

Z příloženého obrázku 9 je možno vidět, že v okolí LKHK jsou čtyři veřejná vnitrostátní letiště: Jaroměř (LKJA), Dvůr Králové (LKDK), Hořice (LKHC) a Nové Město (LKNM). Všechna mají vlastní ATZ a nabízí sportovní létání a výcvik na bezmotorových a motorových letadlech, provoz na těchto letištích má charakterem aeroklubového létání.

Jižně od LKHK se nachází řízené letiště Pardubice (LKPD). Vojenský řízený okrsek (MCTR, Military control zone) třídy vzdušného prostoru D je ohraničen vertikální hranicí od země do výšky 5000 ft. V MCTR Pardubice je vymezen zakázaný prostor LK P6 definovaný od země do nadmořské výšky 4000 stop. Byl zřízen za účelem ochrany továrny, která se nachází v průmyslové zóně Semtín a veškeré lety letadel jsou v něm zakázány. [15] Kolem řízeného okrsku je zřízena vojenská koncová řízená oblast (MTMA Pardubice, Military terminal maneuvering area) třídy vzdušného prostoru D, s vertikální hranicí od nadmořské výšky 1000 stop do FL 125.

Významná změna nastane zavedením oblastí s povinným rádiovým spojením (RMZ, Radio mandatory zone). V pásmu RMZ I LKHK a RMZ II LKHK musí být letadlo vybaveno radiostanicí a provozovat ji.

„Lety VFR prováděné v částech vzdušného prostoru tříd E nebo G a u letů IFR prováděných v částech vzdušného prostoru třídy G označených příslušným úřadem za oblast s povinným rádiovým spojením (RMZ) musí nepřetržitě sledovat hlasovou komunikaci letadlo–země a v případě potřeby navázat obousměrné spojení na příslušném komunikačním kmitočtu, pokud poskytovatel letových navigačních služeb nestanoví pro daný konkrétní vzdušný prostor jinak.“ [16] Bližší informace o časovém vymezení vyhrazených prostorů a horizontální a vertikální hranici prostorů je možno nalézt ve veřejné vyhlášce vydané ÚCL (Úřadem pro civilní letectví). Obrázek 10 znázorňuje stanovené oblasti RMZ I LKHK a RMZ II LKHK včetně okolních prostorů.



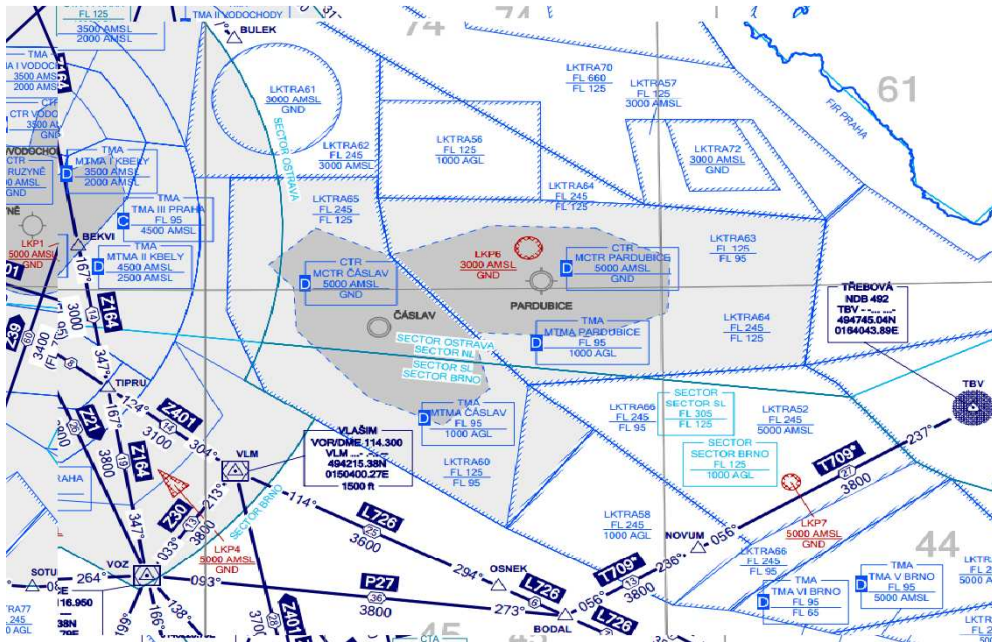
Obrázek 10, Prostory s povinným radarovým spojením RMZ I LKHK a RMZ II LKHK [22]

3.1.2 Letové tratě

Ze schématu traťové mapy – spodního vzdušného prostoru na následující straně (obrázek 11) je názorně vidět, že spodní letové tratě v oblasti východních Čech téměř nejsou zavedeny. Minimální nadmořské výšky pro radarové vektorování (MRVA, Minimum radar vectoring altitude) v sektoru, kde poskytovatelem letových služeb je APP Pardubice (přibližovací služba řízení Pardubice), jsou stanoveny hodnotou 4000 stop (pokud není v NOTAMu publikováno jinak,

hodnota při nízkých teplotách v období od 15. listopadu do 15. března je opravena na 4300 stop).

[16]



Obrázek 11, Traťová mapa – spodní vzdušný prostor, Východní Čechy [21]

3.1.3 RNP APCH přiblížení

Svým frekventovaným provozem za poslední rok, umístěním a vybavením má LKHK vhodné předpoklady k letům za podmínek IFR, tím pádem by byly umožňovány lety za zhoršených meteorologických podmínek. Slabinou letiště je chybějící systém pro přesné přiblížení na přistání (ILS, Instrument landing system) a příslušné služby řízení letového provozu. Vlastníkem letiště Hradec Králové je samotné město, pořízení a následně provoz takových systémů je velice nákladný a město si jejich zavedení nemůže dovolit. „Největší slabinou letiště je stále chybějící systém ILS, který je však nákladný, nejnižší částka, za kterou by se dal pořídit je zhruba 26 mil. Kč. Město poskytuje letišti dotaci na provoz v hodnotě přibližně 10 mil. Kč.“ [17]

Z těchto důvodů letiště ve spolupráci s řadou institucí (Letecké služby Hradec Králové, Úřad pro civilní letectví, Řízení letového provozu ČR, Ministerstvo dopravy, ČVUT atd.) aktuálně řeší pilotní projekt – „IFR letiště Hradec Králové s nepřesným přístrojovým přiblížením RNAV (GNSS)“. Všichni zástupci uvedených složek a další odborníci mají za úkol analyzovat a případně upravit legislativní rámec, který by umožnil IFR provoz na zdejším letišti při využití stávajících služeb (AFIS) a zároveň vytvoření konceptu provozu zahrnující koordinaci jednotlivých služeb letového provozu atd.

V historii, v dobách působení armády byl IFR provoz na letišti Hradec Králové již vykonáván.

Mezinárodní lety jsou směřovány na letiště v Pardubicích nacházející se zhruba 30 kilometrů od Hradce Králové, jenž disponuje službou řízení letového provozu. Zavedení IFR provozu by umožnilo především zvýšený počet privátních letů na LKHK a mohlo by to vést k celkovému rozvoji Královehradeckého kraje.

RNAV je obecný název pro prostorovou navigaci, která umožňuje vést letadlo po libovolné trati a ne jen po radiálu a směrnicích. Od okamžiku, kdy se začala v letectví používat satelitní navigace, bylo snahou ji používat i pro přiblížení. Postupem času docházelo k novému pojmenování - navigace založená na výkonnosti (PBN, Performance based navigation). PBN shrnuje existující způsoby prostorové navigace a rozděluje RNAV navigační vybavení do dvou skupin, označující jako navigační specifikace: RNAV a RNP. Hlavní rozdíl mezi nimi je, že navigační vybavení splňující podmínky specifikace požadované navigační výkonnosti (RNP, Required navigation performance) musí navíc obsahovat palubní systém monitorování a varování. Z toho důvodu RNP specifikace je požadována pro kritičtější fázi letu, kterou je míněno právě přiblížení. Základním navigačním zařízením pro RNAV přiblížení je globální navigační systém (GPS, Global positioning system). Máme možnost výběru mezi čtyřmi minimy pro RNP APCH přiblížení, avšak v České republice se čtvrté minimum výkonnosti směrového majáku bez vertikálního vedení (LP, Localizer Performance) nevyužívá. Hodnoty třech v České republice používaných doporučených minim pro bezpečnou výšku nad překážkami (OCA/OCH, Obstacle clearance altitude/height) je možno vypočítat z tabulky níže. [19]

A) Nepřesné přístrojové přiblížení (NPA, Non-Precision Approach)

- LNAV (Lateral Navigation) – minima pro nepřesné přístrojové přiblížení

Navigační vedení je zajišťováno signálem GPS – pouze vedení v horizontální rovině.

- LP (Localizer Performance) – nepřesné přiblížení s horizontálním vedením založeném na SBAS

Je publikováno na letištích, kde kvůli překážkám a terénu nelze zavést LPV přiblížení s vertikálním vedením.

B) Přístrojová přiblížení s vertikálním vedením APV (Approach with Vertical Guidance)

- LNAV/VNAV (Lateral Navigation/Vertical Navigation) - minima pro barometrickou vertikální navigaci (APV Baro, Barometric vertical navigation)

Poskytuje jak horizontální tak vertikální vedení. Vertikální vedení je založeno většinou na Baro VNAV, kdy je zapotřebí palubního vybavení se vstupními daty (barometrický tlak z pitot-statického systému letadla) zpracovávanými v letovém řídicím systému (FMS, Flight Management System).

Protože údaje barometrického výškoměru mohou být ovlivněny teplotou vzduchu, je v mapě pro každé takovéto přiblížení publikována i minimální teplota, do které je postup použitelný.

- LPV (Localizer Performance with Vertical guidance) - minima pro APV SBAS

Jedná se o nejpřesnější přiblížení z výše zmiňovaných. Díky zvýšené přesnosti laterálního a vertikálního vedení systému SBAS je možno navrhovat přístrojová přiblížení se stejnými minimy jako ILS CAT I. Obdobně jako pro systém ILS, jsou i zde minima rozdílná pro jednotlivé kategorie letadel (A-D) a vertikální vedení je umožněno do výšky rozhodnutí (DA/H, Decision altitude/height).

Přiblížení klasifikované jako APV sice má vertikální vedení, ale výkonnost nedosahuje požadavku pro přesná přiblížení (např. ILS).

OCA/OCH		A	B	C	D
LNAV	<i>ft</i>	1175/370			
LNAV/VNAV	<i>ft</i>	1100/290			
LPV	<i>ft</i>	1070/260	1080/270	1090/280	1100/290

Obrázek 12, Minima pro RNP APCH přiblížení [19]

Minima LNAV mohou být využívána jako automatický reverzní mód po ztrátě LPV minim. „Je pouze na rozhodnutí pilota, jeho výcviku a vybavení letadla do jakých minim bude umožněno klesání. Směr konečného přiblížení je dán tratí mezi dvěma body, z nichž jeden je FAF (Final Approach Fix) a druhý práh dráhy.“ [19] Tyto typy přiblížení nevyžadují vybudování žádného pozemního zařízení a jedná se proto o vhodná přiblížení pro neřízená letiště, kde hraje důležitou roli finanční stránka zaváděného přiblížení. Již zmiňovaný pilotní projekt má za cíl implementovat nepřesné přístrojové přiblížení RNAV (GNSS) s uvažovanými minimy LNAV. Pro LKHK na trajektorii konečného přiblížení nebyly identifikovány žádné bránící překážky, které by omezovaly pilota v klesání. K implementaci RNP APCH na neřízená letiště, kde doposud není žádné pozemní vybavení, je nejvhodnější LPV přiblížení. Z toho důvodu je tato kapitola zaměřena

na provedení bezpečnostní studie pro zavedení přiblížení APV SBAS se striktnějšími minimy LPV na letiště Hradec Králové, s umožněním IFR provozu při využití stávajících služeb (AFIS).

„SBAS je systém pozemních monitorovacích stanic, které v reálném čase vyhodnocují aktuální stav kosmického segmentu GNSS (typicky GPS+GLONASS) a stav ionosféry. Vypočítávají korekce těchto vlivů a data s malým časovým zpožděním vysílají k uživatelům přes družice na geostacionární dráze.“ [30] Jedná se tedy o systém, který umožňuje zpřesnění určení polohy na rozsáhlém území. Služba evropského překryvného segmentu globální navigace (GLONASS, European geostationary navigation overlay service) je tzv. aplikace systému SBAS, která má za úkol doplňovat a vylepšovat vlastnosti GPS na území Evropy.

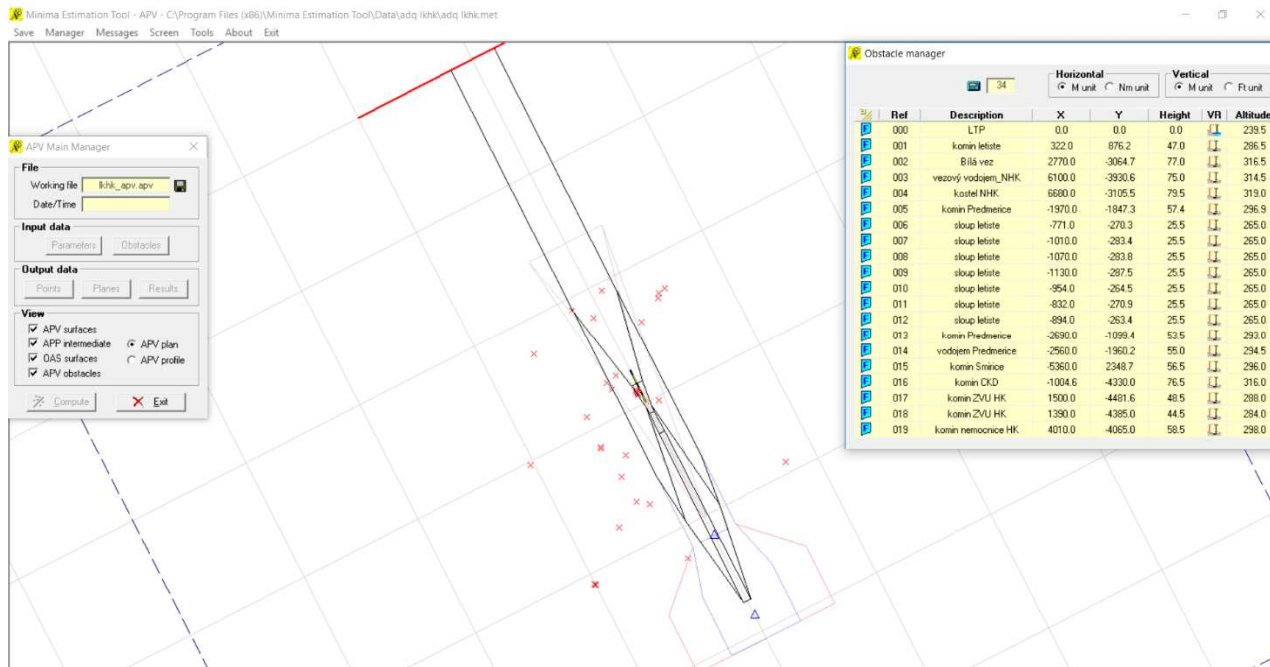
„Jedna mapa RNAV (GNSS) může obsahovat až tři různá přiblížení. Trajektorie přiblížení je stejná, liší se pouze použitým navigačním vedením (GPS, GPS+Baro nebo GPS+EGNOS) a publikovanými minimy na obrázku 12.“ [19] Pro popis navrhovaného konceptu provozu ve druhém kroku kapitoly je použita mapa přiblížení RNAV (GNSS) na letiště Hradec Králové na RWY 33R. Jedná se o návrh trajektorie přiblížení vytvořený organizací ŘLP ve spolupráci s dalšími již zmíněnými institucemi.

3.1.4 Určení bezpečné výšky nad překážkami OCH

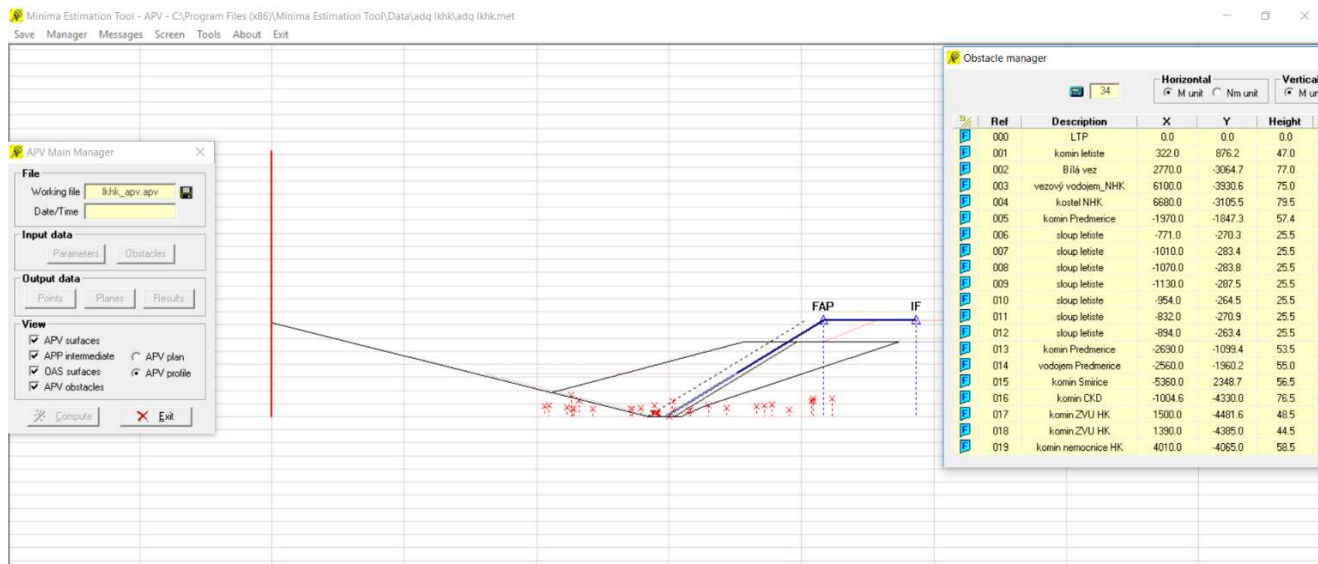
Pro konstrukci soustavy rovin pro vyhodnocení překážek a výpočet OCA/H je použit software MET (Minima Estimation Tool) od společnosti EUROCONTROL. Terén kolem letiště Hradec Králové je poměrně rovinný. Informace o souřadnicích a výškách překážek jsou získány přímo od manažera pro bezpečnost Leteckých služeb Hradec Králové, pana Ing. Tomáše Kvítka. V obdrženém dokumentu jsou jednotlivé překážky definovány jako geodetické zeměpisné souřadnice (WGS-84, World geodetic system). Pro určení vzdálenosti překážek od prahu dráhy 33R autor používá kalkulátor dostupný na webových stránkách „gpsvisualizer.cz“ [29], který jako vstupní informace požaduje rovněž hodnoty v systému souřadnic WGS-84. Online nástroj „GPS Visualizer“ též umožňuje zobrazit zadané body na mapovém podkladu 2D, díky němuž je možno dopočítat „x-ovou“ a „y-ovou“ souřadnici polohy uvažované překážky od prahu dráhy. Ukázka kalkulátoru GPSVisualizer a mapového podkladu 2D je umístěna na konci dokumentu, viz příloha 1.

Program MET znázorňuje plán a profil překážkových rovin pro nadefinované přiblížení (přiblížení APV SBAS s minimy LPV), díky čemuž je určeno, zda nějaká překážka neprotíná dané roviny. S ohledem na charakteristiky letiště LKHK, návrh přiblížení počítá s letouny kategorie A, B a C. Výstupem je nejvíce omezující překážka a přepočítaná hodnota OCA/H pro každou uvažovanou kategorii letadla. Na obrázku 13 je plán rovin pro letiště LKHK se všemi identifikovanými

překážkami (včetně třech nejvíce omezujících bodů terénu) a obrázek 14 vystihuje profil přiblížení s překážkami z bodu IF po práh dráhy včetně rovin nezdařeného přiblížení.

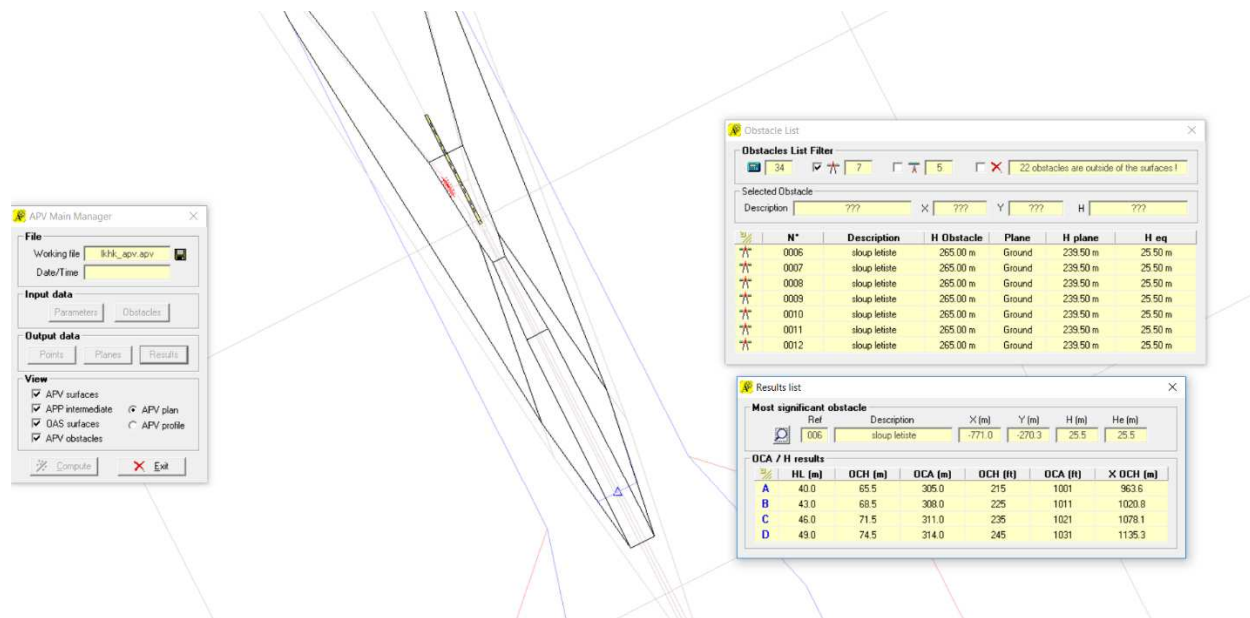


Obrázek 13, Grafický výstup z analýzy MET – plán



Obrázek 14, Grafický výstup z analýzy MET – profil

Program identifikoval sedm překážek zasahujících do soustavy rovin pro vyhodnocení překážek (OAS, Obstacle assessment surface) navrhovaného přiblížení. Ve všech sedmi případech se jedná o sloupy (lampy) nacházející se po levé straně dráhy 33R, jak je možno vidět z obrázku 15.



Obrázek 15, Překážky zasahující do soustavy rovin OAS pro přiblížení APV SBAS s minimy LPV

Podle programu MET je vzhledem k 7 překážkám protínajících OAS stanovena minimální hodnota OCH pro jednotlivé kategorie letadel takto:

Kategorie A – 225 ft

B – 238 ft

C – 251 ft

D – 265 ft

Pokud dráha pro přiblížení není vybavena pro přesné přiblížení a přistání, jako je v uvažovaném případě, tak předpokládaná výška rozhodnutí (DH, Decision height) pro publikovaná minima OCH nesmí být nižší než 300 ft, i když vzhledem k dané vyhodnocené situaci by minimální výšky mohly být mnohem nižší.

3.1.5 Předpoklady (Assumptions)

Je rozhodnuto, že vybavení je certifikované a plní svoji funkci. Zároveň je zajištěno, že integrita bude dodržena podle požadavků na funkční integritu systému. V textu níže jsou uvedeny některé

předpoklady, které jsou uvažovány při zavádění přiblížení APV SBAS s minimy LPV na letišti Hradec Králové, s umožněním IFR provozu při využití stávajících služeb (AFIS):

- V prostoru RMZ může letět pouze 1 letadlo podle pravidel IFR. Zabezpečení tohoto postupu řeší koordinační dohody mezi MAPP/MTWR Pardubice a LKHK.
- AFIS po obdržení informace o přiletu letu IFR předá tuto informaci spolu s předpokládaným časem přiletu všem letadlům na spojení a požádá je o uvolnění RMZ v čase přiletu.
- Všechny odpovídající legislativní schválení pro provoz jsou zajištěny:
 - odsouhlasené koordinační dohody
 - letiště splňuje podmínky pro IFR provoz
 - stanoviště AFIS je certifikováno
- Dostatečně proškolený personál pro provozování a udržování zaváděného systému:
 - dispečeři AFIS podstoupí adekvátní výcvik se zaměřením na problematiku letů IFR a s nimi spojenými novými postupy
 - řídící na MAPP Pardubice jsou proškoleni na nové postupy
- Postupy jsou publikovány v letecké informační příručce (AIP) a poskytnuty všem náležitým subjektům.
- Bezpečnostní požadavky na vybavení letadel odpovídají požadavkům na implementaci APV SBAS s minimy LPV.
- LPV postup na neřízená letišti je považován za bezpečný, jelikož je již ve světě využíván
- Pilot podstoupil náležitý výcvik, který ho opravňuje vykonávat přiblížení APV SBAS s minimy LPV.

3.1.6 Předpokládaný vývoj letišti Hradec Králové pro rok 2016

Letišti Hradec Králové se snaží každý rok stále vyvíjet a zlepšovat poskytované služby. Z toho důvodu Letecké služby Hradec Králové a.s. vydaly vyhlášku pro rok 2016. Níže jsou zmíněny nejdůležitější předpokládané aktivity pro rok 2016: [14]

- Dokončit certifikaci letišti pro provoz IFR.
- Zahájit řešení prostoru pro odbavení cestujících.
- Instalace zábleskové řady na směr 33 a světelných návěstidel PAPI na směr 15.
- Pokračování v údržbě RWY a TWY – oprava povrchu a dilatačních spár.

3.2 Obdržení konceptu

Dle požadavků koncepce PBN (navigace založená na výkonnosti) je níže popsána konstrukce nových příletových tratí a přiblížení. Jsou použity postupy navržené ŘLP pro IFR přílet a přiblížení RNP APCH down to LNAV na RWY 33R včetně nezdařeného přiblížení. Je třeba připomenout, že hodnocení bezpečnosti v této práci je zaměřeno na přiblížení s výškovým vedením (APV SBAS) s LPV minimy.

Postupy pro IFR odlet z RWY 33R a RWY 15L nejsou součástí práce. Přístrojové přiblížení okruhem (Circling) také není stanoveno a případné přiblížení na RWY 15L bude pouze VFR.

Postup RNP APCH down to LPV na dráhu 33R má následující části:

- Příletová trať

Návrh počítá s použitím již zavedeným standardním přístrojovým příletem (STAR, Standard instrumental arrival) na sousední letiště Pardubice (LKPD). STAR končí v bodech NDB PK a ORLIX nacházejících se v MTMA Pardubice. Zmiňované body jsou použity jako body počátečního přiblížení IAF (Initial Approach Fix) pro RNAV GNSS přiblížení na LKHK.

V okamžiku kdy pilot podá letový plán na let a Letecké služby Hradec Králové (LSHK) dostanou informaci o IFR příletu na LKHK, LSHK předávají meteorologické informace faxem na stanoviště MAPP/MTWR Pardubice. Dále je veškerá koordinace mezi vojenským přibližovacím stanovištěm řízení letového provozu (MAPP, Military approach control office) a LSHK plánována po telefonu. Výška základny oblačnosti nebude měřena, dráhová dohlednost (RVR, Runway visual range), také nebude měřena a meteorologická dohlednost bude určována proškoleným personálem AFIS LSHK. Informace o stavu dráhy budou poskytovány ve zjednodušené formě – suchá, mokrá, sníh a brzdicí účinky dráhy nebudou specifikovány.

Z tohoto kroku je nejdůležitější přílet letadla do MTMA Pardubice a naladění frekvence MAPP Pardubice. Následně se odehrává komunikace mezi pilotem a řídicím a Koordinační úřad vojenské letecké dopravy (MATCO, Military air traffic coordinating office) předá pilotovi meteorologické informace o letišti LKHK (informace o dráze v používání, dohlednosti a QNH)

- Úsek počátečního přiblížení – IAF do IF

Po přelétnutí bodu IAF následuje klesání do výšky 3000 stop AMSL. Bod HK409 by mohl na přiložené mapě znázorňovat IF, avšak není potřeba ho definovat.

Po přeletění bodu přechodu (COP, Change-over point) – bod na severní hranici MTMA Pardubice, letoun přechází z frekvence MAPP/MTWR na frekvenci AFIS LKHK 122,00, kde opět obdrží informace o dráze v používání, meteorologických podmínkách (dohlednosti), QNH a provozu v RMZ.

- Střední přiblížení - IF do FAF

Jedná se o trať mezi body IF a FAF. Bod HK34F na přiložené mapě znázorňuje FAF. Tento úsek je poměrně krátký, je složen ze dvou částí, přičemž přímá část segmentu středního přiblížení měří 3,5 NM. Letadla v segmentu středního přiblížení zachovávají výšku 3000 stop nad střední hladinou moře (AMSL, Above mean sea level).

- Konečné přiblížení

Fáze konečného přiblížení je zahájena po přeletu FAF, kdy pilot začne klesat pod úhlem 3,5° a pokračuje až do výšky rozhodnutí (DA/H). V této výšce buď pilot získá vizuální referenci se zemí a přistane, nebo provede postup nezdařeného přiblížení, která ho navede znovu do bodu IAF. Úsek od FAF k prahu dráhy RWY 34R je dlouhý 5,8 NM.

Po přistání letadla předá AFIS tuto informaci stanovištěm MAPP/MTWR Pardubice.

- Úsek nezdařeného přiblížení

V případě že je po přeladění letadla na AFIS Hradec Králové posádka letadla nucena provést postup nezdařeného přiblížení, musí po informování dispečera AFIS LKHK neprodleně přejít zpět na frekvenci MAPP/MTWR Pardubice. Dispečer AFIS LKHK po obdržení této zprávy od posádky letadla tuto informaci ihned telefonicky předává na stanoviště MAPP/MTWR Pardubice.

Po přeletu bodu nezdařeného přiblížení (MAPt, Missed approach point) je navrženo stoupání kurzem dráhy do výšky 1400 stop AMSL a poté pokračovat pravou zatáčkou na znázorněný bod na mapě jako HK407 do výšky 3000 stop AMSL. Poté je potřeba nalétnout kurz 241° a stále udržovat stejnou výšku, čímž je opět možno nalétnout trať konečného přiblížení.

Vlastní konstrukce trajektorie přiblížení je nad rámec této bakalářské práce, proto údaje o bezpečné výšce nad překážkami (OCA/OCH) pro minima LPV získané ze softwaru MET jsou pouze doplněny do tabulky k již stanoveným LNAV minimům pro RNP APCH přiblížení, jak je možno vidět na konci bakalářské práce v příloze 2.

3.3 Identifikace nebezpečí

Jak již bylo zmíněno v kapitole 2, pro potřeby této bakalářské práce jsou použity potenciální nebezpečí stanovené organizací EUROCONTROL, jejich podrobnější odvozování nebude prováděno. Po obdržení vstupních dat konceptu provozu a provozního prostředí LKHK, se jako dalším potenciálním nebezpečím jeví situace, kdy let IFR po přiletu do prostoru RMZ LKHK se dostává do konfliktu s VFR provozem. Uvedené nebezpečí je v tabulce 5 označeno jako OHX1.

Tabulka 5, Seznam hodnocených nebezpečí včetně nového identifikovaného nebezpečí OHX1 (vytvořeno autorem)

Označení nebezpečí (OH)	Definice daného OH	Objasnění
OH3	Při snaze o zachycení dráhy konečného přiblížení letadlo letí příliš nízko (vertikální profil)	Letadlo letí směrem k FAF (Final Approach Fix) v nižší výšce, než jsou požadovaná přiblížovací minima
OH4	Naletění dráhy konečného přiblížení v příliš vysoké výšce	Podmínky vedoucí k tomuto nebezpečí jsou buďto neúspěšné zachycení tratě konečného přiblížení (plynoucí z OH2) nebo letadlo je v příliš vysoké výšce před proletěním FAF
OH6	Neúspěšné vedení letadla po správné dráze konečného přiblížení	Letadlo není na správné dráze konečného přiblížení z důvodu chybného odhadnutí pozice letadla, nesprávného vedení (navádění, navigování) nebo nesprávného manévrování
OH7	Podklesání výšky rozhodnutí (DH/A) bez získání vizuálního kontaktu	Letadlo podklesalo výšku rozhodnutí, zatímco posádka neměla vizuální kontakt se zemí. Za příčinou může být zvolené špatné přiblížení, získání nesprávného QNH (od AFIS), k dispozici nesprávná DA atd.
OH8	Neúspěšné provedení navrženého postupu nezdařeného přiblížení	Neúspěšné dodržení navržené/předpokládané tratě během postupu nezdařeného přiblížení
OHX1	IFR přilet do RMZ LKHK – konflikt s VFR provozem	Výrazem „konflikt“ je myšlena situace potenciálně vedoucí k nedostatečnému rozstupu- let VFR a let IFR se míjí příliš blízko

3.4 Identifikace následků nebezpečí, ohodnocení závažnosti těchto následků nebezpečí, použití metody Event Tree Analysis (ETA) a stanovení bezpečnostních cílů (SO)

Pro určení bezpečnostních cílů (SO) hodnoceného systému je použita kvantitativní metoda „Event Tree Analysis“. Jak je popsáno v bodě 2.5.4 bakalářské práce, pro určení pravděpodobnosti s jakou může nastat dané nebezpečí je potřeba stanovit bariéry s hodnotou pravděpodobnosti neúspěchu, s jakou se daným bariérám nepovede zvrátit vývoj události. Uvažované bariéry jsou více popsány v bezpečnostní studii přiblížení APV SBAS (LPV) na letišti Mielec [9], v bakalářské práci jsou publikovány na konci dokumentu v příloze 3. Ve studii Mielec je výraz „bariéra“ uveden jako „mitigation“ – „M“. S tímto označením je možno se setkat v následující části práce v diagramech ETA sestavených pro hodnocení nebezpečí. V příloze 2 lze vyčíst hodnotu pravděpodobnosti neúspěchu bariéry jak definovanou organizací EUROCONTROL, tak v některých případech upravenou hodnotu přímo pro letišti Mielec. Pokud v následujících schématech metody ETA je použita jiná hodnota, než je stanovena organizací EUROCONTROL, autorův důvod pro změnu čísla je zmíněn pod náležitým schématem.

Pro stanovení bezpečnostních cílů je použit následující vzorec: $SO = \min\left(\frac{ST_m}{P_{en}}\right)$.

Blíže popsané jednotlivé znaky vzorce je možno nalézt ve druhé kapitole. Ve všech případech hodnota v čitateli „Safety Target“ je třídy závažnosti SC1, s dopadem na provoz definovaným jako „nehoda“. Následky nebezpečí uvažované v této práci jsou následující:

- Bezpečné přistání
- Nezdařené přiblížení nebo bezpečné přistání
- Nezdařené přiblížení nebo bezpečné přistání, avšak s nedostatečným rozstupem od jiného letadla
- Srážka s terénem (CFIT, Controlled flight into terrain)
- Nehoda při přistání (Landing accident)
- Srážka za letu (Mid-air collision)

3.4.1 OH3 - Při snaze o zachycení dráhy konečného přiblížení letí letadlo příliš nízko (vertikální profil)

Při snaze o zachycení dráhy konečného přiblížení letadlo letí příliš nízko (vertikální profil)	Odchylka není směrem k překážce	Získání vizuální reference	Následek nebezpečí	Frekvence (pravděpodobnost) výskytu
Q=1.000 OH3	Q=0.1 Bariéra M1	Q=0.5 Bariéra M6		1.000
	Úspěch: Q=0.9	Q=1	Nezdařené přiblížení nebo bezpečné přistání	0.9
Neúspěch: Q=1.000:H3		Úspěch: Q=0.5	Nezdařené přiblížení nebo bezpečné přistání	0.05
	Neúspěch: Q=0.1			
		Neúspěch: Q=0.5	CFIT (katastrofický)	0.05

Obrázek 16, Schéma metody ETA pro nebezpečí OH3 (vytvořeno autorem)

$$SO_{CFIT} = \frac{1,55 * 10^{-8}}{0,05} = 3,1 * 10^{-7}$$

Výsledná hodnota $SO_{CFIT} = 3,1 * 10^{-7}$ se stává bezpečnostním cílem pro nebezpečí „Při snaze o zachycení dráhy konečného přiblížení letí letadlo příliš nízko (vertikální profil)“. Po hodnoceném systému bude požadováno, aby OH3 nastalo jen s pravděpodobností $3,1 * 10^{-7}$ a nižší.

Pro bariéru „ M1 – Odchylka není směrem k překážce“ je pravděpodobnost neúspěchu bariéry podle organizace EUROCONTROL 0,5 a pro studii Mielec je změněna na hodnotu 0,05, jelikož letiště se nenachází v hornaté oblasti a dráha přiblížení je situována v oblasti bez překážek. Na autorovo uvážení je hodnota pro letiště Hradec Králové změněna na pravděpodobnost neúspěchu bariéry 0,1. V oblasti trajektorie přiblížení se sice také nenachází žádné omezující překážky, avšak vpravo od prahu dráhy je identifikován komín letiště LKHK, který by mohl hodnotu neúspěchu M1 zvednout.

3.4.2 OH4- Naletění dráhy konečného přiblížení v příliš vysoké výšce

Naletění dráhy konečného přiblížení v příliš vysoké výšce	Přiblížení je ustálené	Zahájeno nezdařené přiblížení	Získání vizuální reference	Vnější podmínky (suchá nebo dlouhá RWY..)	Následek nebezpečí	Frekvence (pravděpodobnost výskytu)
Q= 1.000 OH4	Q= 0.1 Bariéra M4	Q= 0.3 Bariéra M3	Q= 0.5 Bariéra M6	Q= 0.05 Bariéra M9		1.000
	Úspěch: Q=0.9	Q=1	Q= 1	Q= 1	Bezpečné přistání	0.9
		Úspěch: Q= 0.7	Q= 1	Q= 1	Nezdařené přiblížení nebo bezpečné přistání	0.07
Neúspěch: Q=1.000:OH4	Neúspěch: Q=0.1		Úspěch: Q= 0.5	Q= 1	Nezdařené přiblížení nebo bezpečné přistání	0.015
		Neúspěch: Q=0.3		Úspěch: Q= 0.95	Bezpečné přistání	0.0285
			Neúspěch: Q=0.5	Neúspěch: Q=0.05	Nehoda při přistání (katastrofický)	0.00075

Obrázek 17, Schéma metody ETA pro nebezpečí OH4 (vytvořeno autorem)

$$SO_{nehodapřipřistání} = \frac{1,55 * 10^{-8}}{0,00075} = 2,0666 * 10^{-5}$$

Výsledná hodnota $SO_{nehodapřipřistání} = 2,0666 * 10^{-5}$ se stává bezpečnostním cílem pro nebezpečí „Naletění dráhy konečného přiblížení v příliš vysoké výšce“. Po hodnoceném systému bude požadováno, aby OH4 nastalo jen s pravděpodobností $2,0666 * 10^{-5}$ a nižší.

Pro bariéru „M3 – Zahájeno nezdařené přiblížení“ je pravděpodobnost neúspěchu bariéry podle organizace EUROCONTROL 0,5 a pro studii bezpečnosti na letišti Mielec změněna na hodnotu 0,2, jelikož správné zahájení nezdařeného přiblížení bývá obtížnější pro proudová letadla a pro letišti Mielec je uvažován pouze provoz vrtulových letadel. Na autorovo uvážení je hodnota pro letišti Hradec Králové změněna na pravděpodobnost neúspěchu bariéry 0,3. Letišti LKHK je sice také primárně uzpůsobeno provozu vrtulových letadel, avšak v budoucnu po zavedení IFR provozu by mohlo přijímat i proudová letadla. Z toho důvodu je hodnota neúspěchu M3 o jednu desetinu zvednuta oproti letišti Mielec.

3.4.3 OH6- Neúspěšné vedení letadla po správné dráze konečného přiblížení

Neúspěšné vedení letadla po správné dráze konečného přiblížení	Odchylka není směrem k překážce	Odhalení hrozícího nebezpečí posádkou letadla	Získání vizuální reference	Následek nebezpečí	Frekvence (pravděpodobnost) výskytu
Q= 1.000 OH6	Q= 0.1 Bariéra M1	Q= 0.5 Bariéra M8	Q= 0.5 Bariéra M6		1.000
	Úspěch: Q= 0.9	Q= 1	Q= 1	Nezdařené přiblížení nebo bezpečné přistání	0.9
		Úspěch: Q= 0.5	Q= 1	Nezdařené přiblížení nebo bezpečné přistání	0.05
Neúspěch: Q= 1.000:OH6	Neúspěch: Q= 0.1		Úspěch: Q= 0.5	Nezdařené přiblížení nebo bezpečné přistání	0.025
		Neúspěch: Q= 0.5		CFIT (katastrofický)	0.025
			Neúspěch: Q= 0.5		

Obrázek 18, Schéma metody ETA pro nebezpečí OH6 (vytvořeno autorem)

$$SO_{CFIT} = \frac{1,55 * 10^{-8}}{0,025} = 6,2 * 10^{-7}$$

Výsledná hodnota $SO_{CFIT} = 6,2 * 10^{-7}$ se stává bezpečnostním cílem pro nebezpečí „Neúspěšné vedení letadla po správné dráze konečného přiblížení“. Po hodnoceném systému bude požadováno, aby OH6 nastalo jen s pravděpodobností $6,2 * 10^{-7}$ a nižší.

Pro bariéru „ M1 – Odchylka není směrem k překážce“ je opět pravděpodobnost neúspěchu bariéry změněna na hodnotu 0,1 ze stejného důvodu jako pro OH3 - „Při snaze o zachycení dráhy konečného přiblížení letí letadlo příliš nízko (vertikální profil)“.

3.4.4 OH7 - Podklesání výšky rozhodnutí (DH/A) bez získání vizuálního kontaktu

Podklesání výšky rozhodnutí (DA/H) bez získání vizuálního kontaktu	Odchylka není směrem k překážce	Letadlo je ve správné pozici pro přistání	Nezdařené přiblížení zahájeno včas a správně provedeno	Následek nebezpečí	Frekvence (pravděpodobnost) výskytu
Q= 1.000 OH7	Q= 0.1 Bariéra M1	Q= 0.5 Bariéra M5	Q= 0.4 Bariéra M3		1.000
		Úspěch: Q= 0.5	Q= 1	Bezpečné přistání	0.45
	Úspěch: Q= 0.9		Úspěch: Q= 0.6	Nezdařené přiblížení nebo bezpečné přistání	0.27
Neúspěch: Q=1.000:OH7		Neúspěch: Q=0.5		Nehoda při přistání (katastrofický)	0.18
			Neúspěch: Q= 0.4		
	Neúspěch: Q=0.1	Q= 1	Q= 1	CFIT (katastrofický)	0.1

Obrázek 19, Schéma metody ETA pro nebezpečí OH7 (vytvořeno autorem)

$$SO_{CFIT} = \frac{1,55 * 10^{-8}}{0,1} = 1,55 * 10^{-7}$$

$$SO_{nehodapřipřistání} = \frac{1,55 * 10^{-8}}{0,18} = 8,611 * 10^{-8}$$

Jako nejhorší následky nebezpečí jsou identifikovány dva typy událostí – srážka s terénem (CFIT) a nehoda při přistání. Z výsledných hodnot je vybrána ta nižší, $SO_{nehodapřipřistání} = 8,611 * 10^{-8}$ se stává bezpečnostním cílem pro nebezpečí „Podklesání výšky rozhodnutí (DH/A) bez získání vizuálního kontaktu“. Po hodnoceném systému bude požadováno, aby OH7 nastalo jen s pravděpodobností $8,611 * 10^{-8}$ a nižší.

3.4.5 OH8- Neúspěšné provedení navrženého postupu nezdařeného přiblížení (MA)

Neúspěšné provedení navrženého postupu nezdařeného přiblížení	Odchylka není směrem k překážce	Odhalení hrozícího nebezpečí posádkou letadla specifické během MA	Získání vizuální reference	Následek nebezpečí	Frekvence (pravděpodobnost) výskytu
Q= 1.000 OH8	Q= 0.1 Bariéra M1	Q= 0.2 Bariéra M7	Q= 0.5 Bariéra M6		1.000
	Úspěch: Q= 0.9	Q= 1	Q= 1	Nezdařené přiblížení nebo bezpečné přistání	0.9
Neúspěch: Q= 1.000:OH8		Úspěch: Q= 0.8	Q= 1	Nezdařené přiblížení nebo bezpečné přistání	0.08
	Neúspěch: Q= 0.1		Úspěch: Q= 0.5	Nezdařené přiblížení nebo bezpečné přistání	0.01
		Neúspěch: Q= 0.2		CFIT (katastrofický)	0.01
			Neúspěch: Q= 0.5		

Obrázek 20, Schéma metody ETA pro nebezpečí OH8 – CFIT (vytvořeno autorem)

$$SO_{CFIT} = \frac{1,55 * 10^{-8}}{0,01} = 1,55 * 10^{-6}$$

Neúspěšné provedení navrženého postupu nezdařeného přiblížení	Odchyłka není směrem k jinému letadlu	Odhalení hrozícího nebezpečí posádkou letadla specifické během MA	Získání vizuální reference	Následek nebezpečí	Frekvence (pravděpodobnost) výskytu
Q= 1.000 OH8	Q= 0.05 Bariéra M2	Q= 0.2 Bariéra M7	Q= 0.5 Bariéra M6		1.000
	Úspěch: Q= 0.95	Q= 1	Q= 1	Nezdařené přiblížení nebo bezpečné přistání	0.95
Neúspěch: Q= 1.000:OH8		Úspěch: Q= 0.8	Q= 1	Nezdařené přiblížení nebo bezpečné přistání	0.04
	Neúspěch: Q= 0.05		Úspěch: Q= 0.5	Nezdařené přiblížení nebo bezpečné přistání	0.005
		Neúspěch: Q= 0.2	Neúspěch: Q= 0.5	srážka za letu (katastrofický)	0.005

Obrázek 21, Schéma metody ETA pro nebezpečí OH8 – srážka za letu (vytvořeno autorem)

$$SO_{srážkazaletu} = \frac{1,55 * 10^{-8}}{0,005} = 3,1 * 10^{-6}$$

Jako nejhorší následky nebezpečí jsou identifikovány dva typy událostí – srážka s terénem (CFIT) podrobněji na obrázku 20 a srážka za letu (mid-air collision) na obrázku 21. Z výsledných hodnot je vybrána ta nižší, $SO_{CFIT} = 1,55 * 10^{-6}$ se stává bezpečnostním cílem pro nebezpečí „Neúspěšné provedení navrženého postupu nezdařeného přiblížení (MA)“. Po hodnoceném systému bude požadováno, aby OH8 nastalo jen s pravděpodobností $1,55 * 10^{-6}$ a nižší.

Pro bariéru „M1 – Odchyłka není směrem k překážce“ je opět pravděpodobnost neúspěchu bariéry změněna na hodnotu 0,1 ze stejného důvodu jako u OH3 - „Při snaze o zachycení dráhy konečného přiblížení letí letadlo příliš nízko (vertikální profil)“.

Pro bariéru „M2 – Odchyłka není směrem k jinému letadlu“ je ponechána pravděpodobnost neúspěchu bariéry podle organizace EUROCONTROL i dle studie Mielec jako hodnota 0,05. Pravděpodobnost odchyłky směrem k jinému letadlu je závislá na mnoha parametrech (např. konfigurace letiště a přistávací a vzletové dráhy, odletových a příletových tratí atd.). Situace, kdy ve stejném vzdušném prostoru nad LKHK se dvě letadla dostanou do „konfliktní“ situace (jejich trajektorie letu se vzájemně protínají) je méně pravděpodobná, než že odchyłka letadla je směrem

k překážce. Jak je uvedeno na obrázku 11 v kapitole 3.1.2, spodní letové tratě v oblasti východních Čech téměř nejsou zavedeny. Z těchto důvodů hodnota není zvyšována.

Pro bariéru „M7 – Odhalení hrozícího nebezpečí posádkou letadla specifické během MA“ je pravděpodobnost neúspěchu bariéry podle organizace EUROCONTROL 0,1, totožná se stanovenou hodnotou pro letiště Mielec. Na autorovo uvážení je hodnota pro letiště Hradec Králové změněna na pravděpodobnost neúspěchu bariéry 0,2. Tento fakt úzce souvisí s navrženým nebezpečím OHX1 – „IFR přilet do LKHK – konflikt s VFR provozem“, které může vést k příliš blízkému prolétnutí letu VFR s IFR. Prostor nad LKHK není řízený, pouze se jedná o oblast s povinným radiovým spojením (RMZ), proto pravděpodobnost nenastání bariéry M7 by mohla být daleko vyšší. Současně je ale potřeba zvážit situaci, s kterou počítá EUROCONTROL, že při postupu nezdařeného přiblížení si je posádka více vědoma dráhy letu, jelikož nespolehá na přesnost dráhy a vysokou integritu, jako při postupu konečného přiblížení. Kombinací těchto dvou faktorů je navržena pravděpodobnost selhání bariéry M7 jako hodnota 0,2.

3.4.6 OHX1- IFR přilet do RMZ LKHK – konflikt s VFR provozem

IFR přilet do RMZ LKHK - konflikt s VFR provozem	Odchylna není směrem k jinému letadlu	Dispečer AFIS předá posádce letadla informace o provozu v RMZ LKHK	Získání vizuální reference	Následek nebezpečí	Frekvence (pravděpodobnost) výskytu
Q= 1.000 OHX1	Q= 0.05 Bariéra M2	Q= 0.05 Bariéra MX1	Q= 0.5 Bariéra M6		1.000
	Úspěch: Q= 0.95	Q= 1	Q= 1	Nezdařené přiblížení nebo bezpečné přistání	0.95
Neúspěch: Q= 1.000: OHX1		Úspěch: Q= 0.95	Q= 1	Nezdařené přiblížení nebo bezpečné přistání	0.0475
	Neúspěch: Q= 0.05		Úspěch: Q= 0.5	Nezdařené přiblížení nebo bezpečné přistání, avšak s nedostatečným rozstupem od jiného letadla	0.00125
		Neúspěch: Q= 0.05		Srážka za letu (katastrofický)	0.00125
			Neúspěch: Q= 0.5		

Obrázek 22, Schéma metody ETA pro nebezpečí OHX1 (vytvořeno autorem)

$$SO_{srážkazaletu} = \frac{1,55 * 10^{-8}}{0,00125} = 1,24 * 10^{-5}$$

Výsledná hodnota $SO_{srážkazaletu} = 1,24 * 10^{-5}$ se stává bezpečnostním cílem pro autorem navržené nebezpečí „IFR přilet do RMZ LKHK – konflikt s VFR provozem“. Po hodnoceném systému bude požadováno, aby OHX1 nastalo jen s pravděpodobností $1,24 * 10^{-5}$ a nižší.

Z obrázku 22 je patrný nově stanovený následek nebezpečí, než bylo doposud v práci zmiňováno. Následek nebezpečí „Nezdařené přiblížení nebo bezpečné přistání, avšak s nedostatečným rozstupem od jiného letadla“ vychází z předpisu L13 (Předpis o odborném zjišťování příčin leteckých nehod a incidentů. Nedostatečným rozstupem je míněna situace, kdy neexistují předepsaná minima rozstupu, když bylo zjištěno, že letadla se vzájemně minula příliš blízko na to, aby piloti mohli zajistit bezpečný rozstup.“ [24] Příkladem je let VFR a IFR míjející se příliš blízko.

Autor stanovuje novou bariéru „MX1 – Dispečer AFIS předá posádce informace o provozu v RMZ LKHK“. Jelikož se jedná o bariéru, která není stanovena organizací EUROCONTROL, autor navrhuje vzhledem k pravidlům v prostoru RMZ jako pravděpodobnost neúspěchu bariéry MX1 hodnotu 0,05.

3.5 Fault tree Analysis (FTA) a stanovení bezpečnostních požadavků (SR)

Před provedením metody „Fault tree Analysis“ (FTA) je dobré definovat bezpečnostní požadavky související s architekturou systému, zajišťující bezpečný provoz jednotlivých funkcí v rámci zavádění přiblížení APV SBAS, vedoucí ke snížení míry rizik. Jejich rozdělení je možno provést vzhledem ke vztahu k jednotlivým prvkům systému (postupy, lidský faktor a vybavení) následně:

- Postupy:

SR1 – Letové postupy se navrhují podle požadavků leteckého předpisu 8168 – letové postupy [18], zahrnující i předepsaná minima.

SR2 – Data terénu, překážek a letišť použitých v návrhu letového postupu mají vyhovovat požadavkům uvedených v leteckých předpisech L14 (letišť) a L15 (letecká informační služba).

SR3 – Používaná navigační databáze má být dodávána poskytovatelem databází schváleným Evropskou agenturou pro bezpečnost letectví (EASA, European aviation safety agency).

SR4 – Letový postup má být zbaven konfliktních situací s odlétávajícím a přilétávajícím provozem okolních letišť.

SR5 – Letový postup má být navržen proškolenými návrháři a schválený regulačním orgánem.

SR6 – Letový postup má být použit pouze v případě, kdy je k dispozici „EGNOS Safety of Life service“.

SR7 – ESSP (European satellite services provider) jako poskytovatel satelitních služeb pro EGNOS (European geostationary navigation overlay service) je schopen potvrdit, že je k dispozici dostatečné pokrytí signálu na podporu zaváděného systému.

- Lidský faktor:

SR8 – Posádka letadla má mít úspěšně dokončený výcvik v daném letovém postupu dle požadavků AMC 20-28 [23].

SR9 – Letová posádka má být proškolená v používání zařízení nacházejících se v letadle.

SR10 – Provozovatel letadla má zajistit, aby data, která jsou načítána z databáze do navigačního systému letadla, byla aktuální a kompletní.

SR11 – Letová posádka si má nechat potvrdit, že nejsou plánované odstávky služby EGNOS po celou dobu letu (potvrzení přes ESSP - poskytovatele satelitních služeb pro EGNOS).

- Vybavení:

SR12 – Zařízení používané pro přiblížení APV SBAS na letišti LKHK má být certifikováno Evropskou agenturou pro bezpečnost letectví (EASA) a má být v souladu s požadavky AMC 20-28 [23].

K bezpečnostním požadavkům, SR8, SR9, SR10 a SR12 je třeba zmínit, že se sice jedná o typické bezpečnostní požadavky, ale vzhledem k omezeným možnostem jejich zajištění zainteresovanými stranami při vytváření nového přiblížení, jsou postihnuty i v předpokladech.

K provedení metody FTA a určení bezpečnostních požadavků je opět použita kvantitativní metoda. Stanovené bezpečnostní požadavky (SR) po provedení FTA představují buďto dodatečné požadavky k již definovaným SR publikovaným výše, nebo se jedná o požadavky na integritu systému (IR, Integrity requirement), které určují úroveň výkonu určitých prvků a funkcí systému. Obecně metoda FTA vyžaduje zkušeného bezpečnostního experta a značné množství času pro získání výsledné pravděpodobnosti nastání hodnoceného nebezpečí. Součástí metody je opětovné snižování pravděpodobností negativních událostí (příčin). Jak je popsáno v bodě 2.5.5 bakalářské práce, pro určení pravděpodobností příčin nebezpečí jsou použity hodnoty ze studie Mielec - letiště s podobnými parametry jako LKHK. Jelikož zvolené příčiny u jednotlivých nebezpečí jsou obvykle propojeny s lidským faktorem, dochází k nepřesnosti při výpočtu. Mnohem přesnější hodnoty lze určit pro hardwarové prvky, u nichž je spolehlivost obvykle určena výrobcem. Následující text a diagramy představují autorovo zhodnocení situace. Pro inspiraci je využito podkladů ze studie letiště Mielec. Jelikož dochází k nesplnění bezpečnostního cíle téměř

ve všech případech hodnoceného nebezpečí (až na jeden – OH4), je nezbytné provést citlivostní analýzu, metodu snižování rizik a opět udělat FTA, aby bezpečnostní cíl byl splněn.

3.5.1 OH3 - Při snaze o zachycení dráhy konečného přiblížení letí letadlo příliš nízko (vertikální profil)

Identifikované příčiny s přiřazenými pravděpodobnostmi, které mohou vést k realizaci daného nebezpečí, jsou následující:

C1 – Nebyly detekovány chybné hodnoty nadmořské výšky pro definovanou trať - $Q = 1,1 * 10^{-7}$

C1A – V postupu přiblížení uvedeném v letecké informační příručce (AIP) je chybná informace - $Q = 4,62 * 10^{-11}$

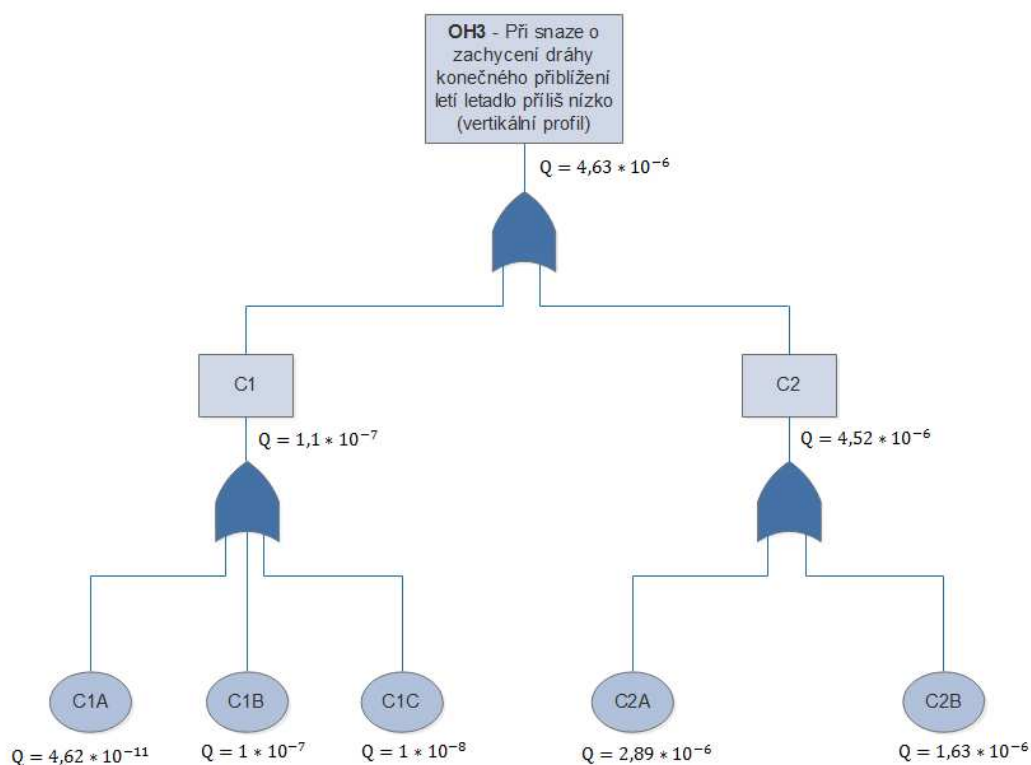
C1B – Schválená databáze obsahuje nesprávné hodnoty nadmořské výšky nebo není aktuální - $Q = 1 * 10^{-7}$

C1C – Nahrávaná RNAV data z databáze v kabině letadla jsou chybná, nesprávná nebo nejsou aktuální - $Q = 1 * 10^{-8}$

C2 – Nesprávně nastavený tlak na výškoměru (letadlo letí příliš nízko) $Q = 4,52 * 10^{-6}$

C2A – Dispečer AFIS poskytne chybnou informaci (nesprávné QNH) nebo nastane chyba v systému při tvorbě meteorologických dat - $Q = 2,89 * 10^{-6}$

C2B – Pilot špatně rozumí hodnotu QNH pro nastavení na výškoměru (nebo pilot dostane správný údaj QNH, avšak nastaví nesprávnou hodnotu) - $Q = 1,63 * 10^{-6}$



Obrázek 23, Schéma metody FTA pro nebezpečí OH3 (vytvořeno autorem)

Pro nebezpečí „Při snaze o zachycení dráhy konečného přiblížení letí letadlo příliš nízko (vertikální profil)“ je z předešlého kroku stanoven bezpečnostní cíl $SO_{CFIT} = 3,1 * 10^{-7}$. Provádí se porovnání bezpečnostního cíle s výslednou pravděpodobností nastání nebezpečí získanou z metody FTA $Q = 4,63 * 10^{-6}$.

$$SO_{CFIT} = 3,1 * 10^{-7} < Q = 4,63 * 10^{-6}$$

Pravděpodobnost nastání nebezpečí je vyšší než bezpečnostní cíl, z toho důvodu není daný cíl pro hodnocené nebezpečí splněn.

Dodatečné bezpečnostní požadavky (SR) a požadavky na integritu systému (IR) pro nebezpečí „Při snaze o zachycení dráhy konečného přiblížení letí letadlo příliš nízko (vertikální profil)“ jsou tyto:

- SR13 – ŘLP by mělo určit, zda je potřeba provést průzkum překážek vzhledem k zavedení postupu přiblížení s minimy LPV.
- SR14 – ŘLP určí úroveň, se kterou bude postup přiblížení s minimy LPV uveden v

platnost. Tato úroveň by měla být minimálně rovna hodnotě specifikované v dokumentu ICAO doc 8071 Volume 2.

- SR15 – Posádka letadla bude kontaktovat AFIS před proletěním FAF (Final Approach Fix) pro potvrzení, že QNH které bylo nastaveno na začátku postupu přiblížení je správné.

Požadavek na integritu (IR) si lze představit jako situace, kdy identifikovaná příčina nesmí překročit uvedenou pravděpodobnost, která může vést k realizaci daného nebezpečí. Příkladem může být zmíněná příčina „C2B – Pilot špatně rozumí hodnotu QNH pro nastavení na výškoměru (nebo pilot dostane správný údaj QNH, avšak nastaví nesprávnou hodnotu)“, požadavek na integritu zní takto:

- IR1 – Pravděpodobnost, že pilot nastaví nesprávnou hodnotu QNH na výškoměru, i když dispečer AFIS mu poskytl správnou hodnotu, nesmí být vyšší než $1,63 * 10^{-6}$.

Ostatní požadavky na integritu nebudou zmiňovány, jelikož jsou patrné z publikovaného schématu FTA pro OH3 na obrázku 23. Bezpečnostní cíl pro hodnocené nebezpečí splněn nebyl, i přesto, že bezpečnostní požadavky (SR) a požadavky na integritu (IR) jsou definovány.

Nastává okamžik, kdy by měl být do studie zapojen bezpečnostní expert, který se pokusí o opětovné snižování pravděpodobností příčin a provedení citlivostní analýzy, díky které jsou identifikována místa se zásadním vlivem na neplnění bezpečnostních cílů. Je žádáno opětovně provést FTA novými hodnotami a dalšími získanými bezpečnostními požadavky a požadavky na integritu.

3.5.2 OH4- Naletění dráhy konečného přiblížení v příliš vysoké výšce

Identifikované příčiny s přiřazenými pravděpodobnostmi, které mohou vést k realizaci daného nebezpečí, jsou následující:

C1 – Laterální bod zachycení segmentu konečného přiblížení je příliš blízko RWY (pilotova chyba – z důvodu vysoké rychlosti, nedostatečného času pro přípravu na zachycení FAF atd.) -

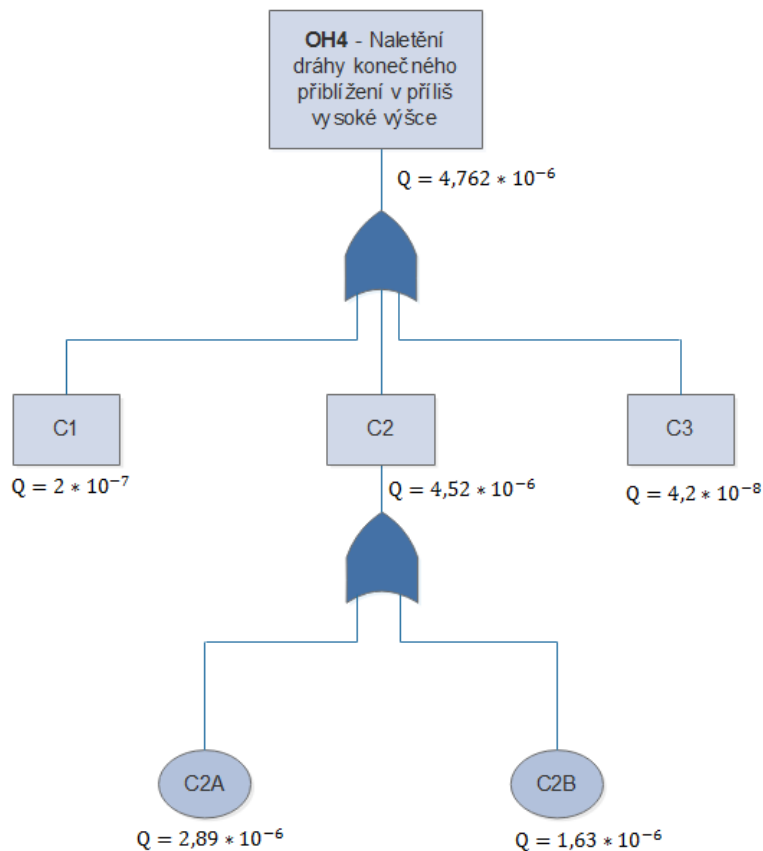
$$Q = 2 * 10^{-7}$$

C2 – Na výškoměru je nastaven příliš nízký tlak (letadlo letí výše než by mělo) - $Q = 4,52 * 10^{-6}$

C2A – Dispečer AFIS poskytne nižší tlak, než je požadováno, nebo nastane chyba v systému při tvorbě meteorologických dat - $Q = 2,89 * 10^{-6}$

C2B – Pilot špatně rozumí hodnotu QNH pro nastavení na výškoměru (nebo pilot dostane správný údaj QNH, avšak nastaví nižší tlak než by měl) - $Q = 1,63 * 10^{-6}$

C3 – Posádka letadla nesprávně zachytí úhel vertikální dráhy konečného přiblížení a zkouší provést postup zachycené dráhy znovu - $Q = 4,2 * 10^{-8}$



Obrázek 24, Schéma metody FTA pro nebezpečí OH4 (vytvořeno autorem)

Pro nebezpečí „Naletění dráhy konečného přiblížení v příliš vysoké výšce“ je z předešlého kroku stanoven bezpečnostní cíl $SO_{nehodapřipřistání} = 2,0666 * 10^{-5}$. Provádí se porovnání bezpečnostního cíle s výslednou pravděpodobností nastání nebezpečí získanou z metody FTA $Q = 4,762 * 10^{-6}$.

$$SO_{nehodapřipřistání} = 2,0666 * 10^{-5} > Q = 4,762 * 10^{-6}$$

Pravděpodobnost nastání nebezpečí je nižší než bezpečnostní cíl, z toho důvodu daný cíl pro hodnocené nebezpečí je splněn.

Dodatečné bezpečnostní požadavky (SR) nejsou definovány. Požadavek na integritu (IR) si lze představit jako situace, kdy identifikovaná příčina nesmí překročit uvedenou pravděpodobnost, která může vést k realizaci daného nebezpečí. Příkladem může být na předešlé stránce zmíněná

příčina C2A – „AFIS poskytne nižší tlak, nebo nastane chyba v systému při tvorbě meteorologických dat, požadavek na integritu zní takto:

- IR2 – Pravděpodobnost, že dispečer AFIS poskytne nižší tlak, než je požadováno, nebo nastane chyba v systému při tvorbě meteorologických dat, nesmí být vyšší než $2,89 * 10^{-6}$.

Ostatní požadavky na integritu nebudou zmiňovány, jelikož jsou patrné z publikovaného schématu FTA pro OH4 na obrázku 24. Bezpečnostní cíl pro hodnocené nebezpečí byl splněn. Nicméně je dobré i v tomto případě do studie zapojit bezpečnostního experta, který se pokusí o opětovné snižování pravděpodobností příčin a provedení citlivostní analýzy, díky které jsou identifikována místa se zásadním vlivem na plnění bezpečnostních cílů. Výsledkem může být o něco vyšší hodnota pravděpodobnosti nastání nebezpečí, než je nyní. Zjištění míst se zásadním vlivem na plnění bezpečnostních cílů může být užitečným podkladem pro budoucí provádění změn v systému.

3.5.3 OH6- Neúspěšné vedení letadla po správné dráze konečného přiblížení

Identifikované příčiny s přiřazenými pravděpodobnostmi, které mohou vést k realizaci daného nebezpečí, jsou následující:

C1 – Nebyla detekována chybně vybraná dráha přiblížení - $Q = 2,02 * 10^{-8}$

C1A – V postupu přiblížení uvedeném v letecké informační příručce (AIP) je chybná informace související se segmentem konečného přiblížení $Q = 1 * 10^{-8}$

C1B – Schválená NAV databáze obsahuje nesprávné informace související se segmentem konečného přiblížení, nebo tyto informace nejsou aktuální - $Q = 1 * 10^{-8}$

C1C – Načítaná data z databáze v kabině letadla jsou chybná, nesprávná, nebo nejsou aktuální - $Q = 2 * 10^{-10}$

C2 – Chybná horizontální nebo vertikální poloha letadla - $Q = 2,2 * 10^{-7}$

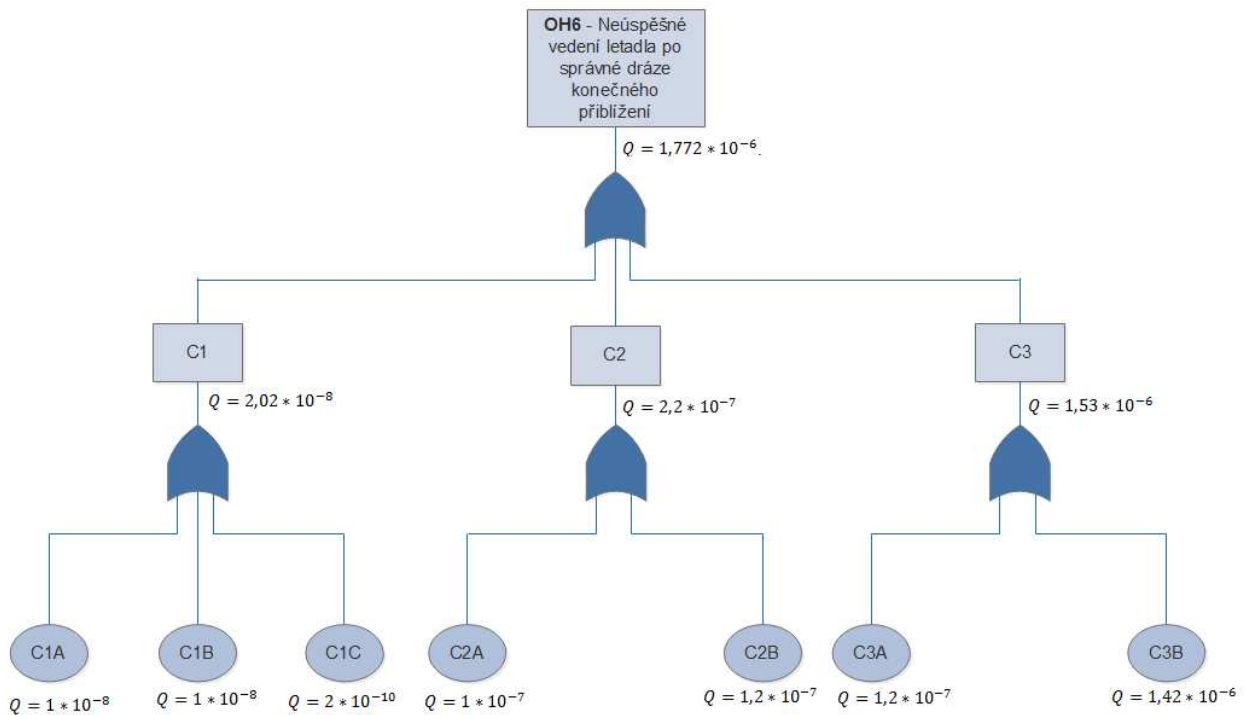
C2A – Přijetí zhoršeného signálu GNSS/SBAS - $Q = 1 * 10^{-7}$

C2B – Nesprávné odhadnutí polohy letadla (horizontální nebo vertikální) – chyba NAV počítače - $Q = 1,2 * 10^{-7}$

C3 – Nebylo včas odhaleno chybné řízení letadla - $Q = 1,53 * 10^{-6}$

C3A – Nebyla včas rozpoznána ztráta laterálního nebo vertikálního vedení - $Q = 1,2 * 10^{-7}$

C3B – Nesprávně nastavená trajektorie přiblížení - $Q = 1,42 * 10^{-6}$



Obrázek 25, Schéma metody FTA pro nebezpečí OH6 (vytvořeno autorem)

Pro nebezpečí „Neúspěšné vedení letadla po správné dráze konečného přiblížení“ je z předešlého kroku stanoven bezpečnostní cíl $SO_{CFIT} = 6,2 * 10^{-7}$. Provádí se porovnání bezpečnostního cíle s výslednou pravděpodobností nastání nebezpečí získanou z metody FTA $Q = 1,772 * 10^{-6}$.

$$SO_{CFIT} = 6,2 * 10^{-7} < Q = 1,772 * 10^{-6}$$

Pravděpodobnost nastání nebezpečí je vyšší než bezpečnostní cíl, z toho důvodu není daný cíl pro hodnocené nebezpečí splněn.

Dodatečné bezpečnostní požadavky (SR) a požadavky na integritu systému (IR) pro nebezpečí „Neúspěšné vedení letadla po správné dráze konečného přiblížení“ jsou tyto:

- SR16 – Konstruktor trajektorie přiblížení musí být kvalifikovaný k navrhování těchto postupů a má využívat SW (software) nástroje k sestrojení segmentu konečného přiblížení.
- SR17 – K sestrojení segmentu konečného přiblížení musí být použity vhodné SW (software) nástroje.
- SR18 – SW (software) nástroje použité pro sestrojení segmentu konečného přiblížení

mají využívat algoritmus, jenž pokrývá všechny poskytovatele služeb SBAS (jako EGNOS, WAAS) kvůli tomu, aby nedošlo k provádění manuálních změn s rizikem narušení integrity dat.

- SR19 – Poskytovatel databáze má používat stejné nástroje k přístupu k datům z úseku konečného přiblížení (FAS, Final approach segment) jako jsou používány konstruktéry postupu přiblížení k zakódování těchto dat.

- SR20 – Poskytovatel databáze by neměl znovu upravovat segment konečného přiblížení, aby se vyvaroval riziku, že bude už uznaný a platný FAS (segment konečného přiblížení) změněn. Nicméně v případě že bude úprava nutná, je možno provést v koordinaci se státem.

- SR21 – Musí být zajištěno, že načtený postup je vhodný pro daný typ a výkonnost letadla. Opatření je třeba provést v součinnosti s daným provozovatelem (každý provozovatel může mít jiné podmínky)

- SR22 – Postup přiblížení s minimy LPV má zahrnovat porovnání v určitém bodě mezi barometrickou výškou a publikovanou výškou na mapě (například 4 NM před bodem MAPt/prahelem dráhy)

Požadavek na integritu (IR) si lze představit jako situace, kdy identifikovaná příčina nesmí překročit uvedenou pravděpodobnost, která může vést k realizaci daného nebezpečí. Příkladem může být zmíněná příčina „C2A – Přijetí zhoršeného signálu GNSS/SBAS“, požadavek na integritu zní takto:

- IR3 – Pravděpodobnost, že nebude detekováno přijetí zhoršeného GNSS/SBAS signálu nesmí být vyšší, než $1 * 10^{-7}$.

Ostatní požadavky na integritu nebudou zmiňovány, jelikož jsou patrné z publikovaného schématu FTA pro OH6 na obrázku 25. Bezpečnostní cíl pro hodnocené nebezpečí splněn nebyl, i přesto, že bezpečnostní požadavky (SR) a požadavky na integritu (IR) jsou definovány.

Nastává okamžik, kdy by měl být do studie zapojen bezpečnostní expert, se snahou o opětovné snižování pravděpodobností příčin a provedení citlivostní analýzy, díky které jsou identifikována místa se zásadním vlivem na neplnění bezpečnostních cílů. Je žádáno opětovně provést FTA novými hodnotami a dalšími získanými bezpečnostními požadavky a požadavky na integritu.

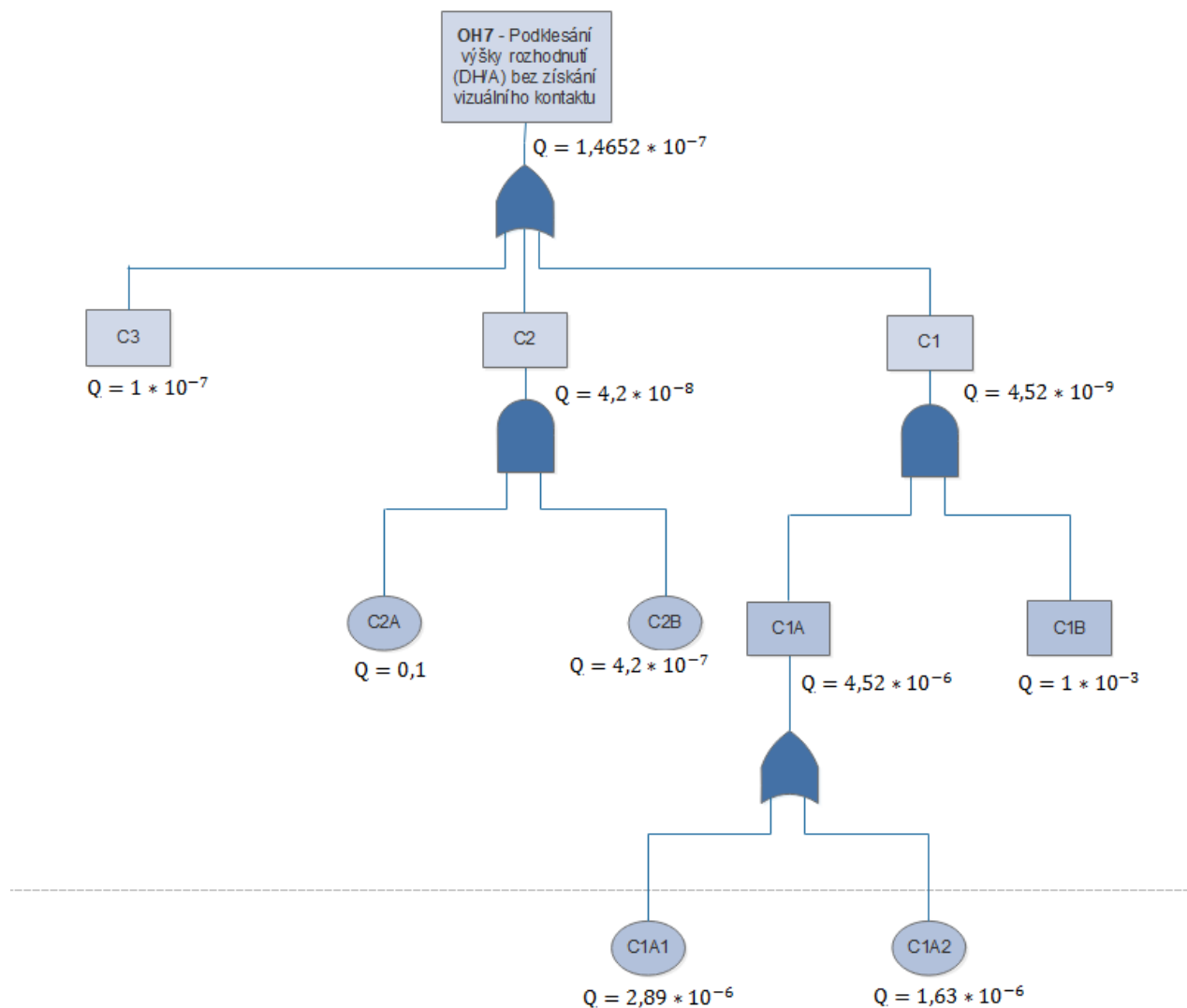
3.5.4 OH7 - Podklesání výšky rozhodnutí (DH/A) bez získání vizuálního kontaktu

Identifikované příčiny s přiřazenými pravděpodobnostmi, které mohou vést k realizaci daného nebezpečí, jsou následující:

C1 – Nastavena nesprávná hodnota QNH na výškoměru a pilotovo rozhodnutí trvá příliš dlouho

- Q = $4,52 * 10^{-9}$

- C1A – Nesprávně nastavený tlak na výškoměru (letadlo letí příliš nízko) - $Q = 4,52 * 10^{-6}$
- C1A1 – Dispečer AFIS poskytne nesprávný údaj o tlaku nebo nastane chyba v systému při tvorbě meteorologických dat - $Q = 2,89 * 10^{-6}$
- C1A2 – Pilot špatně rozuměl hodnotu QNH pro nastavení tlaku na výškoměru (nebo pilot dostane správný údaj QNH, ale nastaví nižší tlak než by měl) - $Q = 1,63 * 10^{-6}$
- C1B – Pilotovo rozhodnutí provést nezdařené přiblížení trvá příliš dlouho - $Q = 1 * 10^{-3}$
- C2 – Není včas rozpoznána chybná výška rozhodnutí (DH) zvolená pilotem
- C2A – Nebyla detekována špatně nastavená výška rozhodnutí (DH) v průběhu briefingu a celé fáze přiblížení - $Q = 0,1$
- C2B – Pilot zvolil nesprávnou výšku rozhodnutí (DH) - $Q = 4,2 * 10^{-7}$
- C3 – Publikovaná výška rozhodnutí (DH) není správná - $Q = 1 * 10^{-7}$



Obrázek 26, Schéma metody FTA pro nebezpečí OH7 (vytvořeno autorem)

Pro nebezpečí „Podklesání výšky rozhodnutí (DH/A) bez získání vizuálního kontaktu“ je z předešlého kroku stanoven bezpečnostní cíl $SO_{nehodapřipřistání} = 8,611 * 10^{-8}$. Provádí se porovnání bezpečnostního cíle s výslednou pravděpodobností nastání nebezpečí získanou z metody FTA $Q = 1,4652 * 10^{-7}$.

$$SO_{nehodapřipřistání} = 8,611 * 10^{-8} < Q = 1,4652 * 10^{-7}$$

Pravděpodobnost nastání nebezpečí je vyšší než bezpečnostní cíl, z toho důvodu není daný cíl pro hodnocené nebezpečí splněn.

Dodatečné bezpečnostní požadavky (SR) nejsou definovány. Požadavek na integritu (IR) si lze představit jako situace, kdy identifikovaná příčina nesmí překročit uvedenou pravděpodobnost, která může vést k realizaci daného nebezpečí. Příkladem může být zmíněná příčina „C2A – Nebyla detekována špatně nastavená výška rozhodnutí (DH) v průběhu briefingu a celé fáze přiblížení“, požadavek na integritu zní takto:

- IR2 – Pravděpodobnost, že posádka letadla nedetekuje špatně nastavenou výšku rozhodnutí (DH) v průběhu briefingu a celé fáze přiblížení nesmí být vyšší než hodnota 0,1.

Ostatní požadavky na integritu nebudou zmiňovány, jelikož jsou patrné z publikovaného schématu FTA pro OH7 na obrázku 26. Bezpečnostní cíl pro hodnocené nebezpečí splněn nebyl, i přesto, že bezpečnostní požadavky (SR) a požadavky na integritu (IR) jsou definovány. Nastává okamžik, kdy by měl být do studie zapojen bezpečnostní expert, který se pokusí o opětovné snižování pravděpodobností příčin a provedení citlivostní analýzy, díky které jsou identifikována místa se zásadním vlivem na neplnění bezpečnostních cílů. Je žádáno opětovně provést FTA novými hodnotami a dalšími získanými bezpečnostními požadavky a požadavky na integritu.

3.5.4 OH8- Neúspěšné provedení navrženého postupu nezdařeného přiblížení (MA, Missed Approach)

Identifikované příčiny s přiřazenými pravděpodobnostmi, které mohou vést k realizaci daného nebezpečí, jsou následující:

C1 – Nebyla detekována chybně vybraná dráha nezdařeného přiblížení (MA) - $Q = 1,101 * 10^{-5}$

C1A – V letecké informační příručce (AIP) je chybná informace související se segmentem nezdařeného přiblížení (nesprávná AIP MA) – chyba se vyskytla během návrhu trajektorie - $Q = 1 * 10^{-5}$

C1B – Načítaná data z databáze v kabině letadla jsou chybná, nesprávná, nebo nejsou aktuální - $Q = 1 * 10^{-8}$

C1C – Zvolen chybný postup nezdařeného přiblížení plynoucí z nesprávně definované dráhy nezdařeného přiblížení - $Q = 1 * 10^{-6}$

C2 – Chybná horizontální nebo vertikální poloha letadla - $Q = 2,2 * 10^{-7}$

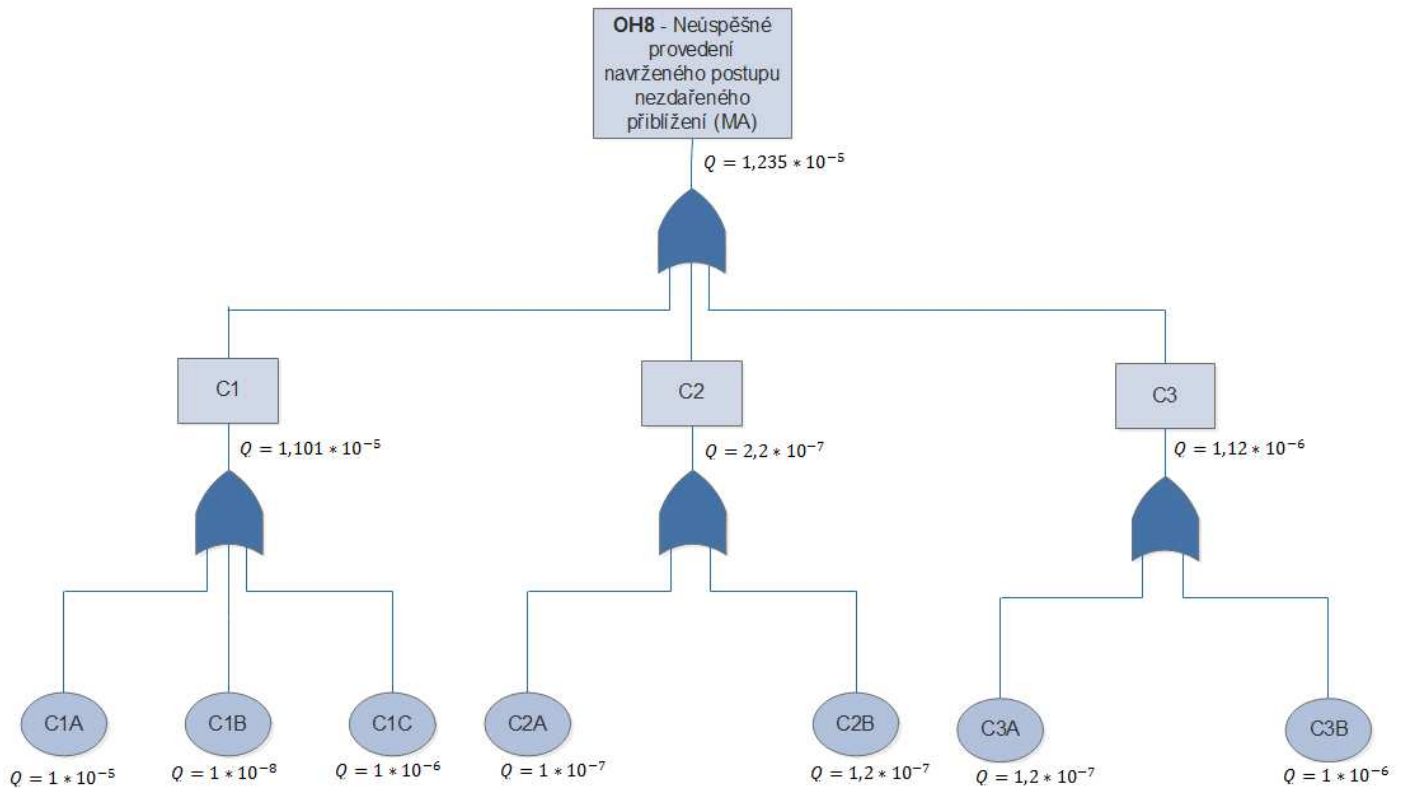
C2A – Přijetí zhoršeného signálu GNSS/SBAS - $Q = 1 * 10^{-7}$

C2B – Nesprávné odhadnutí polohy letadla (horizontální nebo vertikální) – chyba NAV počítače - $Q = 1,2 * 10^{-7}$

C3 – Nebyla včas rozpoznána ztráta laterálního nebo vertikálního vedení - $Q = 1,12 * 10^{-6}$

C3A – Nebyla rozpoznána ztráta laterálního nebo vertikálního vedení - $Q = 1,2 * 10^{-7}$

C3B – Nesprávně nastavená trajektorie nezdařeného přiblížení - $Q = 1 * 10^{-6}$



Obrázek 27, Schéma metody FTA pro nebezpečí OH8 (vytvořeno autorem)

Pro nebezpečí „Neúspěšné provedení navrženého postupu nezdařeného přiblížení (MA, Missed Approach)“ je z předešlého kroku stanoven bezpečnostní cíl $SO_{CFIT/srážkazaletu} = 1,55 * 10^{-6}$. Provádí se porovnání bezpečnostního cíle s výslednou pravděpodobností nastání nebezpečí získanou z metody FTA $Q = 1,235 * 10^{-5}$.

$$SO_{CFIT} = 1,55 * 10^{-6} < Q = 1,235 * 10^{-5}$$

Pravděpodobnost nastání nebezpečí je vyšší než bezpečnostní cíl, z toho důvodu není daný cíl pro hodnocené nebezpečí splněn.

Dodatečné bezpečnostní požadavky (SR) a požadavky na integritu systému (IR) pro nebezpečí „Neúspěšné provedení navrženého postupu nezdařeného přiblížení (MA, Missed Approach)“ jsou tyto:

- SR23 – Posádka musí hlásit polohu letadla v bodě FAF (Final Approach Fix) stanovišti

AFIS. Následně dispečer AFIS předá posádce informace o provozu a další dodatečné informace. Tento požadavek může být slučován s SR15.

Požadavek na integritu (IR) si lze představit jako situace, kdy identifikovaná příčina nesmí překročit uvedenou pravděpodobnost, která může vést k realizaci daného nebezpečí. Příkladem může být zmíněná příčina „C1A – V letecké informační příručce (AIP) je chybná informace související se segmentem nezdařeného přiblížení (nesprávná AIP MA) – chyba se vyskytla během návrhu trajektorie“, požadavek na integritu zní takto:

- IR3 – Pravděpodobnost, že během návrhu trajektorie segmentu nezdařeného přiblížení se vyskytne v letecké informační příručce (AIP) chybná informace, nesmí být vyšší než $1 * 10^{-5}$. Ostatní požadavky na integritu nebudou zmiňovány, jelikož jsou patrné z publikovaného schématu FTA pro OH8 na obrázku 27. Bezpečnostní cíl pro hodnocené nebezpečí splněn nebyl, i přesto, že bezpečnostní požadavky (SR) a požadavky na integritu (IR) jsou definovány. Nastává okamžik, kdy by měl být do studie zapojen bezpečnostní expert, který se pokusí o opětovné snižování pravděpodobností příčin a provedení citlivostní analýzy, díky které jsou identifikována místa se zásadním vlivem na neplnění bezpečnostních cílů. Je žádáno opětovně provést FTA novými hodnotami a dalšími získanými bezpečnostními požadavky a požadavky na integritu.

3.5.5 OHX1- IFR přílet do RMZ LKHK – konflikt s VFR provozem

Autorem navržené příčiny, které mohou vést k realizaci daného nebezpečí, jsou následující:

C1 – Nebyla včas rozpoznána ztráta laterálního nebo vertikálního vedení

C1A – Nebyla rozpoznána ztráta laterálního nebo vertikálního vedení

C1B – Nesprávně nastavená trajektorie přiblížení

C2 – Není včas detekována nesprávná informace o provozu v RMZ LKHK

C2A – Dispečer AFIS poskytne posádce nesprávný údaj o provozu v RMZ LKHK

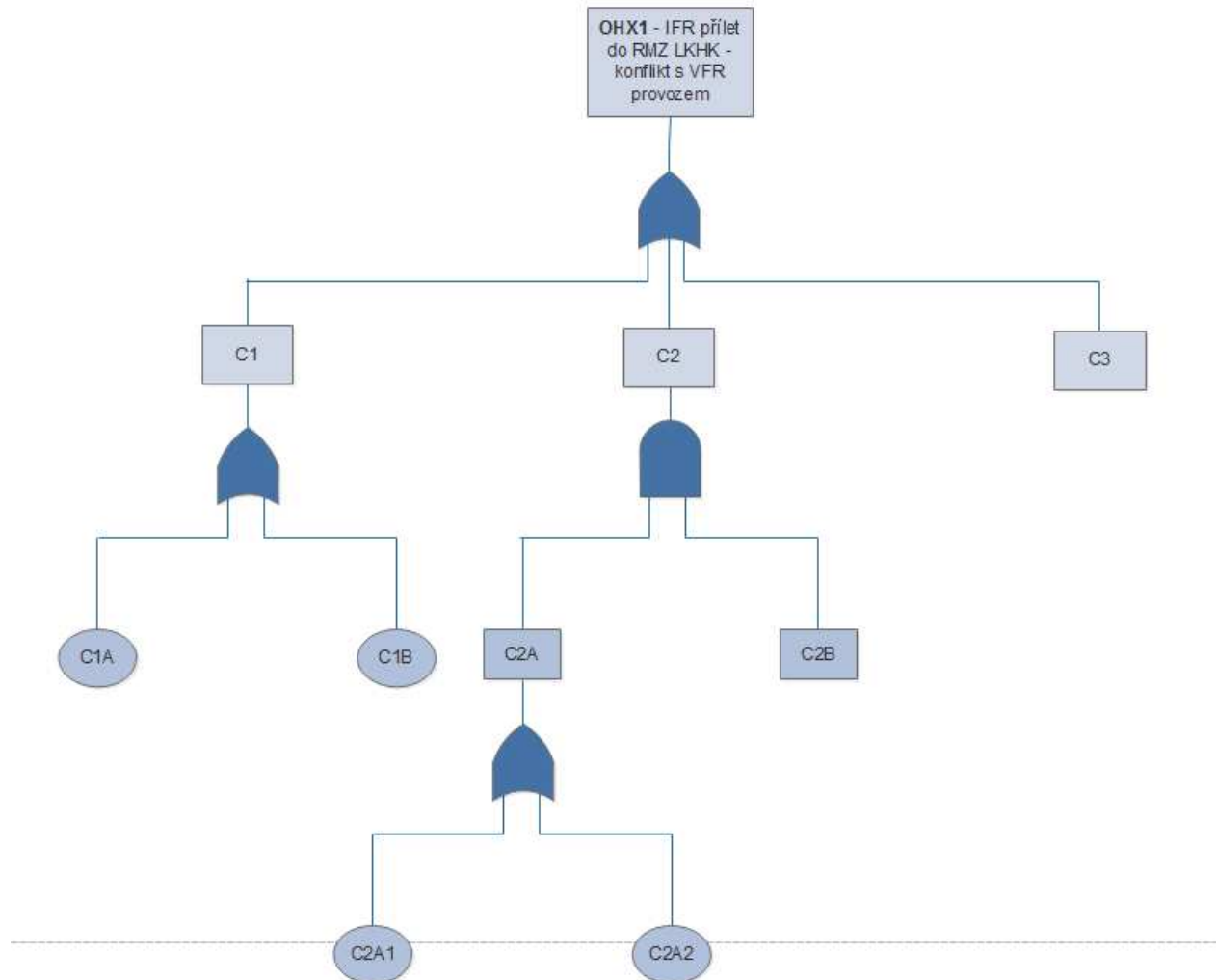
C2A1 – Jiný let v oblasti s povinným rádiovým spojením (RMZ) nedodržuje pravidla provozu v této oblasti – před vstupem do RMZ není provedeno počáteční volání na příslušném kmitočtu (druh letadla, polohu letadla, letový záměr atd.) – týká se převážně VFR letů

C2A2 – Dispečer AFIS špatně rozuměl informaci (poloha letadla, letový záměr atd.) od letadla přilétávajícího do oblasti RMZ

C2B – Pilot špatně rozumí informaci o okolním provozu letadel

C3 – IFR let po přelétnutí bodu přechodu (COP, Change-over point) – bod na severní hranici MTMA Pardubice, nepřechází z frekvence MAPP/MTWR na frekvenci AFIS LKHK 122,00, kde

obdrží informace o dráze v používání, meteorologických podmínkách (dohlednosti), QNH a provozu v RMZ.



Obrázek 28, Schéma kvalitatívni metody FTA pro nebezpečí OHX1 (vytvořeno autorem)

Pro nebezpečí „IFR přilet do RMZ LKHK – konflikt s VFR provozem“ je z předešlého kroku stanoven bezpečnostní cíl $SO_{srážkazaletu} = 1,24 * 10^{-5}$.

Tentokrát je metoda FTA provedena pouze kvalitatívne, nejsou přiřazeny pravděpodobnosti nastání výše zmíněných příčin. Porovnání bezpečnostního cíle s výslednou pravděpodobností nastání nebezpečí nelze v tomto případě provést.

Dodatečný bezpečnostní požadavek (SR) pro nebezpečí „IFR přilet do RMZ LKHK – konflikt s VFR provozem“ navržený autorem je tento:

- SR24 – Řídící MAPP po uplynutí doby 15 sekund od odhlášení pilota IFR letu

z frekvence MAPP/MTWR provede navázání kontaktu pro otestování, zda opravdu došlo k přeladění na frekvenci AFIS LKHK 122,00.

Již uvedené bezpečnostní požadavky související s navrženým nebezpečím „IFR přilet do RMZ LKHK – konflikt s VFR provozem“ jsou následující:

- SR4 – Letový postup má být zbaven konfliktních situací s odlétávajícím a přilétávajícím provozem okolních letišť.

- SR15 – Posádka letadla bude kontaktovat AFIS před proletěním FAF (Final Approach Fix) pro potvrzení, že QNH které bylo nastaveno na začátku postupu přiblížení je správné.

Nastává okamžik, kdy by měl být do studie zapojen bezpečnostní expert, který zhodnotí navržené nebezpečí OHX1 a s ním související příčiny. V případě rozhodnutí o uvedení daného nebezpečí na seznam potenciálních nebezpečí pro bezpečnostní studii LKHK, tak jsou po důkladné analýze přiřazeny vhodné pravděpodobnosti výše zmiňovaným příčinám a provedena kvantitativní metoda FTA.

3.6 Zjistit, zdali je možné dosáhnout SO a SR

Po vyžadované úpravě pravděpodobností nastání nebezpečí v předešlém kroku, provedením citlivostní analýzy a opětovné metody FTA za cílem splnění bezpečnostních cílů, je práce opět odevzdána do rukou pracovníků odpovědných orgánů, kteří rozhodnou o osudu navrhované změny nebo zaváděného systému. Jejich úkolem je prokázat, zda prvky systému splňují bezpečnostní požadavky (SR) a zavedený systém vyhovuje bezpečnostním cílům (SO). Následně má být proveden nezbytný postup zahrnující důkaz o bezpečnosti reálné verze systému i v provozu, podrobnější průběh je možno nalézt ve druhé kapitole bakalářské práce.

4 Důležitost studií bezpečnosti do budoucna

4.1 Požadavky na bezpečnost do budoucích let

Poptávka po letecké dopravě má v následujících letech trvale růst, předpokládá se, že v roce 2030 bude na pravidelných mezinárodních letech přepraveno zhruba 6 miliard cestujících. Pro srovnání v roce 2011 bylo přepraveno pouze 2,7 miliard cestujících. Počet letů v příštích dvaceti letech se má rovněž zdvojnásobit, ze stávajících 30 milionů na 60 milionů letů. Pro dosažení těchto hodnot je nutné klást větší důraz na zvyšování provozní bezpečnosti. [25]

Nařízení Evropské komise (ES) č.2096/2005 je důležitou vyhláškou stanovující společné požadavky pro poskytování letových navigačních služeb. „Udává poskytovatelům letových provozních služeb povinnost provádět rozpoznávání nebezpečí a posuzování a zmírňování rizik při jakékoliv změně funkčního systému ATM.“ [28]

Každý členský stát Mezinárodní organizace pro civilní letectví má za povinnost dle standardů a doporučených postupů ICAO vydat tzv. Státní program bezpečnosti (SSP, State Safety Programme). SSP představuje „jednotný a ucelený soubor předpisů, pravidel a činností sloužících k zvyšování úrovně bezpečnosti“. [26] Státní program bezpečnosti také hraje klíčovou roli v propojení prvků vnějších bezpečnostních procesů států a jednotlivých vnitřních bezpečnostních procesů v oblasti civilního letectví. SSP je potřeba průběžně aktualizovat v souladu s požadavky ICAO a Evropské agentury pro bezpečnost letectví (EASA).

Na jednotlivé prvky působící v letecké dopravě je potřeba vydat vlastní vnitřní systémy řízení bezpečnosti (SMS, Safety Management System). Tímto má být zajištěno, že subjekty působící v civilním letectví odpovídají za udržování bezpečného a efektivního provozu, výroby a údržby letadel, leteckého vybavení atd.

Opatřením bezpečnosti do budoucích let má být zavedení inovativního národního systému (informační a řídicí produkt a příslušné hodnoty), který umožní vyhodnocování účinnosti strategie v oblasti provozní bezpečnosti v České republice a její pravidelné aktualizování. „Navrhovaný systém přinášející nová řešení musí umožnit definování formálních postupů pro práci s bezpečnostními daty, vyšší efektivnost dozorových činností v oblasti bezpečnostní výkonnosti organizací působících v civilním letectví. Dosažený stupeň bezpečnosti bude měřitelný pomocí indikátorů bezpečnosti zaměřených na problémové oblasti provozu.“ [25] Toto zavedení národního systému aktuálně probíhá v první fázi a jeho plné uvedení je odhadováno na rok 2020.

4.1.1 Metodiky bezpečnosti do budoucna

V současné době je metodika SAM jako jedna z mála, která představuje ucelený přehled nutných kroků k vytvoření kompletní studie bezpečnosti. Organizace EUROCONTROL (tvůrce metodiky SAM) provedla úplný souhrn všech možných a potřebných informací pro zhodnocení bezpečnosti, které se staly podkladem již mnoha studií v oblasti letecké dopravy. Hlavní výhodou metodiky SAM se zdá být komplexní přehled nutných vstupů a přehledná struktura vytvořeného dokumentu. S postupem zavádění moderních systémů do letecké dopravy, se začínají pomalu objevovat slabiny SAM, které spočívají především v příliš velkém důrazu na kvantitativní hodnocení bezpečnosti a to i přes to, že kvantitativní hodnocení pro lidský faktor lze těžko provést. [26] Tímto může dojít k nepřesnostem ve výpočtech s dopadem na finální zhodnocení bezpečnosti zaváděného systému nebo jeho změny.

Organizace EASA ve spolupráci s FAST (Future Aviation Safety Team) vydala dokument „Methodology to Assess Future Risk“ [27] pro budoucí zhodnocení bezpečnosti. Tento dokument poskytuje praktické rady pro provádění studií bezpečnosti zaměřených na systémy s předpokládaným vývojem do budoucna a shromažďuje důležité odborníky stanovené informace. Součástí metodiky je již zmiňovaný dokument v bodě 2.3.3 bakalářské práce „FAA/EUROCONTROL R&D Committee Safety Action Plan (AP-15).“ [7] Jedná se o souhrn společných funkcí, úkolů a povinností organizací FAA a EUROCONTROL. Postup zhodnocení bezpečnosti lze dle zmíněného dokumentu provést v sedmi-fázovém procesu (se zpětnou vazbou jako potenciální osmý krok):

Fáze 1 : Rozsah zhodnocení

Fáze 2 : Popis operací a prvků systému

Fáze 3 : Identifikace nebezpečí

Fáze 4 : Určení možného rizika vedoucího k nebezpečí

Fáze 5 : Vyhodnocení rizika – určení pravděpodobností

Fáze 6 : Identifikace možného potenciálního opatření pro snížení rizika

Fáze 7 : Ověření skutečného rizika - „Je tolerovatelné?“

Fáze 8 : Zpětná vazba – odhalení nových rizik atd.

V dodatku 4 dokumentu [27] je publikována tabulka se seznamem nejpodstatnějších technik využívaných k posouzení bezpečnosti, které budou v budoucnu použity pro aplikaci systémů v ATM. K vybraným technikám (metodám) je křížkem zaznamenáno, které techniky mohou být použity ve výše zmiňovaných fázích. Bylo zjištěno, že některé z technik mohou být použity pro více než jednu fázi procesu pro úspěšné provedení zhodnocení bezpečnosti.

Do budoucna jsou vybrány tři nejpoužívanější dokumenty s vhodně vytvořeným seznamem technik pro zhodnocení nebezpečí:

- NLR Safety Assessment Methods Database
- FAA/EUROCONTROL AP-15 Safety Methods Toolbox [7]
- Guide to Methods & Tools for Airline Flight Safety Analysis [GAIN, 2003]

Nedostatky v současném přístupu k hodnocení bezpečnosti by mohly díky použití správně vybraných technik do budoucna poskytnout studii bezpečnosti bez jakýchkoliv slabin.

Závěr

Práce poukázala na nutnost provést bezpečnostní studii v ATM s použitím správných metod a předložila nemalé množství informací pro korektní provedení studie bezpečnosti. Cílem této bakalářské práce bylo sestavit zjednodušené kroky pro provedení zhodnocení bezpečnosti vycházející z metodiky SAM. Čtenář by měl být zároveň obeznámen o struktuře a úkonech jednotlivých fází metodiky SAM. Měl by mít představu o potřebě vstupů pro provedení metodiky SAM a sestavení jednotlivých diagramů (ETA a FTA) použitých pro stanovení bezpečnostních cílů (SO) a bezpečnostních požadavků (SR). Tento cíl byl splněn.

V práci mimo jiné bylo provedeno zhodnocení bezpečnosti pro zavedení přiblížení APV SBAS s minimy LPV na letišti Hradec Králové, s umožněním IFR provozu při využití stávajících služeb (AFIS). Lze třeba podotknout, že kapitola „Tvorba bezpečnosti na konkrétní případ“ nemá představovat podrobný zhodnocení návrhu konceptu provozu, je možno ji chápat spíše jako obecnou osnovu pro případné budoucí vytvoření bezpečnostní studie a pozdější implementaci systému. Součástí je taktéž stanovení hodnot OCH podle programu MET pro jednotlivé kategorie letadel a podrobnější zhodnocení předpokládaných minim pro výšku rozhodnutí (DH).

V současné době je vytvořena bezpečnostní studie, sepsán koncept provozu a zakresleny postupy přiblížení pro aktuálně běžící projekt „IFR letišti Hradec Králové s nepřesným přístrojovým přiblížením RNAV (GNSS)“. Projekt má za cíl implementovat nepřesné přístrojové přiblížení RNAV (GNSS) s uvažovanými minimy LNAV. Nyní je nezbytné vyčkat, zda letišti Hradec Králové bude certifikováno pro provoz IFR a zda subjekty související se zaváděním IFR provozu na LKHK jsou schopny přijmout rizika, která jsou na ně kladena. Příkladem těchto subjektů s potenciálními riziky podle mého uvážení mohou být následující:

- Řídicí MTMA Pardubice – přetížení
- Dispečer AFIS – přetížení, větší zodpovědnost a pravděpodobnost nastání stresových situací
- Pilot – posádka letadla bude závislá na přítomnosti dispečera AFIS, tzn. značné omezení provozní dobou letišti (např. posádka bude chtít použít LKHK jako záložní letišti pro IFR let, ale nebude moci v případě nepřítomnosti dispečera AFIS)

V případě překonání všech překážek pro zavedení IFR provozu na LKHK, bude letišti Hradec Králové ve své kategorii, kdy je nabízena služba AFIS, po schválení Úřadem pro civilní letectví jediné v republice, které umožňuje takové provozní postupy. Současné problémy při zavádění přístrojových sestupů na neřízená letišti v Evropě jsou způsobeny nesjednocenými legislativními

postupy. Až budou jasně stanoveny přesné požadavky, síť letišť umožňující přístrojové přiblížení v Evropě se daleko více zahustí.

Seznam použitých zdrojů

[1] *Doc 9750-AN/963: 2013–2028 Global Air Navigation Plan* [online]. ICAO, 2013 [cit. 2016-08-20]. Dostupné z: http://www.icao.int/publications/documents/9750_4ed_en.pdf

[2] Sychra, Stanislav. *Analýza řízení přiblížení a přistání letadel podle GNSS: diplomová práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojíního inženýrství, Letecký ústav, 2009.

[3] *EUROCONTROL Safety Regulatory Requirement (ESARR 4): RISK ASSESSMENT AND MITIGATION IN ATM* [online]. EUROCONTROL, 2001 [cit. 2016-08-20].

Dostupné z: <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/article/content/documents/single-sky/src/esarr4/esarr4-e1.0.pdf>

[4] Heinrich, H. W.: *Industrial accident prevention: a scientific approach*. McGraw-Hill. *Safer Complex Industrial Environments: A Human Factors Approach*. CRC Press. ISBN 1-4200-9248-0. [cit. 2016-08-20].

[5] International Civil Aviation Organization. *Safety management manual (SMM)* [online]. 3rd edition. Montreal, Quebec: International Civil Aviation Organization, 2013 [cit. 2016-08-20]. ISBN 978-92-9249-214-4. Dostupné z: <http://www.icao.int/safety/SafetyManagement/Documents/Doc.9859.3rd%20Edition.alltext.en.pdf>

[6] *From Safety-I to Safety-II: A White Paper* [online]. EUROCONTROL, 2013. [cit. 2016-08-20]. Dostupné na: <http://www.skybrary.aero/bookshelf/books/2437.pdf>

[7] *FAA/EUROCONTROL ATM Safety Techniques and Toolbox: Safety Action Plan-15* [online]. FAA/EUROCONTROL, 2007 [cit. 2016-08-20]. Dostupné z: http://www.eurocontrol.int/eec/gallery/content/public/documents/EEC_safety_documents/Safety_Techniques_and_Toolbox_2.0.pdf

[8] Štumper, Marek. *Studie bezpečnosti v letectví: diplomová práce*. Praha: ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, Ústav letecké dopravy, 2016

- [9] *Safety Assessment Methodology PART I: Functional Hazard Assessment* [online]. EUROCONTROL. [cit. 2016-08-20]. Dostupné z: <http://www.caa-ks.org/index.php/en/air-navigation-services/157-tp-13-sam-functional-hazard-identification>
- [10] Operational and Functional Model of LPV approaches in the ECAC Area. Edition 2.0. EUROCONTROL, 2007
- [11] Final Functional Hazard Assessment of LPV approaches in the ECAC Area. Edition 1.1. EUROCONTROL, 2007
- [12] CHURCH, Philip, Daniel KOMINAK a Steve LEIGHTON. *Mielec APV SBAS (LPV) approach safety assessment*. V0.66. HELIOS, 2010. P924D001
- [13] Preliminary System Safety Assessment of LPV approaches in the ECAC Area. Edition 3.0. EUROCONTROL, 2007
- [14] *Výroční zpráva 2015* [online]. Hradec Králové: Letecké služby Hradec Králové a.s., 2015 [cit. 2016-08-20]. Dostupné z: http://www.lshk.cz/public/Image/sekce-typ-240/vz_2015_fin_web.pdf
- [15] Horných, Petr. *Rozvoj letiště LKHK – zavedení – IFR provozu za podmínek RNAV*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Letecký ústav, 2009.
- [16] VFR příručka. *Letecká informační služba* [online]. Česká Republika: Řízení letového provozu, 2016 [cit. 2016-08-20]. Dostupné z: http://lis.rlp.cz/vfrmanual/actual/gen_1_cz.html
- [17] Letiště odbavilo přes 4 tis. cestujících. Chce více byznys letů. *HRADEC KRÁLOVÉ CITY* [online]. Hradec Králové, 2016 [cit. 2016-08-20]. Dostupné z: <http://www.hkcity.cz/2015/05/18/letiste-odbavilo-pres-4-tis-cestujicich-chce-vice-byznys-jetu/>
- [18] Předpisy: L 8168. *Letecká informační služba* [online]. Česká Republika: Řízení letového provozu, 2016 [cit. 2016-08-20]. Dostupné z: <http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>

[19] *Zpravodaj Řízení letového provozu České republiky, s.p.: Strip 2014* [online]. Praha: ŘLP ČR, s.p., 2014 [cit. 2016-08-20]. Dostupné z:

http://www.rlp.cz/KnihovnaMaterialu/STRIP/Zpravodaj%20Strip_%C3%BAor%202014.pdf

[20] *Letecká informační služba* [online]. Řízení letového provozu, 2016 [cit. 2016-08-20].

Dostupné z: http://lis.rlp.cz/info/ANC_ICAO_2011.pdf

[21] *Letecká informační příručka. Letecká informační služba* [online]. Česká Republika: Řízení letového provozu, 2016 [cit. 2016-08-20]. Dostupné z:

http://lis.rlp.cz/ais_data/www_main_control/frm_cz_aip.htm.

[22] *VEŘEJNÁ VYHLÁŠKA: Návrh opatření obecné povahy*. In: . Praha: Úřad pro civilního letectví, 2015, ročník 5695-15-701, ODO/62-2015 ASM-OOP-8. Dostupné také z:

<http://www.caa.cz/folder/405/>

[23] *AMC 20-28 Effective: 24/09/2012* [online]. EASA, 2012 [cit. 2016-08-20]. Dostupné z:

<https://www.easa.europa.eu/system/files/dfu/Annex%20II%20-%20AMC%2020-28.pdf>

[24] *Předpisy: L 13. Letecká informační služba* [online]. Česká Republika: Řízení letového provozu, 2016 [cit. 2016-08-20]. Dostupné z: <http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>

[25] *Koncepce letecké dopravy pro období 2015-2020. Ministerstvo dopravy* [online]. Praha [cit. 2016-08-20]. Dostupné z: <http://www.mdcz.cz/NR/rdoonlyres/B42FF1D9-2247-4A82-A993-348EB05E1E01/0/Material.pdf>

[26] *Státní program bezpečnosti ČR (State safety programme (SSP)). Úřad pro civilní letectví* [online]. Praha, 2013 [cit. 2016-08-20]. Dostupné z: <http://www.caa.cz/file/8948/>

[27] *Methodology to Assess Future Risks* [online]. EME1.1 Project Team: M. Masson and Y. Morier, EASA, and the FAST, 2012 [cit. 2016-08-20]. Dostupné z:

<https://www.easa.europa.eu/system/files/dfu/sms-docs-EASp-EME1.1-Methodology-to-Assess-Future-Risks---11-Dec-2012.pdf>

[28] *Úřední věstník Evropské unie: NAŘÍZENÍ KOMISE (ES) č. 2096/2005*. In: Evropská komise, 2005, L 335/13. Dostupné také z: http://www.mdcr.cz/NR/rdonlyres/713F275D-553B-403A-A3BD-237F9F68E123/0/narizeni_2096_2005CS.pdf

[29] GPS Visualizer's coordinate calculators & distance tools. *GPSVisualizer* [online]. Adam Schneider, 2003 [cit. 2016-08-20]. Dostupné z: <http://www.gpsvisualizer.com/calculators>

[30] Krch, Miloslav. *Porovnání zavádění SBAS sestupů na neřízených letištích mezi USA a Evropou: diplomová práce*. Praha: ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, Ústav letecké dopravy, 2015

Seznam obrázků, tabulek a příloh

Seznam obrázků

- Obrázek 1, GANP Čtvrté vydání Metodiky Block Upgrade leteckého systému [1]
- Obrázek 2, Schéma klasifikace závažnosti podle ESARR 4 [3]
- Obrázek 3 – Heinrichův poměr (upraveno autorem) [5]
- Obrázek 4, Vztah mezi posuzováním bezpečnosti systému a průběhem celkového životního cyklu systému (vytvořeno autorem)
- Obrázek 5, Schéma průběhu FHA (vytvořeno autorem)
- Obrázek 6, Schéma průběhu PSSA (vytvořeno autorem)
- Obrázek 7, Schéma průběhu SSA (vytvořeno autorem)
- Obrázek 8, Porovnání letových pohybů 2008-2015 [14]
- Obrázek 9, ICAO mapa prostorů nad ČR – okolí Hradce Králové [20]
- Obrázek 10, Prostory s povinným radarovým spojením RMZ I LKHK a RMZ II LKHK [22]
- Obrázek 11, Traťová mapa – spodní vzdušný prostor, Východní Čechy [21]
- Obrázek 12, Minima pro RNP APCH přiblížení [19]
- Obrázek 13, Grafický výstup z analýzy MET – plán
- Obrázek 14, Grafický výstup z analýzy MET – profil
- Obrázek 15, Překážky zasahující do soustavy rovin OAS pro přiblížení APV SBAS s minimy LPV
- Obrázek 16, Schéma metody ETA pro nebezpečí OH3 (vytvořeno autorem)
- Obrázek 17, Schéma metody ETA pro nebezpečí OH4 (vytvořeno autorem)
- Obrázek 18, Schéma metody ETA pro nebezpečí OH6 (vytvořeno autorem)
- Obrázek 19, Schéma metody ETA pro nebezpečí OH7 (vytvořeno autorem)
- Obrázek 20, Schéma metody ETA pro nebezpečí OH8 – CFIT (vytvořeno autorem)
- Obrázek 21, Schéma metody ETA pro nebezpečí OH8 – srážka za letu (vytvořeno autorem)
- Obrázek 22, Schéma metody ETA pro nebezpečí OHX1 (vytvořeno autorem)
- Obrázek 23, Schéma metody FTA pro nebezpečí OH3 (vytvořeno autorem)
- Obrázek 24, Schéma metody FTA pro nebezpečí OH4 (vytvořeno autorem)
- Obrázek 25, Schéma metody FTA pro nebezpečí OH6 (vytvořeno autorem)
- Obrázek 26, Schéma metody FTA pro nebezpečí OH7 (vytvořeno autorem)
- Obrázek 27, Schéma metody FTA pro nebezpečí OH8 (vytvořeno autorem)
- Obrázek 28, Schéma kvalitativní metody FTA pro nebezpečí OHX1 (vytvořeno autorem)

Seznam tabulek

Tabulka 1, Seznam hodnocených provozních nebezpečí (OH, Operational Hazard), (upraveno autorem) [12]

Tabulka 2, Seznam hodnocených nebezpečí (upraveno autorem) [9]

Tabulka 3, Kvalitativní klasifikační schéma bezpečnostních cílů (SOCS) [9]

Tabulka 4, Kvantitativní klasifikační schéma bezpečnostních cílů (SOCS), (upraveno autorem) [9]

Tabulka 5, Seznam hodnocených nebezpečí včetně nového identifikovaného nebezpečí OHX1 (vytvořeno autorem)

Přílohy

Příloha 1, Kalkulátor GPSVisualizer [29]

Příloha 2, Mapa přiblížení RNAV (GNSS) s publikovanými minimy LPV (upraveno autorem)

Příloha 3, Potenciální bariéry („Mitigation“) s hodnotami pravděpodobnosti jejich selhání [10]

Přílohy

Příloha 1, Kalkulátor GPSVisualizer [29]

GPS Visualizer's coordinate calculators & distance tools

This page is designed to help you calculate answers to some common geographic questions and draw maps from simple coordinates. If you have any problems or get unexpected results, please let me know!

- [Coordinate Converter \(Lat, Long, DMS\)](#)
- [Draw a direct route between two airports, or multiple airport pairs](#)
- [Calculate the great circle distance between two points](#)
- [Calculate the great circle distance between two addresses](#)

Coordinate Converter

This form will try to read whatever you enter and convert it to three formats: decimal degrees, degrees-minutes, and degrees-minutes-seconds.

Input: Degrees Deg° Min' Sec°

Convert-> use spaces

Copy coordinates to distance form point 1; distance form point 2;
Copy map format distance bearing form

Calculate the great circle distance between two points

This calculator will find the distance between two pairs of coordinates to a very high degree of precision (using the thoroughly nasty Vincenty Formula, which accounts for the flattened shape of the earth). The "Draw map" button will show you the two points on a map and draw the great circle route between them.

Lat. 1, Lon. 1	<input type="text" value="50.242476, 15.852325"/>	Distance->	<input type="text" value="932 m"/>	map format:	<input type="text" value="Google Maps"/>	<input type="button" value="Draw map"/> <input type="button" value="Draw profile"/>
			<input type="text" value="0.579 mi"/>		<input type="text" value="319.248°"/>	
Lat. 2, Lon. 2	<input type="text" value="50.24981921, 15.84377908"/>		<input type="text" value="0.503 NM"/>		<input type="text" value="initial bearing"/>	<input type="button" value="Show coordinates"/>
					<input type="text" value="azimuthal"/>	<input type="text" value="units: km"/>

Calculate the distance between two addresses

This calculator will find the straight-line (great circle) distance between two locations of any kind: street addresses, city names, ZIP codes, etc. (The coordinates of the locations are provided by the Google Geocoding API.) **NOTE:** If you just need the coordinates of an address, use the geocoding utilities.

Location 1	<input type="text"/>	Distance->	<input type="text"/>	map format:	<input type="text" value="Google Maps"/>	<input type="button" value="Draw map"/> <input type="button" value="Draw profile"/>
			<input type="text"/>		<input type="text" value="initial bearing"/>	<input type="button" value="Show coordinates"/>
Location 2	<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text" value="azimuthal"/>	<input type="text" value="units: km"/>

Draw a direct route between airports

This form will simply show you two airports -- represented by a 3-letter IATA code or 4-letter ICAO code -- on a map, along with a line representing the shortest route between them (and the distance, of course).

Airport 1: Airport 2: map format:

Draw routes between multiple airports

In the form below, you can enter a list of routes (airport pairs) separated by commas to see all of them, and their distances, on a single map. For example: PDX-ISP, BOS-ITL, ATL-DBL, DBL-PHX

Airport pairs: map format:

interval markers: units:

Draw range rings around a point

This "circle generator" will plot a point on a map -- given a set of coordinates or other location (an airport code, postal code, city/state pair, or coordinate pair) -- and draw a circle, or circles, around that point. To create multiple rings, separate the values in the "radius" box with commas: e.g., "10mi,50mi,100mi.". (If you need to create rings around multiple points simultaneously, you can submit data to the normal map form with a "circle_radius" field added; see the page on [triangulation and range rings](#) for more info.)

Lat., Lon.: or Location: Radius:

Mapový podklad 2D [29]

GPS Visualizer

- MAKE A MAP
 - Google Maps
 - Google Earth
 - JPC/PNC/SVC
- MAKE A PROFILE
 - CONVERT A FILE
 - Draw on a map
 - Calculators
- Geocode addresses
 - Look up elevations
 - Atlas: Share a map
 - GPSTabel
- Examples
 - Help/FAQ
 - About GPSV

facebook Like

START DOWNLOAD

3 steps to Fast Maps & Directions

1. Click Start Download
2. Free Access - No Sign up!
3. Get Free Directions & Maps

onlinemapfinder

START DOWNLOAD

3 steps to Fast Maps & Directions

1. Click Start Download
2. Free Access - No Sign up!
3. Get Free Directions & Maps

onlinemapfinder

Google Maps output

Your GPS data has been processed. Your Google Map should be displayed below, and it's also temporarily available to view or download from GPSVisualizer.com Map to your Web site, the HTML source of the map must be modified; the [GPS Visualizer FAQ](#) contains instructions on how to do so.

SAVE THIS TRIP, add photos, & share with others @ EveryTrail.com

Google hybrid

Tracks: -4.6001 km

Center of map: 50.2294,15.8286

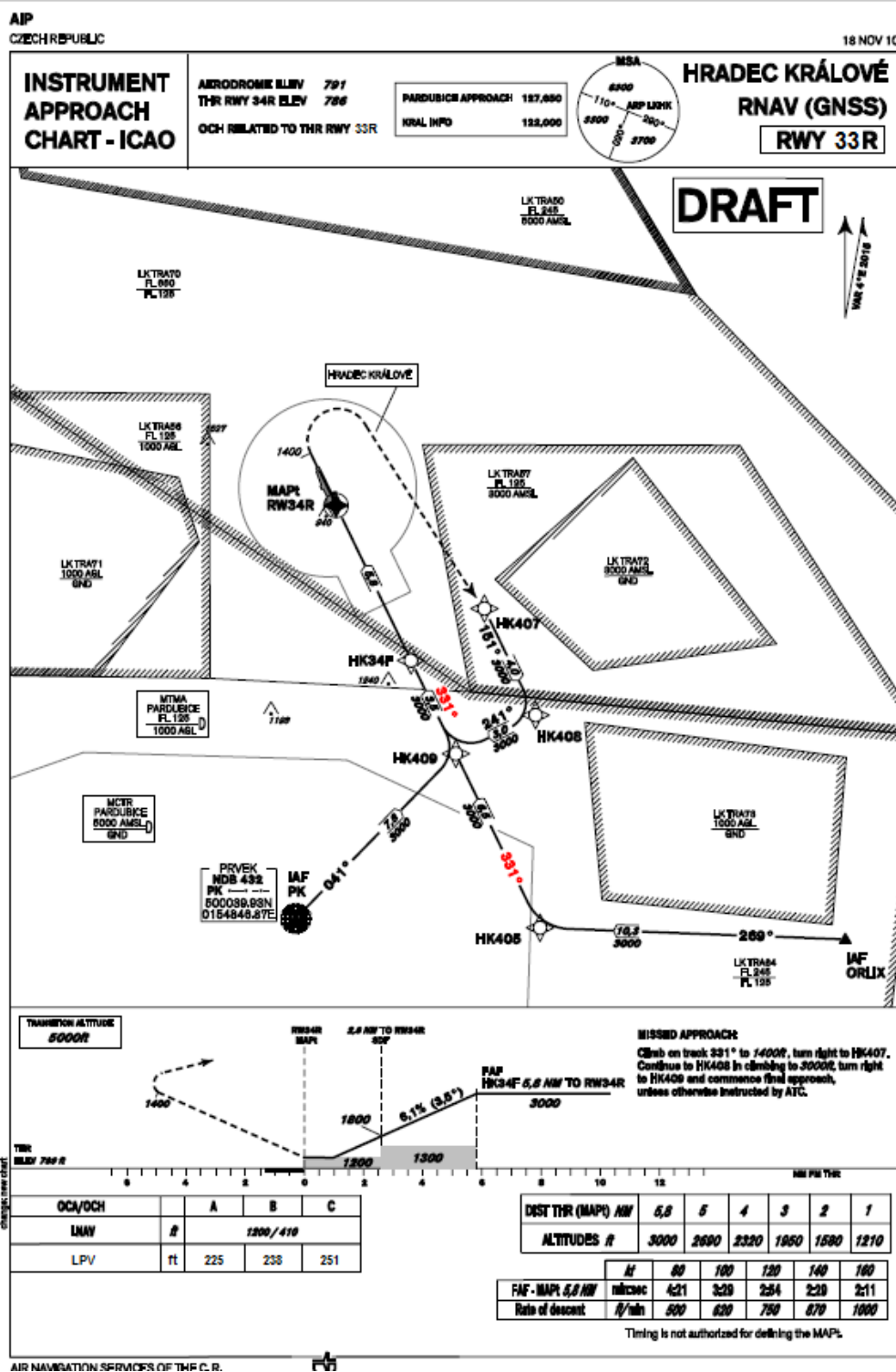
Return to the GPSV map form
(Bookmark this link to save settings)

Donate

Help keep GPS Visualizer free

If you find GPS Visualizer interesting, time-saving, or just plain fun, you can say "thanks" -- and encourage further development -- by clicking the button above and making a contribution via PayPal. Or, check out GPS Visualizer's Amazon.com wish list.

Příloha 2, Mapa přiblížení RNAV (GNSS) s publikovanými minimy LPV (upraveno autorem)



Příloha 3, Potenciální bariéry („Mitigation“) s hodnotami pravděpodobnosti jejich selhání [10]

ID	Mitigation	Description	Max probability of failure
M1	Deviation is not towards obstacle	<p>Aircraft can wrongly fly at a lower altitude than the approach procedure minima or can deviate from the approach path or MA procedure path. Thus the aircraft is in a risk of CFIT. The mitigation of this risk is that there is no obstacle in that area and the approach/manoeuvre/MA can be finished safely. In the generic safety case, EUROCONTROL proposed value 0.5.</p> <p>The value for Mielec was set to 0.05, based on recommendations by EUROCONTROL and Royal Star and given that Mielec is not located in a mountainous area. In addition, the approach path is relatively obstacle free.</p>	0.05
M2	Deviation is not towards another aircraft	<p>Aircraft can wrongly deviate from the approach path or MA procedure path. Thus the aircraft is in a risk of mid air collision. The mitigation of this risk is that there is not any traffic in the vicinity of the aircraft on approach, hence the deviation is not towards another aircraft. In the generic case, EUROCONTROL used value 0.05. Mielec-specific value is consistent with this.</p> <p>Probability of deviation towards another aircraft depends on multiple parameters (e.g. airport & runways configuration, departure routes structure, etc). Although it could be fairly assumed that the probability of having two aircraft in the same airspace with conflicting trajectories is much lower than the probability to converge to obstacles, the proposed value for flying towards an aircraft is $Q = 0.05$.</p> <p>Considering that in non-radar environment, procedural control enlarges separation margins between aircraft, the proposed value is rather conservative. In each case, this mitigation may be reviewed by PANSAs and/or Aerodrome Operator in future.</p>	0.05

ID	Mitigation	Description	Max probability of failure
M3	Missed Approach (MA) timely initiated and correctly executed	<p>The aircraft may deviate from the final approach path (vertically or laterally), air crew may detect some FAS errors or can fail to establish visual contact with the RWY above DA, and thus will initiate MA to avoid CFIT or landing accident. EURCONTROL used probability value of 0.5 in the generic safety case.</p> <p>Successful initiation of MA requires timely and correct actions which in certain cases can be difficult and the crew may fail to do that. However, this is more difficult for larger aircraft with jet engines than for light aeroplanes with piston engines. Considering that most of the traffic comprises light aeroplanes, it was decided to lower the value from the original 0.5 to 0.2. After careful consideration, this was agreed by PANSAs and Royal Star.</p>	0.2
M4	Approach is stabilising	<p>Air crew can fail to laterally intercept the final approach path or aircraft can be too high before FAWP. In such situation, air crew can decide to intercept the final approach path from above, in violation of the normal procedure. On deciding to capture the glide slope from above, the flight crew have some confidence on succeeding. However, this manoeuvre involves certain risk that the crew will not be able to stabilise the aircraft path. The mitigation is that crew is able to stabilise the aircraft (intercept the final approach path, decelerate to extend flaps and landing gear) on time and land safely. EUROCONTROL's probability of failure of this mitigation is 0.1. The value for Mielec is consistent with it.</p>	0.1
M5	Aircraft is in right position for landing	<p>Crew may decide to descend below DA without visual. This involves a risk of CFIT. However, if aircraft manages to descend safely to an altitude where visual contact is established, it can be in right position for landing. EUROCONTROL's probability of failure for this mitigation is 0.5. The value for Mielec is consistent with it. Value for this mitigation reflects the degree of information available by this time. According to EUROCONTROL, when further information is collected, this figure might evolve.</p>	0.5
M6	Recovery with visual cues	<p>Proximity to terrain, obstacle or another aircraft can be recovered by the flight crew via visual cues by launching a MA or avoidance manoeuvre. The effectiveness of this mitigation depends on the number of factors, such as weather, day/night, airport lighting, surrounding vicinity lighting, etc. For this reason the probability of failure has to be rather conservative and is consistent with EUROCONTROL's assumption in the generic safety case.</p>	0.5

ID	Mitigation	Description	Max probability of failure
M7	Recovery with visual cues - specific to missed approach (H8)	<p>Proximity to terrain, obstacle or another aircraft can be recovered by the flight crew via visual cues by launching a MA or avoidance manoeuvre and is assumed to be 0.5 for M6 when the aircraft is on final approach path.</p> <p>Note that M7 mitigation during MA is considered five times more efficient than on final approach path. On final approach, guidance is very accurate and has a high integrity. One can assume that the crew will trust this and therefore will less monitor the final path itself. During missed approach, the crew is aware of the route to fly, and of the fact that precision is lower than on final approach. Also, as the route is not converging towards a known point, the crew will be more involved in the navigation process than it was during final approach. Therefore, fail of recovery via on-board detection of incorrect MA path execution is assumed 0.1 and is consistent with EUROCONTROL's probability of failure.</p>	0.1
M8	Recovery via aircrew detection onboard	<p>Recovery via aircrew detection onboard mitigates risk resulting from deviating from the correct final approach path or MA path.</p> <p>Some deviations are noticeable (e.g. magnetic heading differs from what is expected, too high or too low vertical speed, abnormal engine thrust settings, sudden deviation due to some discontinuity), other cannot be determined, especially deviations at the end of the FAS are the most dangerous.</p> <p>Aircrew might detect discrepancies with respect to chart by monitoring the distance to threshold (displayed to pilots) which allows them to roughly estimate if current height is right (about 300 ft resolution) compared to altitudes on the charts.</p> <p>With regard to these various means a rough probability of 0.5 for recovery via aircrew detection was defined. This is in line with EUROCONTROL's probability of failure.</p>	0.5

Table F-7: List of mitigations