ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Petr Kot

Organizace letového provozu v oblasti východní Afriky

Bakalářská práce

2019

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

K621 .....**Ústav letecké dopravy**

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Petr Kot

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – PIL – Profesionální pilot

Název tématu (česky): **Organizace letového provozu v oblasti východní Afriky**

Název tématu (anglicky): Organisation of Air Traffic in East Africa

Zásady pro vypracování

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

- Analýza problémů způsobujících snižování bezpečnostních standartů v oblasti východní Afriky.
- Možnost využití procedurálního řízení letového provozu.
- Možnost zvýšení radarového pokrytí nad východní Afrikou.
- Zavedení povinného CPDLC ve východní Africe
- Zhodnocení a návrh nejlepšího řešení pro zvýšení bezpečnosti ve východní Africe.

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: Jeppesen Africa, enroute section

L4444, uspořádání letového provozu

North atlantic operations and airspace manual

Vedoucí BAKALÁŘSKÉ práce: **Dr. Ing. Milan Kameník, Ph.D.**

Datum zadání BAKALÁŘSKÉ práce: **19. října 2018**
(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: **26. SRPNA 2019**

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

L. S.

DOC. ING. JAKUB KRAUS, PH.D.
vedoucí
Ústavu letecké dopravy

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

Potvrzuji převzetí zadání BAKALÁŘSKÉ práce.

Petr Kot
jméno a podpis studenta

V Praze dne.....19. října 2018

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této práce. Zvláště pak děkuji panu Dr. Ing. Milanu Kameníkovi, za odborný dohled, důkladné vedení a konzultování bakalářské práce a za rady, které mi poskytoval po celou dobu mého studia. V neposlední řadě je také mou povinností poděkovat svým rodičům, blízkým a přátelům za morální a materiální podporu, které se mi dostávalo po celou dobu studia.

Prohlášení

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

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

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

V Praze dne 23. srpna. 2019 ……

podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

Organizace letového provozu v oblasti východní Afriky

Bakalářská práce

srpen 2019

Petr Kot

ABSTRAKT

Předmětem bakalářské práce „Organizace letového provozu v oblasti východní Afriky“ je analýza současného stavu v oblasti provozu, kde se uplatňují IATA Inflight broadcast procedures a uvedení rizik spojených s jejich použitím. Součástí práce je rovněž provedení analýzy možných způsobů řešení zajišťujících zvýšení bezpečnosti letecké dopravy v dané oblasti. Výsledkem provedených analýz je návrh nejvhodnějšího opatření pro ochranu vybraného vzdušného prostoru před přítomnými bezpečnostními riziky.

KLÍČOVÁ SLOVA

IATA Inflight Broadcast Procedures, východní Afrika, ADS, sekundární radar, datalink

CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

Faculty of transportation sciences

Organization of Air Traffic in East Africa

Bachelor thesis

August 2019

Petr Kot

ABSTRACT

The aim of the bachelor thesis " Organization of Air Traffic in East Africa" is the analysis of the present situation and threats in the airspace where IATA Inflight Broadcast Procedures are maintained. Another aim of the thesis is an analysis of possible ways of solutions of increasing safety in air transportation in the area. As the result of the carried out analysis, is a proposal of the most appropriate solution to protect the selected area from all the safety threats.

KEYWORDS

IATA Inflight Broadcast Procedures, East Africa, ADS, secondary surveillance radar, datalink

Obsah

1 Úvod 10
2 Nutnost využití IFBP v oblasti Afriky 11
2.1 IATA Inflight Broadcast Procedure 11
3 Procedurální řízení letecké dopravy 15
3.1 Vertikální separace 15
3.2 Laterální separace 16
3.2.1Laterální separace na paralelních neprotínajících se tratích 16
3.2.2 Laterální separace na protínajících se tratích 17
3.3 Podélné separace 18
3.3.1Podélné separace založené na čase 19
3.3.2 Podélné separace založené na vzdálenosti za použití DME a/nebo GNSS 21
3.3.3 Podélné separace s využitím Machova čísla 24
3.3.4 Podélné separace založené na vzdálenosti za využití RNAV a specifikované RNP 26
3.3.5 Podélné separace založené na vzdálenosti s použitím RNP RNAV bez použití ADS-C 26
3.3.6 Podélná separační minima založená na měření vzdálenosti za použití ADS-B in trial procedure 27
3.3.7 Podélná separační minima založená na měření vzdálenosti za použití ADS-C climb and descent procedure 30
3.3.8 Podélné separační minima založená na výkonnosti 30
4 Možnost využití sekundárního přehledového radaru 33
4.1 Princip fungování sekundárního radaru 33
4.1 Konkrétní radarové systémy 35
4.1.1 MSSR M10SR 35
4.1.2 MSSR RS-71S 36
4.1.3 MSSR 1 36
5 Využití CPDLC, ADS-B a ADS-C 38
5.1 Služby CPDLC 38
5.2 Kompozice CPDLC zprávy 39
5.3 Automatic dependant surveillance (ADS) 40
5.3.1 ADS-Contract 40
5.3.2 ADS- Broadcast 41
6 Možnost využití sekundárního radaru v praxi 43
7 Využití systémů CPDLC a ADS v praxi 46

8 Využití procedurální navigace v praxi 49
9 Závěr 50
10 Použité zdroje 51
11 Seznam obrázků 53
12 Seznam tabulek 55

Seznam použitých zkratek

AA	Adresa letadla	Aircraft address
ACAS	Palubní protisrážkový systém	Airborne collision avoidance system
ACL	ATC služby povolení	ATC Clearances Service
ACM	ATC komunikační služba	ATC Communications Management Service
AMC	ATC služba kontroly mikrofonu	ATC Microphone Check Service
ADS-B	Automatický závislý přehledový systém - vysílání	Automatic dependent surveillance – broadcast
ADS-C	Automatický závislý přehledový systém - kontrakt	Automatic dependent surveillance – contract
AIP	Letecká informační příručka	Aeronautical information publication
ATC	Řízení letového provozu	Řízení letového provozu
ATN	Letecká telekomunikační síť	Aeronautical telecommunication network
ATS	Letové provozní služby	Air traffic services
CA	Způsobilost pole	Capability field
CPDLC	Komunikace datovým spojem mezi řídícím a pilotem	Controller-pilot data link communication
DCL	Odletové povolení	Deparature clearance
DF	Formát downlinku	Downlink format
DLIC	Úvodní způsobilost datalinku	Data Link Initiation Capability
DME	Měřič vzdálenosti	Distance measuring equipment
DOC	Dokument	Document
DSC	Služba pro obdržení povolení za letu	Downstream Clearance Service
EASA	Evropská agentura pro bezpečnost v letectví	European Aviation Safety Agency
ES	Rozšířený dotazovací signál	Extended Squitter
FAA	Federální letecká správa	Federal Aviation Administration
FIR	Letová informační oblast	Flight information region
FL	Letová hladina	Flight level

FT	Stopa	Feet
GNSS	Globální navigační satelitní systém	Global navigation satelite system
HF	Krátké vlny	High frequency
HPA	Hektopaskal	Hectopascal
IACA	Mezinárodní asociace leteckých dopravců	International Air Carrier Association
IAOPA	Mezinárodní koncil vlastníků letadel a pilotních asociací	The International Council of Aircraft Owner and Pilot Associations
IATA	Mezinárodní asociace leteckých dopravců	International Air Transport Association
ICAO	Mezinárodní organizace pro civilní letectví	International Civil Aviation Organization
IFBP	Postupy vysílání za letu	Inflight Broadcast Procedures
ITP	Postupy pro stoupání/klesání	In trial procedures
KM/H	Kilometry za hodinu	Kilometers per hour
KT	Uzly;	Knots
ME	Zpráva	Message
MHZ	Megahertz	Megahertz
MSSR	Monopulsní sekundární přehledový radar	Monopulse secondary surveillance radar
NM	Námořní míle	Nautical mile
PANS OPS	Postupy pro navigační služby – provoz letadel	Procedures for Air Navigation Services – Aircraft Operations
PI	Parita/identita	Parity/identify
RA	Rada k vyhnutí	Resolution advisory
RCP	Požadovaná komunikační výkonnost	Required communication performance
RNAV	Prostorová navigace	Area navigation
RNP	Požadovaná navigační výkonnost	Required navigation performance
RSP	Požadovaná přehledová výkonnost	Required surveillance performance

RVSM	Snížené minimum vertikálního rozestupu	Reduced vertical separation minimum
SARP	Standardy a doporučené postupy	Standards and Recommended Practices
SLOP	Postupy letu vedle trati	Strategic lateral offset procedure
SPI	Speciální polohový identifikační impuls	Special position indicator
TA	Provozní doporučení	Traffic advisory
TCAS	Provozní výstražný protisrážkový systém	Traffic alert & collision avoidance system
UAT	Vysílač/ přijímač s univerzálním přístupem	Universal Access Transceiver
VHF	Velmi krátké vlny	Very high frequency
VOR	VKV všesměrový radiomaják	VHF omnidirectional radio range

1 Úvod

Afrika je kontinentem s obrovským potenciálem ohledně rozvoje letecké dopravy. Je o ni zájem ze strany turistů mířících za exotikou, ale i obchodníků hledajících v Africe nové obchodní příležitosti. Dlouhodobě existuje poptávka po letech do měst v Jihoafrické republice, Keni, Tanzanii nebo Etiopii, ke kterým se v posledních letech přidává zájem o nové destinace jako například Namibie, Botswana nebo Zimbabwe se Zambií. Tohoto zvýšeného zájmu cestovatelů a obchodníků si rychle všimly aerolinie, především z Evropy a Blízkého východu, které přidávají nové a nové destinace do svých letových řádů. Ve zkratce si můžeme zmínit evropské dopravce Turkish Airlines létající z jejich báze v Istanbulu do 37 afrických destinací (květen 2017) a již oznámenou novou linku na Komorské ostrovy startující 16. 6. 2018 nebo Brussels Airlines spojující Brusel s 32 letišti v Africe (květen 2017). Z Blízkého východu zmíním společnost Emirates spojující Dubaj s 22 městy Afriky. Největší podíl na africkém trhu mají samozřejmě africké společnosti, kde mezi největší a nejvýznamnější patří South African Airways spojující Jihoafrickou republiku s více než 40 destinacemi v Africe, Evropě, Asii, Americe i Austrálii a Ethiopian Airlines s 96 destinacemi spojenými s letištěm v Addis Abebě. [1]

Lety těchto zmíněných společností jsou jen střípkem toho, kolik je v Africe uskutečněno denně letů. S ohledem na počet objednávek většiny společností (Ethiopian 30*boxing 737 MAX, 17*A350-900; Turkish 92*A321 neo, 25*A350-900,25*boeing 78; Emirates 162*boxing 777, 60*A380), lze očekávat v následujících letech další, mnohem větší navyšování provozu. [2]

Z tohoto důvodu je zapotřebí zvýšit bezpečnost afrického nebe na úroveň standardů evropské společnosti EASA, aby v budoucnu při hustotě provozu srovnatelné s Evropou bylo možno zajistit vysoké bezpečnostní standardy. V současné době se v Africe používá ve většině států procedurální řízení letového provozu s absencí sekundárního přehledového radaru. V těchto oblastech je navíc provoz řízen nedostatečně vyškolenými řídícími. V důsledku toho jsme mohli v Africe za posledních pár let zaznamenat na světové poměry veliký počet srážek letounů za letu. Ze všech těchto důvodů nepovažuje Mezinárodní organizace pro civilní letectví velkou část afrického území za bezpečnou, a tudíž vydala pro posádky dokument nazvaný IATA Inflight Broadcast Procedure. Tento dokument popisuje postupy udržující letadla navzájem v kontaktu nad nespolehlivými oblastmi a ukládá jim povinnost vysílat svoji polohu, výšku a další informace naslepo v předem stanovených časových intervalech. Ve své práci se zaměřím na tento dokument, jeho nedostatky a následné řešení problémů s nedostatečným zabezpečením afrického vzdušného prostoru. Navrhnu a nastíním možná řešení této neuspokojivé situace. [3]

2 Nutnost využití IFBP v oblasti Afriky

Nejprve je potřeba se zamyslet, jaká jsou v Africe bezpečnostní rizika a proč se vlastně postupy vydané společností IATA aplikují. Pro odpovědi jsem se vydal do společnosti Travel Service, kde jsem měl možnost nahlédnout do traťové publikace od firmy Jeppeson týkající se právě oblasti Afriky. Jako hlavní hrozby vedoucí k vydání Inflight Broadcast Procedures jsem v dokumentaci shledal následující:

- absenci sekundárního radaru
- procedurální řízení vzdušného
- výpadky VHF komunikačních kanálů, které musí být v některých místech doplněny měně spolehlivou HF komunikací

Všechny tyto body jsou ještě podpořeny výpověďmi pilotů týkající si neadekvátního výcviku řídících letového provozu, mezi což se dá jednoznačně zahrnout i špatná znalost anglického jazyka, která je pro civilní letectví všude na světě nezbytná. Z důvodu všech těchto okolností se v dnešní době v oblasti východní Afriky musí aplikovat takzvaná IATA Inflight Broadcast procedure. [4]

2.1 IATA Inflight Broadcast Procedure

Všechny posádky by měli udržovat poslech určené frekvence 126,9MHz, která musí být naladěna minimálně 10 minut před vstupem do určeného vzdušného prostoru. Pro posádky odlétající z letiště oblasti daného vzdušného prostoru se ukládá povinnost naladit příslušnou frekvenci co nejdříve po startu.

Vysílání by mělo být zřetelné a v angličtině:

a) 10 minut před vstupem nebo křížením FIR uvnitř IFBP oblasti
b) pro ploty startující z letiště uvnitř IFBP oblasti co nejdříve to bude možné
c) 10 před křižováním nebo nalétnutí letové trasy, hlásit křižovanou letovou trasu nebo bod. Ve snaze snížit zahlcení IFBP frekvence, piloti mohou uvážit vynechání zpráv opakujícího se charakteru
d) v ne menší než 20 minutových intervalech
e) před změnou letové hladiny
f) v jakémkoliv jiném případě, kdy pilot usoudí, že je to nezbytné

Vysílaná zpráva by měla mít následující strukturu:

- ‘ALL STATIONS’
- ‘THIS IS AZ… (číslo letu) in the XXX (jméno FIRu) FIR’
- ‘FL….’
- ‘North-eastbound on XXnnn (letová cesta)’
- ‘Estimate XXXXX (nebo letová cesta když to není bod) at…. UTC’
- ‘AZ .....’
- ‘FL….’
- ‘in the xxx FIR’

Postupy při změně letové hladiny:

- Změna letové hladiny by měla být piloty uvážena při vyhýbání se okolnímu provozu, při oblétávání nepříznivého počasí nebo z jiných důležitých operačních důvodů.
- Když se nedá vyhnout změně letové hladiny, tak by všechna světla na letounu, která mohou zvýšit viditelnost, měla být zaplá.

Piloti se vyhýbají okolnímu provozu, pokud na příjmu frekvence 126,9 MHz zaslechnou možný konfliktní provoz. Velitel letounu se rozhodne, jestli je bezodkladné vyhnutí nutné k vyloučení možnosti hrozící srážky jeho letounu a jestli tohoto vyhnutí nemůže být docíleno s ohledem na right of way ustanovení z Annexu 2. V případě že ne, tak by měl pilot:

a) pokud není velitelem letounu uváženo jinak, nastoupat nebo vyklesat o 500 stop
b) zapnout všechny dostupná světla na letounu, aby bylo dobře viditelné pro okolní provoz
c) co nejdříve oznámit na frekvenci 126,9 MHz svoje úmysly
d) oznámit svůj postup zároveň na příslušné frekvenci ATS a
e) jakmile je situace napravena, obnovit standardní letovou hladinu a oznámit to na příslušné ATS frekvenci

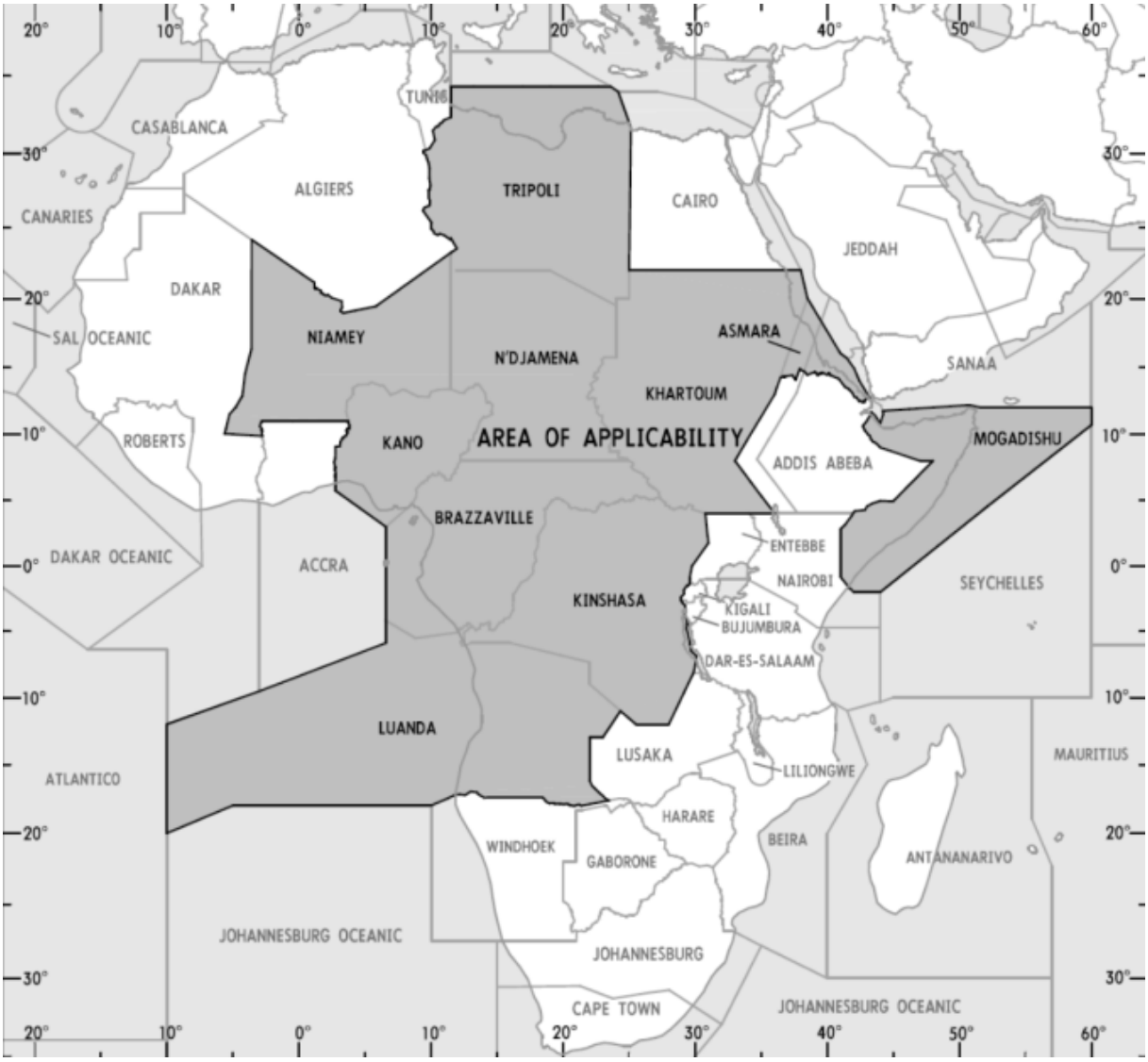
Postup normálního vysílání pozice by měl pokračovat za všech okolností bez ohledu na jakékoliv jinou činnost (vyhýbání se, stoupání, klesání), aby byl okolní provoz informován.

Provoz odpovídače: Pilot by se měl ujistit, že provozuje odpovídač v souladu s ICAO PANS OPS Doc 8168, a že i bez kontaktu s ATS má odpovídač přepnutý do módu A a C – kód 2000. Pilot by se měl ujistit, že odpovídač funguje, i když je letoun mimo pokrytí radarem, kvůli TCASu, který pomocí odpovídače vyhledává okolní provoz.

Použití TCASu je v souladu s ICAO Regional Supplementary Procedures (Doc 7030). ACAS II by měl být na palubě a používán v celém IIBP regionu všemi civilními letadly s pevnými křídly maximální vzletovou hmotností přesahující 5700 kg nebo maximální přesahující kapacitu 19 cestujících. Piloti letounů by měli zvolit režim TA/RA v maximálním měřítku. Procedura SLOP je rovněž v oblasti IFBP velmi doporučena.

V regionu Afriky by IIBP měli být používány v následujících FIRech a vzdušných prostorách:

a) Asmara
b) Brazzaville
c) Kano
d) Khartoum
e) Kinshasa
f) Luanda
g) Mogadishu
h) Niamey
i) N'Djamena
j) Tripoli



Obrázek 1: Mapa oblasti s využitím IFBP [5]

Všichni přepravci operující v oblasti Afriky jsou žádáni, aby:

a) se ujistili, že jejich posádky jsou plně poučeni ohledně používání postupů a oblasti IFBP
b) se ujistili, že jejich mapy a letová dokumentace jsou pravidelně aktualizovány a doplněny

Jakýkoliv dopravce, který nepostupuje podle IFBP by měl být bezodkladně kontaktován, informován o proceduře a požádán, aby ji dodržoval. Pozornost by měla být věnována faktu, že v období putování muslimů do Meky se počet letů z východu na západ respektive ze západu na východ v centrální části severní Afriky dramaticky zvyšuje. S tímto se rovněž zvyšuje riziko konfliktu s okolním provozem, tudíž by se měl klást zvýšený důraz na dodržování postupů IFBP.

Přezkoumání postupů a oblasti působnosti by měly být čas od času posouzeny Africkou divizí společností IATA. Seznam oblastí, v kterých je IFBP aplikována může být dle potřeby zúžen nebo rozšířen. Postupy jsou rozesílány všem operátorům v regionu Afriky a zároveň všem následujícím organizacím, aby byly postupy co nejvíce rozšířeny: ICAO Offices; Jeppesen; Lido; FAA; IAOPA; IACA; WFP.

I když jsou postupy popsané v IATA Inflight Broadcast procedures velmi precizně definované, jsou stále závislé pouze na pilotech jednotlivých letounů bez nějakého systému větší kontroly. Stačí, aby jeden z velitelů zapomněl nebo chybně hlásil polohy a může dojít ke kolizi. Jedinou a zároveň poslední kontrolu může poskytnout systém TCAS, který je sám o sobě brán jako systém poslední záchrany a nelze ho považovat jako dostatečné bezpečnostní opatření. [5]

3 Procedurální řízení letecké dopravy

První možnost, která se nabízí, v oblasti bez pokrytí radarovými systémy je použití procedurálního řízení letecké dopravy. Pro procedurální řízení si je nejprve třeba definovat minimální separace, které by bylo možné použít pro řízení odlehlé a nepokryté oblasti jako je východní Afrika.

V konkrétním případě východní Afriky, kde není radarové pokrytí a jedná se o odlehlou oblast, tak není možné aplikovat minima stejná jako například pro evropský vzdušný prostor. Hustota provozu v Africe není tak vysoká, takže není třeba řešit nedostatečnou kapacitu z důvodu zvýšených laterálních separačních minim.

3.1 Vertikální separace

Pro definování minimálních vertikálních separací, je pro nás velmi důležité si nejprve přesně definovat pojem RVSM. RVSM může být definováno jako jakýkoliv vzdušný prostor nebo vzdušná cesta, kde je možnost mezi hladinami FL290 a FL410 aplikovat vertikální separaci pouze 1000 stop namísto standardních 2000 stop. Pro možnost využití RVSM prostoru musí být letoun vybaven minimálně dvěma nezávislými výškoměrnými systémy, jedním odpovídačem sekundárního radaru, výstražným systémem při změně nebo odchylce od přednastavené hladiny a automatickým výškovým kontrolním systémem. Maximální odchylka mezi dvěma výškoměry může být 80 stop a automatický výškový kontrolní systém musí být schopný držet výšku v rozmezí +/- 200 stop. [6]

Minimální vertikální separace mezi letouny by měla být následující:

a. 2000 stop v nebo nad hladinu FL290 mezi lety ve formaci a jakýmikoliv jinými letouny, nebo
b. 2000 stop v nebo nad hladinu FL290, nebo
c. 1000 stop mezi hladinami FL290 a FL410 včetně mezi letouny dodržující standardy RVSM, nebo
d. 1000 stop pod hladinu FL290.

Letouny nevybavené RVSM mohou být povoleny prostoupat nebo proklesat skrz hladiny určené pro RVSM provoz pokud je letoun schopný udržet kontinuální klesání nebo stoupání skrz všechny hladiny v RVSM prostoru. Letouny nevybavené RVSM také mohou při splnění specifických podmínek získat výjimku a oprávnění pro let v RVSM prostoru. Tyto letouny musí být od ostatního provozu odseparovány non-RVSM separací 2000 stop. Lety ve formaci jsou považovány za non-RVSM. Takové lety by měly být vertikálně separovány 2000

stopami od okolního provozu mezi RVSM hladinami. Za jistých předpokladů stanice ATS mohou dočasně aplikovat zvýšené vertikální separace (např. v oblastech kde byla hlášená silná turbulence).

3.2 Laterální separace

Laterální separace musí být aplikovány tak, že vzdálenost mezi úseky určených tratí, pro které má být udržována laterální separace není nikdy méně než předepsané minimum, které bere v potaz navigační nepřesnosti plus specifikované nárazníkové pásmo. Nárazníkové pásmo by mělo být určeno příslušným úřadem a zahrnutu v laterální separaci. Laterální separace mezi letadly se liší podle druhu provozu, na odlišných vzdušných koridorech nebo v různých geografických oblastech. Těmito odlišnostmi jsou použitá navigační zařízení nebo použitá satelitní navigace. V případě že posádka oznámí poruchu navigačního zařízení nebo snížení požadované navigační přesnosti pod předepsané minimum, řídící středisko by poté mělo aplikovat alternativní separační metody a minima.

3.2.1Laterální separace na paralelních neprotínajících se tratích

Tento druh separací by měl být ustanoven následovně:

a) pro minimální rozestupy mezi vzdušnými tratěmi 93 kilometrů (50NM) musí být navigační výkonnost RNAV10 (RNP10), RNP4 nebo RNP2
b) pro minimální rozestupy mezi vzdušnými tratěmi 42.6 kilometrů (23NM) musí být navigační výkonnost RNP4 nebo RNP2. Komunikační systém musí zajistit požadovanou komunikační výkonnost 240 (RCP240) a přehledový systém musí zajistit minimální přehledovou výkonnost 180(RSP180). Konformita musí být zajištěna ustanovením kontraktu přes ADS-C specifikující laterální deviaci s maximální odchylkou 5 NM.
c) pro minimální rozestupy mezi vzdušnými tratěmi 27.8 kilometrů (15NM) musí být navigační výkonnost RNP 2 nebo musí být předepsáno GNSS vybavení. Přímé VHF spojení mezi řídícím a pilotem musí být udržování po celou dobu co je tato laterální separace využívána.
d) pro minimální rozestupy mezi vzdušnými tratěmi 13 kilometrů (7NM), které je využito, když jeden letoun stoupá/klesá skrz hladinu jiného letounu, musí být navigační výkonnost RNP 2 nebo musí být předepsáno GNSS vybavení. Přímé VHF spojení mezi řídícím a pilotem musí být udržování po dobu co je tato laterální separace využívána.
e) pro minimální rozestupy mezi vzdušnými tratěmi 37 kilometrů (20NM), které je využito, když jeden letoun stoupá/klesá skrz hladinu jiného letadla pokud používá jiné

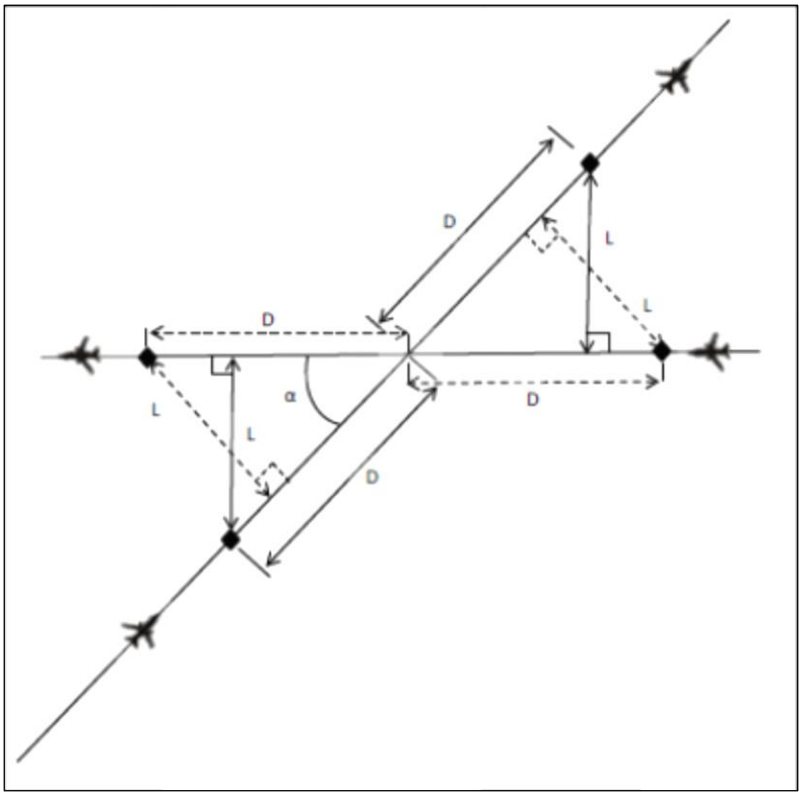
typy komunikace, než specifikované v bodě d) uvedeném výše, musí být navigační výkonnost RNP 2 nebo musí být předepsáno GNSS vybavení.

3.2.2 Laterální separace na protínajících se tratích

Letoun konvergující s tratí jiného letounu je laterálně separovaný dokud nedosáhne bodu příčného rozestupu, který se nachází ve specifikované vzdálenosti měřené kolmo od trati druhého letounu. Zároveň letoun divergující od trati jiného letounu je laterálně separovaný po přeletu bodu příčného rozestupu, který je lokalizován ve specifické vzdálenosti měřené kolmo od trati druhého letounu (obrázek číslo 2). Tento druh separace může být použitý pro tratě, které se protínají v jakémkoliv úhlu užívajíce hodnoty pro body příčného rozestupu specifikované v tabulce číslo 1.

Tabulka 1: Požadavky na laterální separace na protínajících se tratích

Navigace	Separace
RNAV10 (RNP10)	93 km (50NM)
RNP 4	42.6 km (23NM)
RNP 2	27. km (15NM)



Legenda:

L = požadovaný příčný rozstup

◆ = body příčného rozstupu

α = úhel mezi letěnými tratěmi

D = vzdálenost do/z letěného bodu

D = L/Sin α

Obrázek 2: Body příčného rozstupu [7]

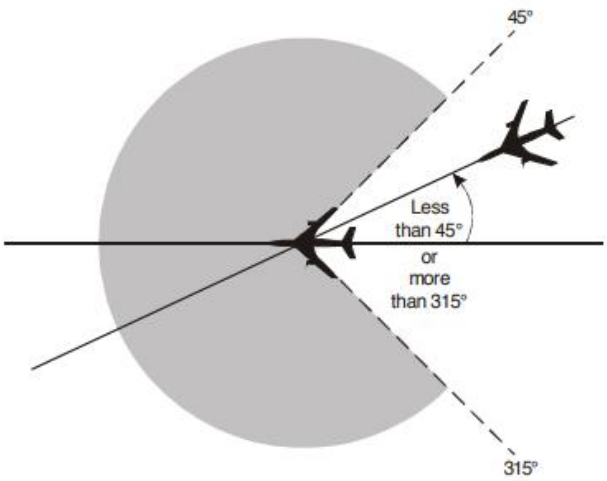
3.3 Podélné separace

Podélné separace by měli být aplikovány tak, že rozestupy mezi předpokládanými pozicemi letounů, kde se separace uplatňuje, není nikdy méně než předepsané minimum. Podélná separace letounů letících po stejných nebo divergentních tratích může být udržována využitím kontroly rychlosti včetně kontroly Machova čísla nebo dodržováním podélných separací na základě času respektive vzdálenosti. Podélné separace mohou být ustanoveny pomocí požadavku na odlet letadla ve specifickém čase, tak aby přiletělo nad geografickou pozici ve specifikovaném čase nebo aby vyčkávalo nad geografickou lokací do stanoveného času. Časově založené separace mohou být založeny na pozičních informacích z hlasových reportů, CPDLC nebo ADS-C.

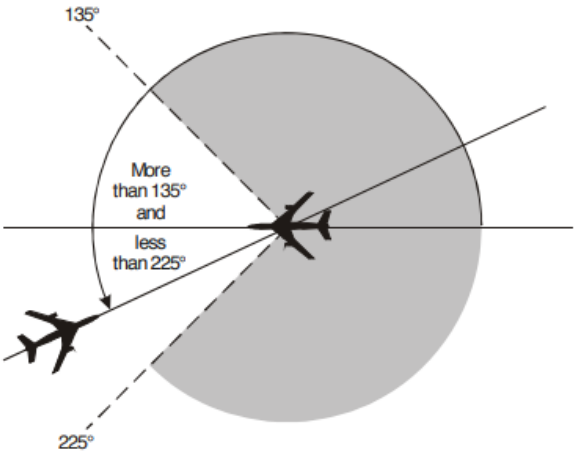
Za účelem aplikace podélných separací si musíme nadefinovat pojmy stejné tratě, protisměrné tratě a křižující se tratě:

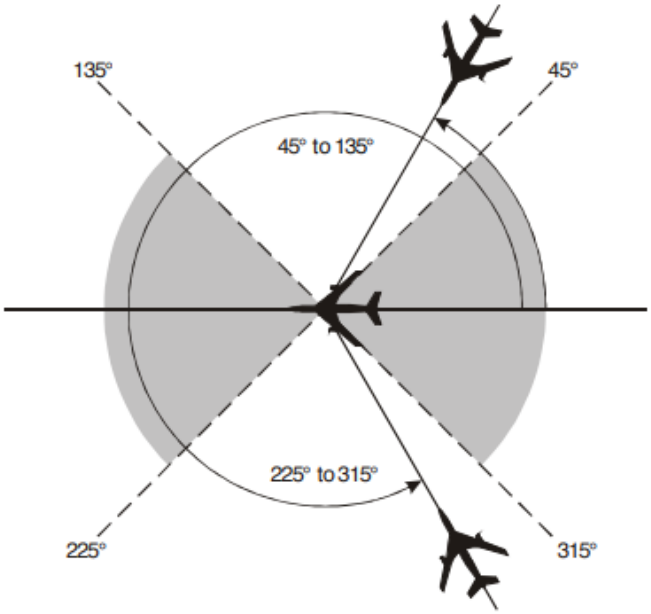
a) Stejné tratě (obrázek 3): tratě se stejným směrem a protínající se tratě nebo jejich části, kde je úhlový rozdíl menší jak 45 stupňů nebo větší jak 315 stupňů
b) Protisměrné tratě (obrázek 4): tratě s opačným směrem a protínající se tratě nebo jejich části, kde je úhlový rozdíl větší jak 135 stupňů ale menší jak 225 stupňů
c) Křižující se tratě (obrázek 5): tratě nebo jejich části, jiné než ty specifikované v odstavcích a) a b) výše

Obrázek 3: Letadla na stejné trati [7]



Obrázek 4: Letadla na protisměrné trati [7]





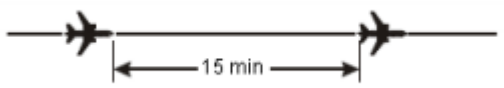
Obrázek 5: Letadla na křižujících se tratích [7]

3.3.1Podélné separace založené na čase

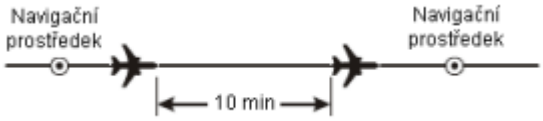
3.3.1.1 Letouny udržující stejnou hladinu

Letadla letící po stejné trati:

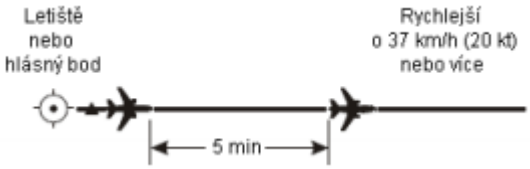
a) 15 minut (obrázek 6); nebo
b) 10 minut, když navigační zařízení umožní časté stanovení pozice a rychlosti (obrázek 7) nebo
c) 5 minut v následujících případech, pokud je zajištěno, že v každém případě předchozí letadlo udržuje pravou vzdušnou rychlost o 37 km/h (20 kt) nebo vyšší než následující letoun (obrázek 8):
    a. mezi letouny které odletěli ze stejného letiště;
    b. mezi letouny na trati, které se hlásili nad stejným význačným bodem
    c. mezi odlétajícím letounem a letounem na trati poté co letoun na trati oznámil přelet bodu, který se nachází v souvislosti s odletovým bodem tak že může být zajištěna 5 minutová separace v bodě, kde vzlétající letoun vstoupí na trať
d) 3 minuty pokud v každém případě zmíněném v odstavci c) předchozí letadlo udržuje rychlost o 74 km/h (40 kt) nebo vyšší než následující letoun (obrázek 9)



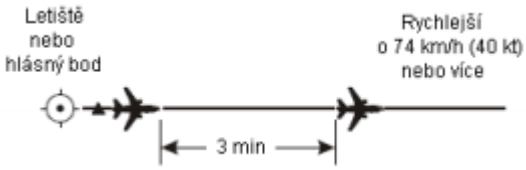
Obrázek 6: 15minutový rozstup mezi letadly na stejné trati a stejné hladině[7]



Obrázek 7: 10minutový rozstup mezi letadly na stejné trati a stejné hladině[7]



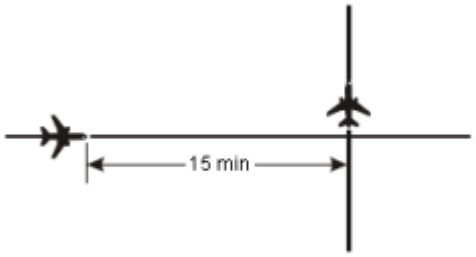
Obrázek 8: 5 minutový rozstup mezi letadly na stejné trati a stejné hladině[7]



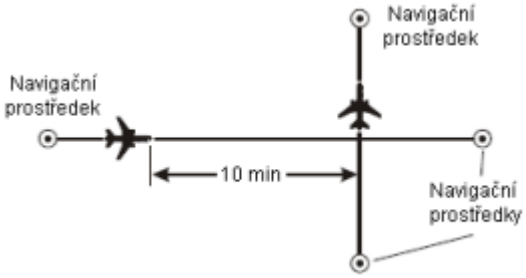
Obrázek 9: 5 minutový rozstup mezi letadly na stejné trati a stejné hladině[7]

Letouny na křižujících se tratích:

a) 15 minut v bodě křížení tratí (obrázek 10) nebo
b) 10 minut pokud navigační zařízení umožňuje časté určování pozice a rychlosti (obrázek 11)



Obrázek 10: 15minutový rozstup mezi letadly na křižujících se tratích a stejné hladině [7]



Obrázek 11: 15minutový rozstup mezi letadly na křižujících se tratích a stejné hladině[7]

3.3.1.2 Stoupající nebo klesající letouny:

Když letoun proletí skrz hladinu jiného letadla na stejné trati, následující minimální podélná separace by měla být poskytnuta:

a) 15 minut pokud neexistuje vertikální separace; nebo
b) 10 minut pokud neexistuje vertikální separace, za předpokladu že pozemní radionavigační stanice nebo GNSS umožňují časté určení polohy a rychlosti; nebo
c) 5 minut pokud neexistuje vertikální separace za předpokladu že:
    1) změna hladiny je zahájena během 10 minut od doby kdy druhé letadlo reportovalo pozici nad traťovým bodem, který musí být odvozený od pozemního navigačního zařízení nebo GNSS; a
    2) když je vydáváno povolení přes třetí stranu nebo přes CPDLC k povolení by měli být přidány restrikce, aby byl zajištěn 10 minutový rozestup

Pro usnadnění aplikace postupů, tam kde je vyžádána význačná změna hladiny, klesající letoun může být povolen klesat do nějaké vhodné hladiny nad nižší letoun nebo stoupající letoun může být povolen do nějaké vhodné hladiny pod vyšší letoun, aby byla povolena další regulace separace.

Letouny na křižujících se tratích:

a) 15 minut pokud neexistuje vertikální separace; nebo
b) 10 minut pokud neexistuje vertikální separace a když navigační zařízení umožňují časté určení pozice a rychlosti.

Letouny na protisměrných tratích:

Tam kde není poskytnuta laterální separace, vertikální separace by měla být poskytnuta alespoň na 10 minut před a po předpokládaném čase přeletu. Pokud bylo ustanoveno, že se letadla minula, minima se nemusí aplikovat.

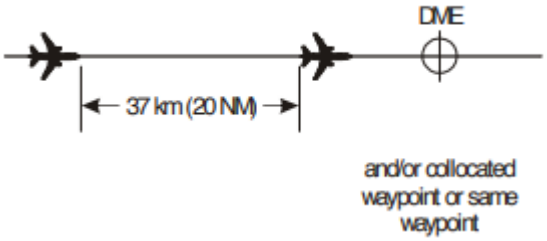
3.3.2 Podélné separace založené na vzdálenosti za použití DME a/nebo GNSS

Separace by měla být ustanovena udržováním vzdáleností, která není menší, než specifikovaná vzdálenost vztažená k referenčnímu DME a/nebo k GNSS. Tento druh separace by se měl aplikovat pro dva letouny využívající DME nebo pro dva letouny využívající GNSS nebo pro jeden letoun používající DME a druhý letoun používající GNSS. Při tomto typu separace je potřeba dodržovat stálé VHF spojení mezi pilotem a řídícím letového provozu. [7]

3.3.2.1Letouny ve stejné letové hladině

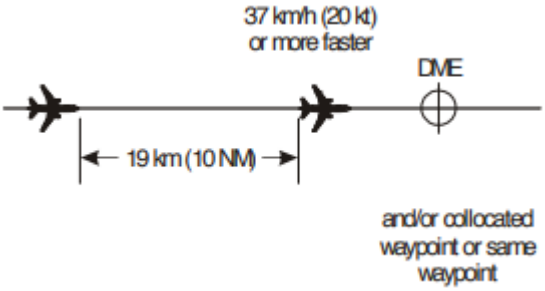
Letouny letící na stejné trati:

a) 37 km (20 NM), za předpokladu:
   1) každý letoun používá:
      i. stejnou traťovou DME stanici, když oba letouny používají DME; nebo
      ii. traťovou DME stanici, která se pojí s určitým bodem, když jeden letoun používá DME a druhý GNSS; nebo
      iii. stejný bod pokud oba letouny používají GNSS; a
   2) separace je kontrolována získáváním náhodných DME a/nebo GNSS signálů z letounu v krátkých časových intervalech (obrázek 12)



Obrázek 12: Rozstup mezi letadly 37 km (20 NM) na stejné trati a hladině založený na DME nebo GNSS [9]

b) 19 km (10 NM), za předpokladu:
   1) první letoun udržuje pravou vzdušnou rychlost o 37 km/h (20kt) nebo více vyšší než následující letoun
   2) každý letoun používá:
      i. stejnou traťovou DME stanici, když oba letouny používají DME; nebo
      ii. traťovou DME stanici, která se pojí s určitým bodem, když jeden letoun používá DME a druhý GNSS; nebo
      iii. stejný bod pokud oba letouny používají GNSS; a
   3) separace je kontrolována získáváním náhodných DME a/nebo GNSS signálu z letounu v krátkých časových intervalech (obrázek 13)



Obrázek 13: Rozstup mezi letadly 19 km (10 NM) na stejné trati a hladině založený na DME nebo GNSS [9]

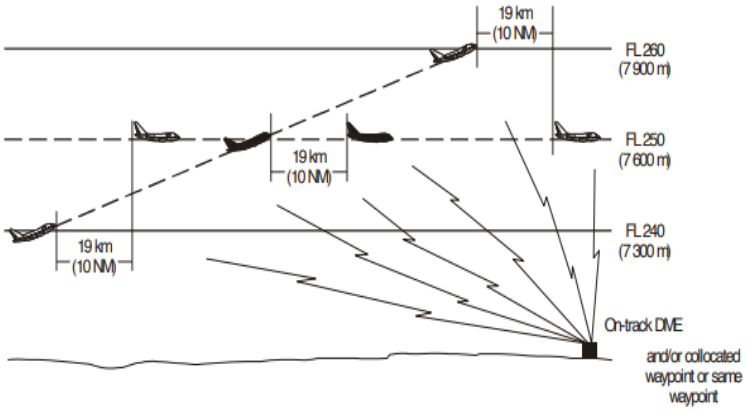
Letouny na křižujících se tratích:

Podélná separace na křižujících se tratích je totožná z výše popsanými separacemi aplikujícími se na stejné trati za předpokladu, že každý letoun hlásí vzdálenost od DME stanice a/nebo od bodu s kterým se pojí nebo se stejným bodem, který se nachází v bodě křížení a relativní úhel mezi tratěmi je méně než 90 stupňů.

3.3.2.2 Letouny ve stoupání/klesání

Separace je pro letouny na stejné trati: 19 km (10 NM) pokud neexistuje vertikální separace za předpokladu, že:

a) každý letoun používá:
   i. stejnou traťovou DME stanici, když oba letouny používají DME; nebo
   ii. traťovou DME stanici, která se pojí s určitým bodem, když jeden letoun používá DME a druhý GNSS; nebo
   iii. stejný bod pokud oba letouny používají GNSS; a
b) jeden letoun udržuje hladinový let, zatímco neexistuje vertikální separace; a
c) separace je kontrolována získáváním náhodných DME a/nebo GNSS signálu z letounu v krátkých časových intervalech (obrázek 14).



Obrázek 14: Rozstup 19 km (10NM) mezi stoupajícím letadlem a letadlem na stejné trati založený na DME nebo GNSS [9]

Pro usnadnění aplikace postupů, tam kde je vyžádána význačná změna hladiny, klesající letoun může být povolen klesat do nějaké vhodné hladiny nad nižší letoun nebo stoupající letoun může být povolen do nějaké vhodné hladiny pod vyšší letoun tak, aby byla povolena další regulace separace.

Letouny na protisměrných tratích využívající traťové DME a/nebo se pojí s bodem nebo využívají stejný bod, mohou být povoleny stoupat nebo klesat skrz hladiny obsazené jinými letouny používající traťové DME a/nebo kolokační bod nebo stejný bod, za předpokladu že bylo potvrzeno, že se letouny minuly a jsou minimálně 10NM od sebe nebo mezi sebou mají jinou vzdálenost předepsanou úřadem.

3.3.3 Podélné separace s využitím Machova čísla

Proudový letoun by měl dodržovat pravé Machovo číslo povolené řídícím létání a zároveň by měl žádat o povolení před jakoukoliv změnou rychlosti. Pokud je nutné udělat bezodkladnou dočasnou změnu v Machově čísle (např. z důvodu turbulence), řídící létání by měl být obeznámen co nejdříve je to možné. Pokud není možné udržet poslední přidělené Machovo číslo z důvodu výkonnosti letounu během hladinového letu, klesání nebo stoupání, tak velitel takového letounu musí informovat řídícího létání v čase kdy je požadováno stoupání/klesání. Když je technika Machova čísla dodržována tak:

a) uvažované letouny se hlásí nad stejným bodem a letí po stejné trati nebo konstantně divergující trati dokud není poskytnutý jiný druh separace; nebo
b) uvažované letouny se nehlásí nad stejným bodem, ale je možné zajistit pomocí radaru, ADS-B nebo jiných prostředků, že existuje adekvátní časový interval nad společným bodem, z kterého letouny pokračují buď stejnou tratí, nebo konstantně divergujícími tratěmi.

Minimální podélná separace mezi proudovými letouny na stejné trati v hladinovém letu, stoupaná nebo klesání by měla být následující:

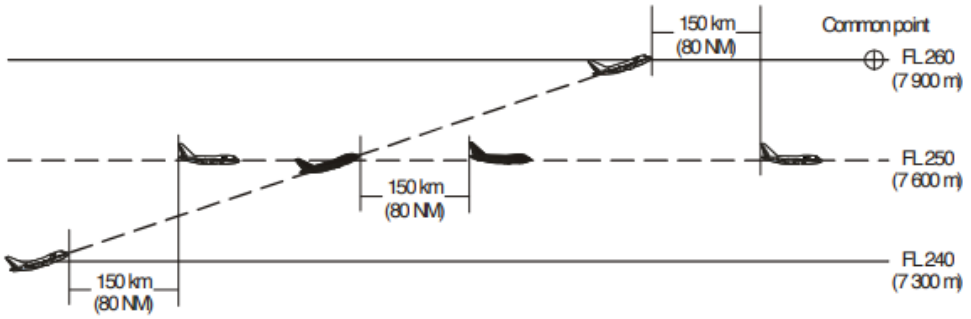
1) 10 minut; nebo
2) mezi 9 a 5 minutami včetně za předpokladu první letoun udržuje pravé Machovo číslo větší než následující letoun podle následujících pravidel:
   - 9 minut, pokud je první letoun o Mach 0.02 rychlejší než následující letoun;
   - 8 minut, pokud je první letoun o Mach 0.03 rychlejší než následující letoun;
   - 7 minut, pokud je první letoun o Mach 0.04 rychlejší než následující letoun;
   - 6 minut, pokud je první letoun o Mach 0.05 rychlejší než následující letoun;
   - 5 minut, pokud je první letoun o Mach 0.06 rychlejší než následující letoun.

Pokud je dodržována podélná separace 10 minut, první letoun musí udržovat pravé Machovo číslo stejné nebo větší než Machovo číslo udržované následujícím letounem.

Další možností využití podélné separace za pomoci Machova čísla jsou podélné separace za pomoci Machova čísla založené na měření vzdálenosti s použitím RNAV. Separační minima založená na měření vzdálenosti pomocí RNAV se nesmí používat, pokud pilot oznámí odchylku nebo chybu navigačního zařízení. Separace musí být ustanovena dodržováním ne menší než předepsané vzdálenosti mezi dvěma letouny. Je požadováno přímé spojení mezi pilotem a řídící. Aby se pilotům usnadnila práce, je třeba požadovat hlášení vzdálenosti vztažené k určitému bodu, který se nachází před oběma letouny. Tento druh separace může být udržován pouze mezi letouny vybavenými RNAV zařízením, když se pohybují na RNAV

tratích nebo na ATS tratích definovaných zařízením VOR. 150 km (80 NM) RNAV vzdálenostní separace může být použita na tratích se stejným směrem namísto 10 minutové podélné separace za předpokladu že:

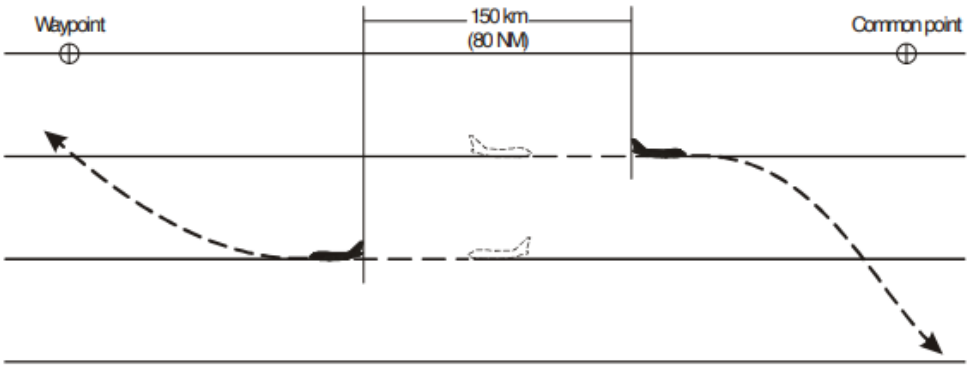
a) obě letadla reportují vzdálenost vůči stejnému bodu na trati
b) separace mezi letouny ve stejné hladině je kontrolována přijímáním samovolných signálů z měřiče RNAV vzdálenosti umístěných v letounu. Toto měření se uskutečňuje v častých intervalech
c) separace mezi stoupajícími nebo klesajícími letouny je kontrolována přijímáním samovolných signálů z měřiče RNAV vzdálenosti umístěných v letounu (obrázek 15); a
d) v případě stoupajícího nebo klesajícího letounu, pokud neexistuje vertikální separace, tak jeden letoun udržuje hladinový let



Obrázek 15: Rozstup 150 km (80NM) mezi stoupajícím letadlem a letadlem na stejné trati založený na RNAV [9]

Pokud je používána 150 km (80 NM) podélná separace první letoun musí udržovat pravé Machovo číslo stejné nebo větší druhý letoun. Pro usnadnění aplikace postupů, tam kde je vyžádána význačná změna hladiny, klesající letoun může být povolen klesat do nějaké vhodné hladiny nad nižší letoun nebo stoupající letoun může být povolen do nějaké vhodné hladiny pod vyšší letoun, aby byla povolena další regulace separace.

Letouny na protisměrných tratích používající RNAV mohou být povoleny stoupat nebo klesat skrz hladiny obsazené jinými letouny používající RNAV za předpokladu, že pro oba letouny je možné pozitivně změřit RNAV vzdálenost od stejného bodu který oba letouny minuli na trati a že se navzájem minou alespoň o 150 km (80 NM) (obrázek 16).



Obrázek 16: Rozstup 150 km (80NM) mezi letadly na protisměrných tratích založený na RNAV [9]

3.3.4 Podélné separace založené na vzdálenosti za využití RNAV a specifikované RNP

Separace musí být ustanovena dodržováním ne menší než předepsané vzdálenosti mezi dvěma pozicemi letounů, která jsou uvedena jako referenční ke stejnému bodu na trati, který se nachází kdykoliv je to možné před oběma letouny nebo za pomocí automatického systému reportování polohy. Pokud přesnost navigačního zařízení klesne pod potřebné minimum nebo je navigační zařízení mimo provoz, je řídící nucen použít alternativní způsob udržování rozestupů. Při tomto druhu separace je vyžadováno přímé spojení mezi pilotem a řídícím létání za pomoci hlasové komunikace nebo CPDLC. Během a před používáním vzdálenostní separace by měl řídící létání určit přiměřenost použitelné komunikační sítě. Především by se měl zaměřit na čas potřebný k přijetí zpráv od dvou nebo více letounů a celkově na objem pracovního zatížení, který je spojený s využitím tohoto druhu separací. Pokud jsou letouny na minimální hodnotě separace nebo se k ní velmi těsně blíží, měla by se využít technika kontroly separací za pomocí času, aby bylo zajištěno, že nedojde k narušení minim.

3.3.5 Podélné separace založené na vzdálenosti s použitím RNP RNAV bez použití ADS-C

Pro letouny letící v hladině, stoupající nebo klesající platí následující minima:

Separační minimum	RNP typ	Komunikační požadavky	Radarové požadavky	Požadavky ověření vzdálenosti
93 km (50 NM)	10	Přímé spojení pilot řídící	Procedurální hlášení pozice	Minimálně každých 24 minut

Tabulka 2: Minima pro Podélné separace založené na vzdálenosti s použitím RNP RNAV bez použití ADS-C

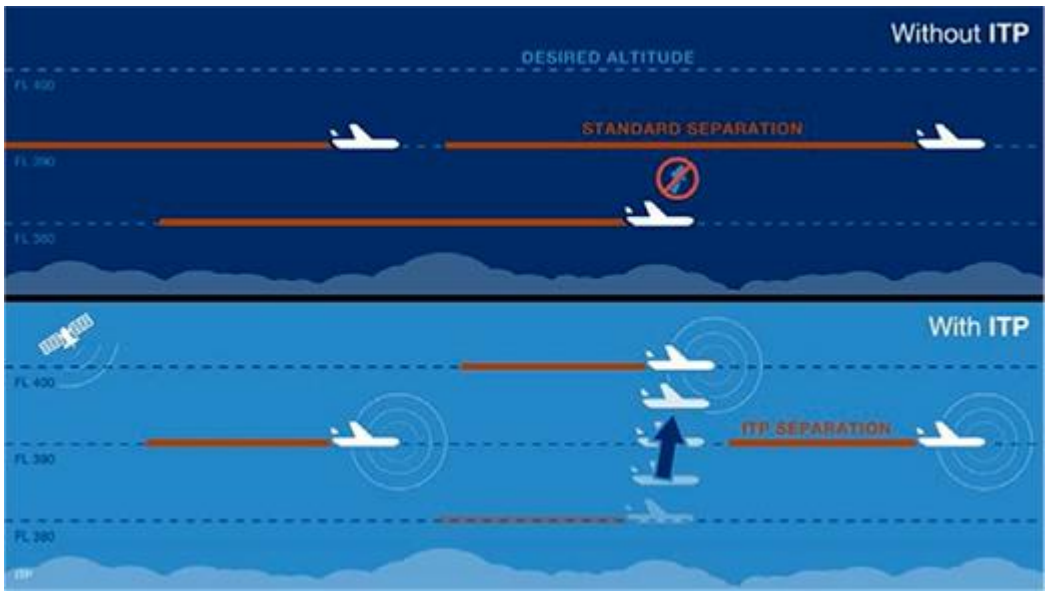
Pro usnadnění aplikace postupů, tam kde je vyžádána význačná změna hladiny, klesající letoun může být povolen klesat do nějaké vhodné hladiny nad nižší letoun nebo stoupající letoun může být povolen do nějaké vhodné hladiny pod vyšší letoun, aby byla povolena další regulace separace. Při používání separace 93 km (50 NM), pokud letoun přestane udávat svojí polohu, musí se řídící letového provozu pokusit o navázaní spojení do 3 minut. Pokud ztráta spojení přetrvává po dobu delší nežli 8 minut, řídící letového provozu je povinen ustanovit alternativní způsob udržení separací. Pokud je použito automatické hlášení pozic, je tak učiněno vůči referenčnímu času.

Letouny na protisměrných tratích mohou být povoleny stoupat nebo klesat skrz nebo do hladiny obsazené jinými letouny za předpokladu, že se oba letouny minou a vzdálenost mezi nimi není menší než minimální separační vzdálenost.

3.3.6 Podélná separační minima založená na měření vzdálenosti za použití ADS-B in trial procedure

Abychom si mohli definovat tento druh separace, je třeba si nejprve nadefinovat pojem ADS-B in trial procedure (ITP). ITP je pokročilá ADS-B In aplikace, která umožňuje letounům vybaveným ITP letět častěji v optimální nebo méně turbulentní hladině během letů bez radarového pokrytí. Tento postup umožňuje menší spotřebu paliva, snížené emise a již výše zmíněnou efektivnější volbu hladiny bez turbulence. Tato procedura používá přesné data o pozici ze systému ADS-B, které umožňují změnu hladiny v situacích, které by to za normálních okolností bez použití radaru nedovolili. Posádky letící letounem vybaveným ITP mají v kokpitu displeje a speciální algoritmy, které počítají ITP vzdálenost, podle které může poté posádka vyhodnotit, jestli je možné provézt bezpečné stoupání nebo klesání. Na základě těchto informací může posádka požádat o ITP manévr do požadované hladiny. Řídící létaní, který má o celém provozu přehled, může tuto žádost povolit. Díky přesnosti ADS-B mohou být sníženy rozestupy mezi letouny. Tratě nebo vzdušné prostory, kde je povoleno použití ITP by měli být definovány v AIPu příslušné země.

ITP žádosti a povolení mohou být vykomunikovány pouze za použití CPDLC zpráv a v souladu se správnou kompozicí těchto zpráv. Letoun vybavený ITP by neměl být separován od více než dvou referenčních letounů najednou za pomocí ITP separačních minim (obrázek 17). [8]



Obrázek 17: Schéma ITP postupů [8]

ITP stoupání nebo klesání mohou být vyžádány ze strany pilota, pokud jsou splněna následující ITP kritéria:

a) ITP vzdálenost mezi letounem využívajícím ITP a referenčním letounem musí být:
   1) ne méně než 28 km (15 NM) s maximální sbližovací rychlostí vůči zemi 37 km/h (20 kt); nebo
   2) ne méně než 37 km (20 NM) s maximální sbližovací rychlostí vůči zemi 56 km/h (30 kt);
b) ITP vybavení na palubě musí ukazovat, že úhel mezi součastnými tratěmi letounu vybaveným ITP a referenčního letounu je méně než 45 stupňů;
c) výškový rozdíl mezi letounem vybaveným ITP a jakýmkoliv referenčním letounem musí být 600 m (2 000 ft) nebo méně;
d) stoupání nebo klesání nesmí být uskutečněno s vertikální rychlostí menší než 1.5 m/s (300 ft/min), nebo s nějakou vyšší vertikální rychlostí pokud je definována řídícím létání; a
e) stoupání nebo klesání musí být uskutečněno tak, aby letoun držel předepsané Machovo číslo. Pokud nebylo přiděleno řídícím létání žádné Machovo číslo, musí letoun udržovat poslední udělené Machovo číslo během celého ITP manévru.

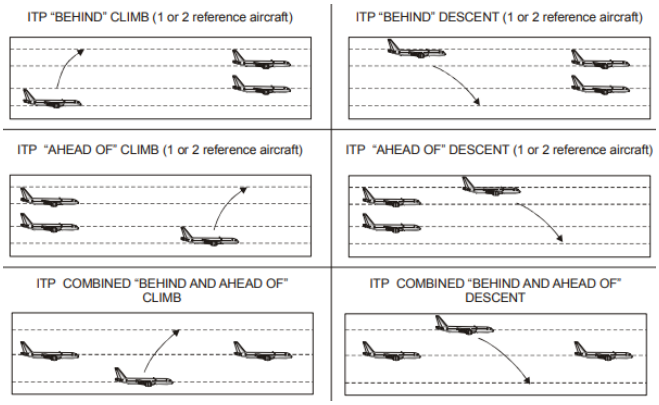
Tyto kritéria jsou nastavena tak, aby zajistily minimální separaci 19 km (10 NM) mezi letounem vybaveným ITP a referenčním letounem během stoupání nebo klesání.

Řídící létání může povolit letoun pro ITP stoupání nebo klesání pokud jsou splněny všechny následující podmínky:

a) ITP stoupání nebo klesání bylo vyžádáno pilotem;
b) identifikace každého referenčního letounu v ITP žádosti se přesně shoduje s polem 7 v podaném letovém plánu;
c) reportovaná ITP vzdálenost mezi letounem vybaveným ITP a jakýmkoliv jiným referenčním letounem je 28 km (15 NM) nebo více;
d) oba letouny (letoun vybavený ITP a referenční letoun) se nachází buď:
    1) na stejných identických tratích a jakákoliv zatáčka na traťovém bodě musí být omezena na 45 stupňů nebo méně; nebo
    2) na paralelních tratích nebo stejných tratích, kde nejsou povoleny žádné zatáčky během manévru.
e) ze strany řídícího létaní nesmí být během ITP stoupání nebo klesání vydána žádná změna rychlosti nebo trati;
f) výškový rozdíl mezi letounem vybaveným ITP a jakýmkoliv referenčním letounem musí být 600 m (2 000 ft) nebo méně;
g) ze strany řídícího létaní nesmí být během ITP stoupání nebo klesání vydána žádná úprava aktuální rychlosti nebo trati;
h) maximální sbližovací rychlost mezi letounem vybaveným ITP a každým referenčním letounem musí být Mach 0.06; a
i) letoun vybavený ITP nesmí být zároveň referenčním letounem v jiné interakci.

Před tím než pilot na základě povolení zahájí příslušné stoupání nebo klesání, je povinen ověřit že kritéria uvedená výše jsou stále platná v souvislosti s referenčním letounem. Pokud jsou kritéria splněna, pilot musí přijmout povolní a ihned zahájit stoupání nebo klesání. Pokud zjistí, že kritéria splněna nejsou, je povinen bezodkladně uvědomit řídícího létání a letět v dříve přidělené hladině.

Obrázek 18: Možnosti využití podélných separačních minim založených na měření vzdálenosti za použití ADS-B in trial procedure [9]



3.3.7 Podélná separační minima založená na měření vzdálenosti za použití ADS-C climb and descent procedure

Když je letoun na stejné trati povolen stoupat nebo klesat skrz hladinu jiného letounu, povolení musí být vydáno pouze, pokud jsou splněny následující požadavky:

a) podélná separace mezi letouny je určena pozemním automatizovaným systémem na základě skoro simultánním požadavkem na ADS-C reporty, které mají přesnost udané polohy 0,25 NM nebo lepší;
b) podélná vzdálenost mezi letouny, jejíž určení je popsáno v bodě a), není méně než:
    1) 27.8 km (15 NM) pokud první letoun letí stejnou rychlostí nebo rychleji než následující letoun; nebo
    2) 46.3 km (25 NM) pokud není druhý letoun rychlejší o více než 18.5 km/h (10 kt) nebo Mach 0.02 než první letoun;
c) výškový rozdíl mezi letouny není větší než 600 m (2 000 ft);
d) povolení je vydáno s omezením, které zajišťuje, že je vertikální separace znovu ustanovena do 15 minut od prvního požadavku na stoupání nebo klesání; a
e) je přímé hlasové spojení mezi řídícím létání a pilotem nebo spojení přes CPDLC

3.3.8 Podélné separační minima založená na výkonnosti

Uvnitř určeného vzdušného prostoru nebo na určeném vzdušném koridoru mohou být použita následující separační minima pro letouny letící v hladině, stoupající nebo klesající:

a) na stejné trati; nebo
b) na křižujících se trasách za předpokladu, že relativní úhel mezi tratěmi je menší než 90 stupňů.

Separační minima	RNP	RCP	RSP	Maximální ADS-C interval vysílání pozice
93 km (50 NM)	10	240	180	27 minut
93 km (50 NM)	4	240	180	32 minut
55.5 km (30 NM)	2 nebo 4	240	180	12 minut
5 minut	2 nebo 4 nebo 10	240	180	14 minut

Tabulka 3: Podélné separační minima založená na výkonnosti

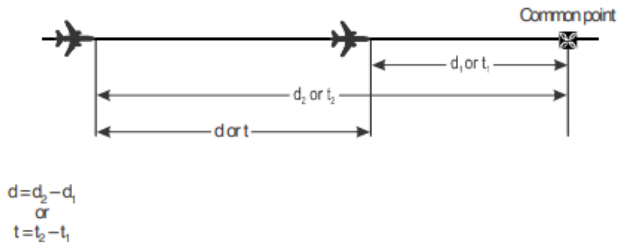
Letouny letící vůči sobě v opačném směru na recipročních tratích mohou být povoleny stoupat nebo klesat do nebo skrz hladinu obsazenou jiným letounem za předpokladu, že ADS-C hlášení ukazuje, že se letouny vzájemně minuly o předepsané separační minimum uvedené v tabulce číslo 3. Pětiminutová separace musí být spočítána s přesností na vteřinu a nesmí být zaokrouhlována.

Separace musí být aplikovány tak, aby vzdálenost nebo čas mezi vypočítanými pozicemi letounů nebyla nikdy méně než předepsané minimum. Tato vzdálenost nebo čas musí být získány jednou z uvedených metod:

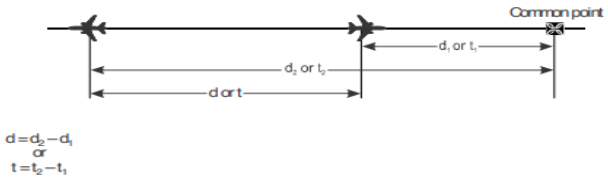
a) když jsou letouny na stejné identické trati vzdálenost nebo čas může být změřen mezi vypočítanou pozicí letounu nebo mohou být vypočítány měřením vzdálenosti nebo časů k bodu na trati (obrázky 19 a 20) Stejné identické tratě jsou speciální případ stejných tratí, kde je úhlový rozdíl rovný nule nebo na protisměrných tratích rovný 180 stupňům.

b) když jsou letouny na stejných nebo protisměrných tratích, jiných než definovaných v bodě a) výše, nebo na křižujících se tratích, vzdálenost nebo čas musí být spočítány měřením vzdálenosti nebo času k bodu na trati, který se nachází na křižovatce tratí obou letounů (obrázky 21 a 22); a

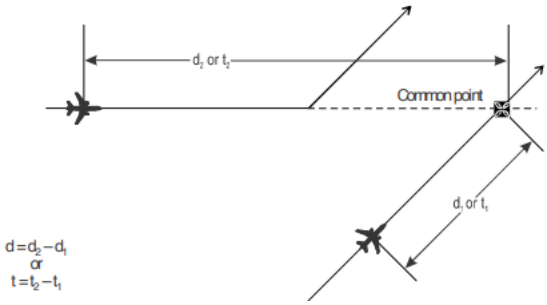
c) když se letouny nacházejí na paralelních tratích, jejichž ochranné prostory se překrývají, vzdálenost nebo čas se musí měřit podél trati jednoho z letounů, jak je uvedeno v bodě a) výše, za použití jeho spočítané pozice a bodu na úrovni spočítané pozice druhého letounu (obrázky 22 a 23).

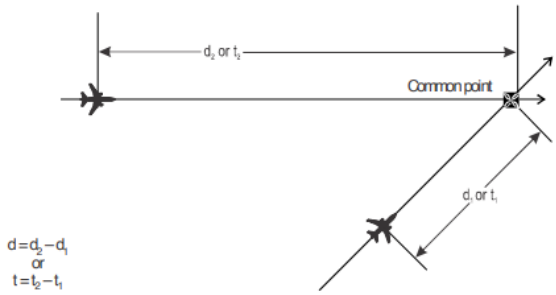


Obrázek 19: Výpočet podélné vzdálenosti/času mezi letadly – stejná identická trať, stejný směr [9]



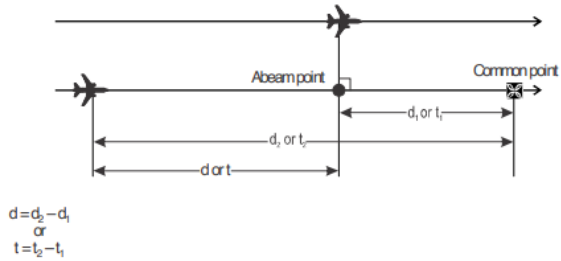
Obrázek 20: Výpočet podélné vzdálenosti/času mezi letadly – stejná identická trať, protisměr [9]

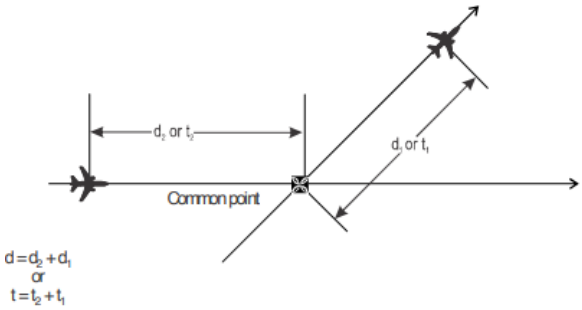




Obrázek 21: Výpočet podélné vzdálenosti/času mezi letadly – stejná myšlená trať, ale ne identická (vlevo) [9]

Obrázek 22: Výpočet podélné vzdálenosti/času mezi letadly – stejná trať, ale ne identická a křižující se tratě (vpravo) [9]





Obrázek 23: Výpočet podélné vzdálenosti/času mezi letadly – paralelní tratě (vlevo) [9]

Obrázek 24: Výpočet podélné vzdálenosti/času mezi letadly – protilehlé strany vzhledem ke společnému bodu (vpravo) [9]

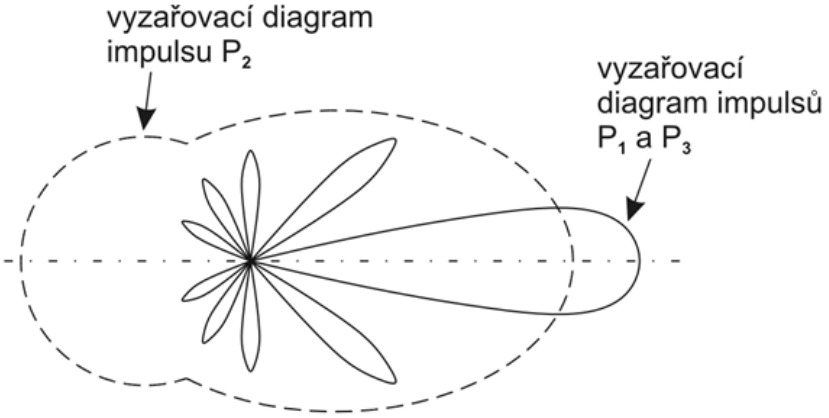
Ve všech případech prezentovaných na obrázcích 19 až 24 jsou vzdálenost “d” a čas “t” počítány odečtením vzdálenosti nebo času bližšího letounu od společného bodu na trati. Jedinou výjimkou je obrázek číslo 24, kde jsou dvě vzdálenosti nebo časy sečteny a pořadí letounů není ve výpočtu podstatné.

Pro aplikování tohoto druhu separačních minim musí komunikační vybavení zajistit řídícímu létání, aby byl během 4 minut schopný zasáhnout a vyřešit potenciální konflikt kontaktováním letounu běžným způsobem radiokorespondence. Alternativní způsob komunikace by měli být řídícímu k dispozici, aby zasáhl a vyřešil konflikt do 10,5 minut, pokud selže běžný způsob komunikace. Pokud přestane ADS-C vysílat periodicky polohu nebo přelet nad traťovým bodem po dobu delší než jsou 3 minuty, report je považován za opožděný a řídící by měl podniknout kroky k získání pozice v co možná nejkratší době, normálně s pomocí ADS-C nebo CPDLC. Pokud není report obdržen do 6 minut od posledního hlášení a existuje riziko, že by mohlo dojít k narušení minimální separace, řídící létání musí podniknout kroky k vyřešení této potenciální hrozby v co nejkratším možném čase. Ochranná opatření musí být taková, aby k vyřešení situace došlo během následujících 7,5 minut. Pokud jsou k dispozici informace, které indikují závadu pozemního zařízení nebo zařízení v letounu nebo pokud je indikována odchylka od předepsané komunikační, navigační a radarové výkonnosti, musí řídící létání aplikovat alternativní metodu separačních minim. [9]

4 Možnost využití sekundárního přehledového radaru

4.1 Princip fungování sekundárního radaru

Než se začneme zabývat přímo možností využití sekundárního přehledového radaru, tak bych se rád pozastavil a zmínil o principu jeho fungování. Radary dělíme na pozemní a palubní, přičemž pozemní dělíme ještě na primární a sekundární. Nás budou zajímat nyní ty pozemní a konkrétně pro začátek vývojově starší primární radar, který byl vynalezen již v roce 1935. Primární radar je aktivní radar, který vysílá elektromagnetickou vlnu. Elektromagnetická vlna se od cílů ve vzduchu odrazí zpět a udá tak jejich polohu. Při srovnání se sekundárním radarem, který nás bude zajímat především má primární radar větší dosah, ale zároveň menší rozlišovací schopnost a značí množství nežádoucích odrazů, jako například odraz od hejna ptáků.



Obrázek 25: Vyzařovací diagram sekundárního radaru [10]

Právě v důsledku těchto chyb byl později vynalezen sekundární radar, který odstraňuje z velké části nedostatky primárního radaru (tzn. obtížná detekce malých objektů, možnost identifikace cíle, útlum na cestě k cíly i od cíle). Princip fungování sekundární radaru je o něco složitější. Konstrukčně máme pozemní dotazovač (vysílač + přijímač) a palubní odpovídač (vysílač + přijímač). Dotaz se skládá z 3 pulsů a je odeslán na frekvenci 1030 MHz. Pulsy P1 a P3 jsou dotazovací, P2 pak řídící. Mezi P1 a P2 máme konstantní interval. Interval mezi P1 a P3 je řízen módem A nebo C. Vyzařovací diagram je pak tvořen širokým směrovým paprskem s postraními laloky pulsů P1 a P3. P2 má téměř všesměrovou charakteristiku a používá se kvůli potlačení odpovědí na postranní laloky. To v praxi

znamená, že k odpovědi dojde jen, pokud je intenzita P1 a P3 větší než P2. Odpověď na dotaz se liší v módu A a C. V módu A (identifikace) máme řadu 13 impulsů ohraničených hraničními impulsy F1 a F2. Impuls X se nevysílá a zbývá 12 impulsů tvořících 4 trojice:

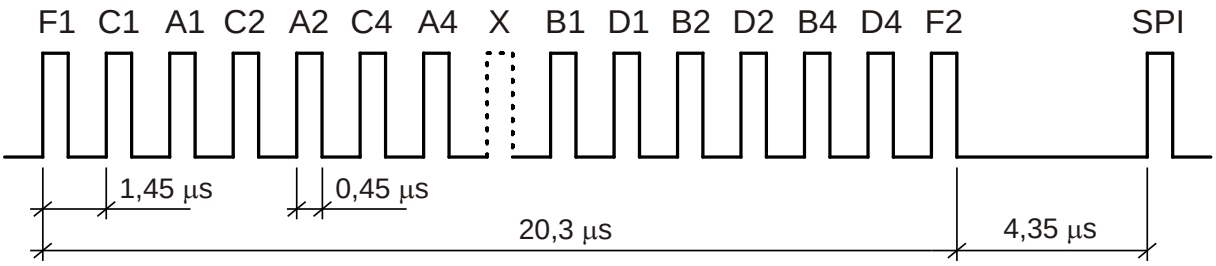
A1 A2 A4

B1 B2 B4

C1 C2 C4

D1 D2 D4

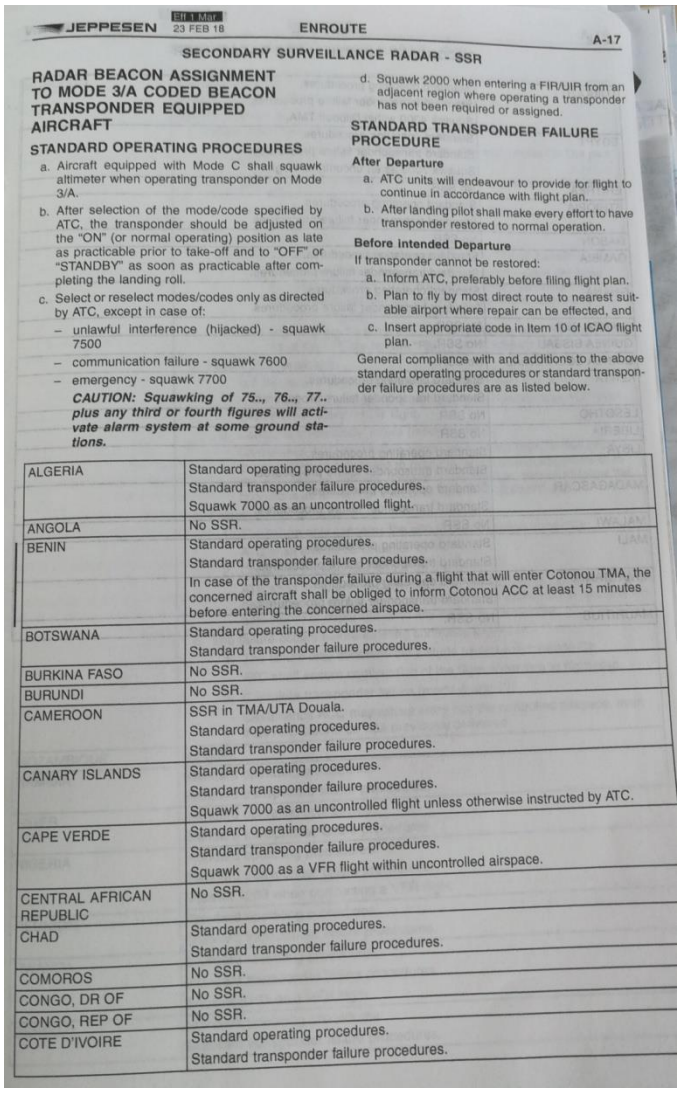
Každá trojice umožňuje 2^3= 8 možností, což jsou praxi čísla 0-7 na odpovídači. Celkově máme 4 čísla, takže celkem 8^4= 4096 identifikačních kódů Squawk. Mód A ještě obsahuje doplňujíc impuls SPI (Special position identification) – Squawk ident.



Obrázek 26: Impulzy odpovědi sekundárnímu radaru [10]

Mód C (informace o výšce) má obdobnou řadu impulsů jako mód A. Rozdíl je v nevysílání pulsu D1. Ukazuje barometrickou výšku vztaženou k 1013,25 hPa kvantovanou po 100 ft. Bohužel ani módy A a C nejsou dokonalé a mají chyby. Mezi ně patří omezený počet přidělených kódů, Garbling (zkreslení signálu – překrývání odpovědí od více odpovídačům stejném azimutu a ve vzájemné vzdálenosti menší jak 1,7 NM) a Fruiting (rušení falešnými odpověďmi na dotazy od jiných pozemních stanic). Z důvodu těchto chyb byl sekundární radar vylepšen módem S. Mód S obsahuje digitální zpracování signálu a k signálu typu A a C přidává dalších 112 bitů, z nichž je 24 určeno pro adresu letadla. To nám zvyšuje počet možných přidělených kódů na 2^{24}=16 777 216. Mezi další výhody patří adresné dotazy (zvýšení kapacity), přiřazení call sign, eliminace fruitingu, tlakový výška po 25 ft nebo downlink vybraných parametrů.

Z výše uvedeného popisu fungování a přesnosti obou radarů musí být každému jasné, že sekundární radar zajišťuje mnohem vyšší bezpečnostní standardy a je tak nezbytnou součástí každého moderního řídícího centra. Sekundární radar zároveň poskytuje možnost vpustit do vzdušného prostoru více letadel. Bohužel v Africe se dle aktuální publikace z Jeppesenu v mnoha státech se sekundárním radarem nesetkáme. Jako ukázku přikládám alespoň první stránku příručky na obrázku číslo 27, kde si můžeme všimnout, že většina států ve kterých jsou IFBP vyžadovány se sekundární radar nevyskytuje, ať už se bavíme o Angole, Burkině Faso nebo Středoafrické Republice. [10]



JEPPESEN EN 1 Mar 23 FEB 18 ENROUTE A-17

SECONDARY SURVEILLANCE RADAR - SSR

RADAR BEACON ASSIGNMENT TO MODE 3/A CODED BEACON TRANSPONDER EQUIPPED AIRCRAFT

STANDARD OPERATING PROCEDURES

a. Aircraft equipped with Mode C shall squawk altimeter when operating transponder on Mode 3/A.

b. After selection of the mode/code specified by ATC, the transponder should be adjusted on the "ON" (or normal operating) position as late as practicable prior to take-off and to "OFF" or "STANDBY" as soon as practicable after completing the landing roll.

c. Select or reselect modes/codes only as directed by ATC, except in case of:
- unlawful interference (hijacked) - squawk 7500
- communication failure - squawk 7600
- emergency - squawk 7700

CAUTION: Squawking of 75.., 76.., 77.. plus any third or fourth figures will activate alarm system at some ground stations.

d. Squawk 2000 when entering a FIR/UIR from an adjacent region where operating a transponder has not been required or assigned.

STANDARD TRANSPONDER FAILURE PROCEDURE

After Departure

a. ATC units will endeavour to provide for flight to continue in accordance with flight plan.

b. After landing pilot shall make every effort to have transponder restored to normal operation.

Before Intended Departure

If transponder cannot be restored:

a. Inform ATC, preferably before filing flight plan.

b. Plan to fly by most direct route to nearest suitable airport where repair can be effected, and

c. Insert appropriate code in Item 10 of ICAO flight plan.

General compliance with and additions to the above standard operating procedures or standard transponder failure procedures are as listed below.

ALGERIA	Standard operating procedures. Standard transponder failure procedures. Squawk 7000 as an uncontrolled flight.
ANGOLA	No SSR.
BENIN	Standard operating procedures. Standard transponder failure procedures. In case of the transponder failure during a flight that will enter Cotonou TMA, the concerned aircraft shall be obliged to inform Cotonou ACC at least 15 minutes before entering the concerned airspace.
BOTSWANA	Standard operating procedures. Standard transponder failure procedures.
BURKINA FASO	No SSR.
BURUNDI	No SSR.
CAMEROON	SSR in TMA/UTA Douala. Standard operating procedures. Standard transponder failure procedures.
CANARY ISLANDS	Standard operating procedures. Standard transponder failure procedures. Squawk 7000 as an uncontrolled flight unless otherwise instructed by ATC.
CAPE VERDE	Standard operating procedures. Standard transponder failure procedures. Squawk 7000 as a VFR flight within uncontrolled airspace.
CENTRAL AFRICAN REPUBLIC	No SSR.
CHAD	Standard operating procedures. Standard transponder failure procedures.
COMOROS	No SSR.
CONGO, DR OF	No SSR.
CONGO, REP OF	No SSR.
COTE D'IVOIRE	Standard operating procedures. Standard transponder failure procedures.

Obrázek 27: Výňatek z Jeppesen airway manuálu o absenci sekundárního radaru [11]

4.1 Konkrétní radarové systémy

Na světě se nachází mnoho výrobců a dodavatelů sekundárních přehledových systém, kteří by mohli být dodavateli do oblasti Afriky. Jelikož není cílem této práce porovnávat všechny sekundární radary, ale pouze zvážit možnost jejich využitelnosti budu pracovat s daty pouze od tří ukázkových produktů z dílen českých společností T-CZ, ELDIS a RAMET a.s..

4.1.1 MSSR M10SR

Jedná se o polovodičový monopulsní sekundární přehledový radar s možností využití S módu. Tento systém je vytvořen jako flexibilní, aby dával klientům možnost nadefinovat si požadavky i konfiguraci. Všechny části systému jsou vybaveny nezávislým zabudovaným kontrolním systémem, který nepřetržitě monitoruje všechny podsystémy. Tento radar je certifikován dle požadavků společnosti ICAO i Eurocontrol. Systém pracuje v duplikovaném módu a je schopný přenášet ICAO módy 1, 2, 3/A, C, B a D. Vložením dodatečného modulu

můžeme radar vylepšit na radar vyhovující standardům ICAO a Eurocontrol na mód S. Tento mód může být využitý na následujících úrovních:

a) Elementární – dotazuje se odpovídačů umístěných v letounech v All call periodě s módy 1, 2, 3/A, C, B a D, zároveň se dotazuje letounů vybavených módem S s identifikačním přehledovým kódem (24bitový adresa) a automaticky reportuje jejich výšku s přesností na 25 stop.

b) Enhanced – je dodatečná schopnost systému stáhnout si aktuální parametry letu (jako například aktuální rychlost, heading, náklon nebo nastavenou výšku) jak je předepsáno dle ICAO Annexu 10.

Hlavní parametry radaru jsou maximální dosah 256 NM, minimální dosah 0,25 NM, maximální výška 66000 stop, elevace 0,3 – 45 stupňů, maximální počet letounů za jednu otáčku 1000, perioda otáčky 4 – 7,5 vteřiny, pravděpodobnost detekce 98% [12]

4.1.2 MSSR RS-71S

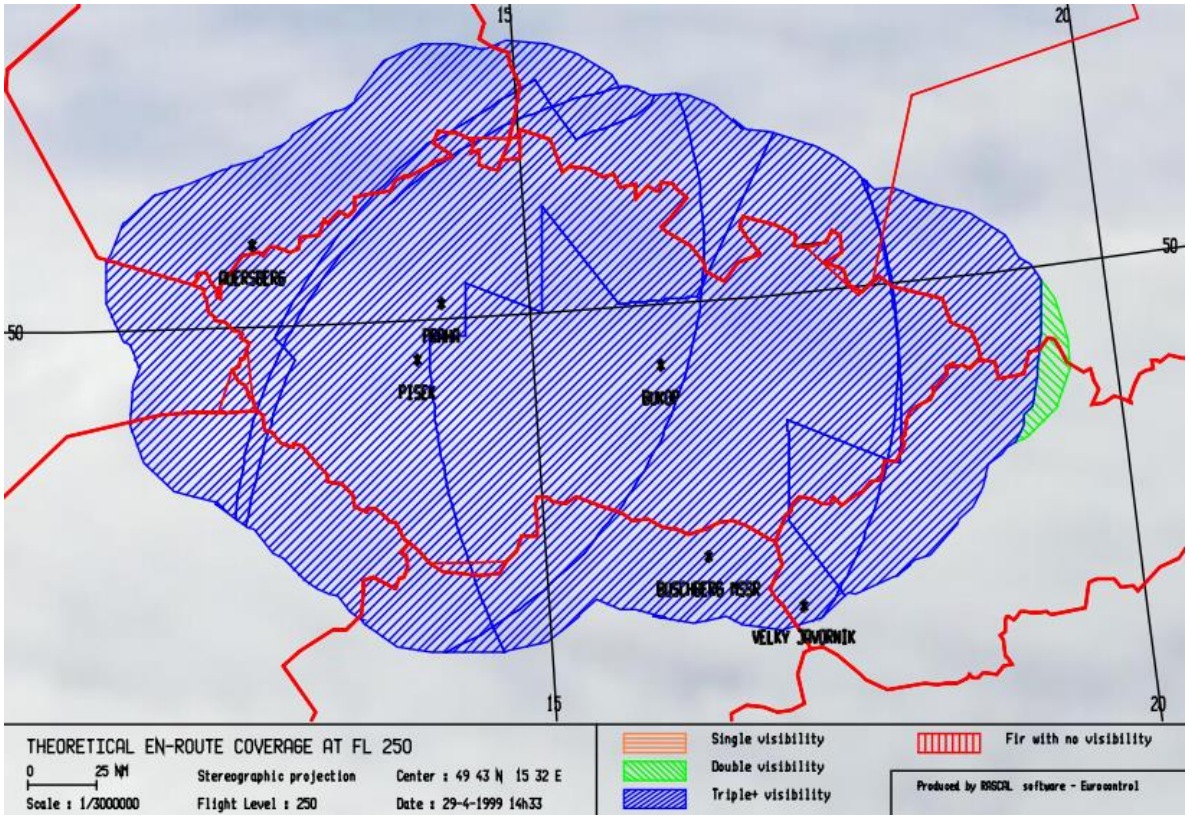
Jedná se o sekundární monopulsní přehledový radar fungující na principu zasílání dotazů odpovídačům umístěným v letounech a přijímaní jejich odpovědí. Systém může fungovat samostatně nebo dohromady s primárním radarem a ADS-B systémem. Tento přehledový radar je systém splňující všechny předpisové požadavky společností ICAO a Eurocontrol. Může být provozován v módech 1, 2, 3/A, C a S (až do úrovně 5, ELS/EHS). Tento radar může být využit jak pro řízení traťových letů, tak i pro řízení konečného přiblížení. Výstupní data jsou poskytovány jako standardizované ASTERIX protokoly. Hlavní parametry radaru jsou maximální dosah 256 NM, elevace 0 – 45 stupňů, maximální počet letounů za jednu otáčku 1000, perioda otáčky 4 – 10 vteřin, pravděpodobnost detekce 98% [13]

4.1.3 MSSR 1

Jedná se opět o monopulsní přehledový radarový systém, který splňuje všechny předepsané standardy ICAO a Eurocontrol a má stejný princip fungování i vysílacích módů jako předchozí radary. Může být provozován v módech 1, 2, 3/A, C a S (až do úrovně 5) přičemž výstupním formátem zjištěných dat jsou ASTERIX protokoly. Hlavní parametry radaru jsou maximální dosah 256 NM, minimální dosah 0,5 NM, maximální počet letounů za jednu otáčku 1800, perioda otáčky 4,5 – 15 vteřiny, pravděpodobnost detekce 98%.[14]

V případě výstavby radarů v oblasti východní Afriky by bylo ještě potřeba provézt studii o rozmístění radarů tak, aby poskytovaly dostatečné krytí a vzájemně s z důvodu vyšší bezpečnosti překrývali. Pokud je letadlo viditelné pouze díky jednomu radaru, tak při závadě na tomto zařízení může dojít ke zmizení informací indikovaných sekundárním radarem.

Následně budou k dispozici data pouze z radaru primárního. Jako příklad ideálního pokrytí si můžeme vzít region Evropy a konkrétně Českou Republiku, jejíž pokrytí je dosaženo pomocí tří radarů RSM970S od firmy THALES. Tyto radary společně s radary v okolních FIRech zajišťují na celém území FIRu Praha trojité překrytí (obrázek 28). Dosah těchto radarů se pohybuje v rozmezí 150 – 200 NM. [15]



Obrázek 28: Radarové pokrytí FIR Praha [15]

5 Využití CPDLC, ADS-B a ADS-C

Další možností řešení problematického řízení dopravy nad Afrikou by bylo povinné vybavení letounů systémy CPDLC, ADS-B nebo ADS-C. Systém CPDLC je systém, který umožňuje přímé spojení mezi pilotem a řídícím bez použití hlasové komunikace. Funguje na principu přenosu dat jak přes VHF komunikační kanály, tak i pro nás v oblastech Afriky zajímavější HF komunikační kanály. HF komunikační frekvence mají relativně daleký dosah, a tudíž by mohlo být možné posílat i zprávy z řídících oblastí, které se nenacházejí geograficky přímo v Africe.

5.1 Služby CPDLC

CPDLC umožňuje následující služby:

a) Data Link Initiation Capability (DLIC) – tato služba poskytuje nezbytné informace k umožnění prvního samotného spojení mezi letounem a stanovištěm řízení letového provozu. DLIC služba je uskutečněna vždy před prvním použitím jakékoliv jiné aplikace data linku.
b) ATC Communications Management Service (ACM) – tato služba poskytuje automatickou asistenci posádkám letounů a řídícím letového provozu s přenosem ATC komunikace (hlasové i CPDLC)
c) ATC Clearances Service (ACL) – tato služba umožňuje posádkám a řídícím letového provozu provádět operační výměny – posádky mohou posílat žádosti a řídící mohou vydávat povolení, instrukce a upozornění.
d) ATC Microphone Check Service (AMC) – tato služba umožňuje řídícím posílat instrukce všem letounům vybaveným CPDLC na dané frekvenci v daném čase, aby si ověřili, že jejich zařízení pro hlasovou komunikaci neblokuje daný hlasový kanál.
e) Departure Clearance (DCL) – tato služba poskytuje automatickou asistenci s žádostmi a doručeními odletových povolení letounu.
f) Downstream Clearance Service (DSC) – tato služba je poskytována posádkám letounů které mají žádat a obdržet povolení od příslušného stanoviště ATS, v jehož oblasti se bude letoun teprve nacházet za předpokladu, že řízení oblasti v, které se letoun aktuálně nachází, není schopné zprostředkovat koordinaci s tímto centrem.

Pokud je letoun předán z oblasti, která neumožňuje spojení přes CPDLC do oblasti, kde je CPDLC spojení umožněno, použije letoun DLIC k přihlášení do sítě. Přesný postup včetně časů je vždy uveden v AIPu příslušného státu. Pokud letoun přechází ze střediska vybaveným CPDL do střediska taktéž CPDL vybaveným dochází k přeladění automaticky. Pokud letoun letí z oblasti, kde je umožněno spojení přes CPDLC do oblasti bez této možnosti, dojde ke zrušení spojení za pomocí data linku automaticky se změnou frekvence.

I když CPDLC technologie nabízí širokou možnost uplatnění, nejčastěji je využit pro změnu kódu odpovídače sekundárního radaru, změna řídícího centra a přidělené komunikační frekvence, ATC povolení (například změna hladiny, vektorování, možnost directu, přidělení rychlosti), které není časově kritické s ohledem na provedení a odpovědi na CPDLC žádosti.

5.2 Kompozice CPDLC zprávy

Kompozice CPDLC zprávy musí mít standardní formát, musí být psán volnou řečí nebo předložkami a kódy. Volná řeč by neměla být používána, pokud je možno místo ní využít adekvátní zkratky a předložky. Výrazy, které je možné vynechat, jakožto třeba zdvořilostní fráze, musí být vynechány. CPDLC zpráva může být buď jednoelementární nebo multielementární. Maximálně však může jedna zpráva obsahovat podle ICAO ATN SARPs a dokumentu Eurocontrolu ED-110B 7 elementů. Systém kompatibilní se specifikacemi Eurocontrolu by měl povolit downlink zpráv obsahujících maximálně 2 elementy. Příkladem jednoelemntární zprávy může být například: Climb to (level) a příkladem multielementární zprávy například Climb to (level), climb at (vertical rate) minimum. Jednoelementární odpověď by měla být použita na multielementární dotazy. Pokud je jakákoliv část multielementární zprávy neudržitelný nebo nesplnitelná musí posádka letounu odpovědět frází UNABLE na celou multielementární zprávu (tzn. pilot nevyhoví ani jedné částí této zprávy). Toto by mohlo způsobit nechtěně prodlouženou výměnu. Z tohoto důvodu by multielementární zprávy měly být využívány co nejméně. Měli by být použity pouze tam, kde je to vyžadováno z jejich podstaty (například odletové povolení). S jedním letounem může v jedné zprávě probíhat pouze jeden dialog týkající se určitého okruhu události. Touto událostí může být jedna z níže specifikovaných:

a) událost týkající se horizontálního profilu trati
b) událost týkající se vertikálního profilu trati
c) událost týkající se změny rychlosti na trati
d) událost týkající se změny kódu odpovídače sekundárního radaru

Například je možné mít s jedním letounem v jeden čas dialog týkající se rychlostního omezení a změny letové hladiny, ale není možné, aby jedna zpráva pro jeden letoun v jeden čas obsahovala změnu kurzu a zároveň požadavek na direkt.

Pokud dojde k situaci, že je třeba opravit CPDLC zprávu hlasovou zprávu dojde k tomu za pomocí fráze: (volací znak) DISREGARD CPDLC (obsah zprávy) MESSAGE, BREAK, (opravená zpráva). Například: BTD123 DISREGARD CPDLC CLIMB MESSAGE, BREAK, CLIMB FLIGHT LEVEL 310. Pokud řídící nebo pilot obdrží varovnou zprávu týkající chyby jedné CPDLC zprávy, musí jí oba ohlásit hlasovou zprávou "CPDLC MESSAGE FAILURE". Pokud dojde k selhání celého CPDLC systému a pilot nebo řídící musí přejít na hlasovou komunikaci, musí stanice která má na své straně chybu obeznámit s touto situací druhou stranu pomocí fráze "CPDLC FAILURE". Pokud dojde k celkové chybě systému, musí řídící letového provozu obeznámit všechny letadlové stanici pomocí fráze: ALL STATIONS CPDLC FAILURE (volací znak oblasti). Pokud řídící letového provozu žádá všechny letadlové stanice nebo specifické letouny aby se vyvarovali odesílání CPDLC žádostí na omezenou časovou dobu měla by být následující fráze: ((volací znak) nebo všem stanicím) STOP SENDING CPDLC REQUESTS [dokud nebudete uvědomeni] [(důvod)]. Obnovení normálního provozu CPDLC by mělo být iniciováno pomocí fráze: ((volací znak) nebo všem stanicím) RESUME NORMAL CPDLC OPERATIONS. [16]

5.3 Automatic dependant surveillance (ADS)

Automatické závislé sledování je moderní systém, který byl vyvinut za účelem zvýšení bezpečnosti letecké dopravy. Umožňuje snížení rozestupů a zároveň pokrytí odlehlých oblastí nebo oblastí bez radarového pokrytí. Jedná se o systém, který vysílá a/nebo přijímá informace pomocí datových spojů. Tento systém je závislý na systémech a technologiích, které se nacházejí na palubě letounu. Toto v praxi znamená, že letoun si nejprve vygeneruje informace na palubě, a až následně je odešle na zem nebo okolním letounům. Informace o poloze získává systém ADS pomocí globálního navigačního satelitního systému GNSS – Global Navigation Satellite Systém (GPS, Galileo, GLONASS). Stále však ještě mohou být v dnešní době použity k určení polohy konveční navigační zařízení jako VOR/DME, INS atd. V dnešní době máme dva druhy ADS:

5.3.1 ADS-Contract

Tento druh ADS funguje na principu, že pozemní stanice vytvoří kontrakt. Na základě tohoto kontraktu posílá letoun automaticky při splnění požadovaných podmínek předdefinované informace v předepsaném množství. S využitím ADS-C se můžeme nejčastěji setkat nad oceány a v odlehlých oblastech. Kontrakty můžeme dělit na několik druhů:

- periodický – vysílá se periodicky v rozmezí 64 sekund až 68 minut, v případě vyslání nouzového signálu začne automaticky vysílat každých 64 sekund
- na vyžádání – data se odešlou pouze jednou když o ně někdo jednorázově zažádá
- při události – odešle se, když dojde k předem specifikované události, touto událostí může být například změna vertikální rychlosti nebo odchylka od předepsané letové hladiny

5.3.2 ADS- Broadcast

Tento druh ADS automaticky vysílá data, která mohou být přijata pozemními stanicemi i okolními letouny. Letoun může být vybaven ADS-B out technologií, která slouží k vysílání dat a ADS-B in technologií, která naopak slouží k přijímání a dekódování zpráv vyslaných pomocí ADS-B out. Letoun nemusí mít obojí ADS-B out a ADS-B in, ale může být vybaven pouze ADS-B out. ADS-B out vysílá pomocí jednoho ze dvou, v dnešní době nejrozšířenějších, způsobů šíření zpráv:

- Universal Access Transceiver (UAT)
- 1090 MHz Extended Squitter (ES)

V dnešní době je nejrozšířenějším způsobem v Evropě 1090 MHz Extended Squitter. 1090 ES vysílá odpovědi na stejné frekvenci jako palubní odpovídače sekundárních radarů (1090 MHz), což umožňuje přijímat i odpovědi na dotazy sekundárních dotazovačů. Jedná se o rozšíření funkcionality odpovídače o technologii ADS-B. Zpráva ES obsahuje 112 bitů, které jsou rozepsány v následující tabulce číslo 4:

Bit číslo	1-5	6-8	9-32	33-88	89-112
Jméno pole	DF	CA	AA	ME	PI
Počet bitů	5	3	24	56	24

Tabulka 4: Části a parametry zprávy ES [17]

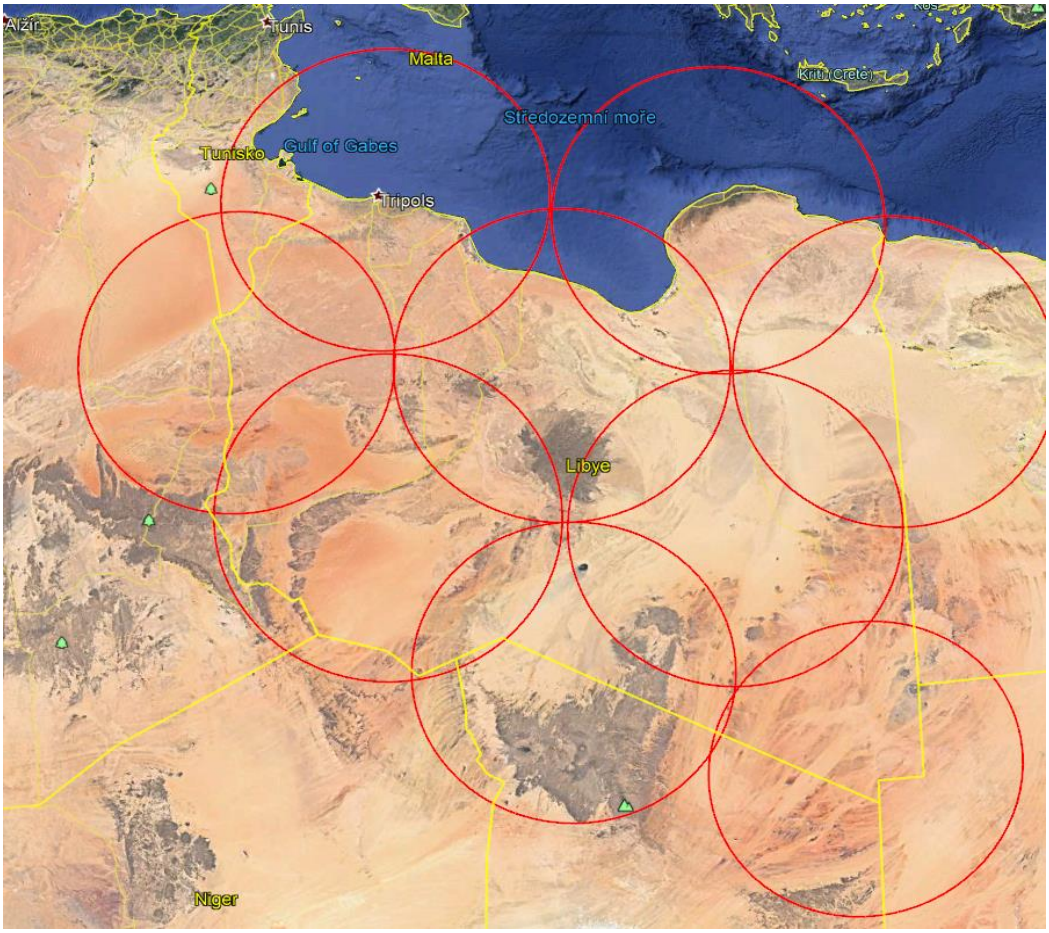
DF (downlink formát) formát sestupného spoje je pole o velikosti 5 bitů na začátku každé zprávy. Toto pole poskytuje informaci o typu zprávy a kódování. DF kód je definován v binárním tvaru a pro přepočet do decimální soustavy může nabývat celkem 25 hodnot (hodnoty 0-24). Další 3 bity zprávy označené jako CA (capability field) obsahují informace o úrovni a schopnosti odpovídače vysílajícího ADS-B zprávy. 24 bitové pole označené jako AA (aircraft address) obsahuje adresu vysílajícího zařízení. V současné době se musí použít ve všech formátech s výjimkou odpovědi na všeobecný dotaz Módu S (DF 11). Obsahuje 24 bitovou ICAO adresu letadla, která je pro každé letadlo jedinečná. Adresa slouží k identifikaci

a je obvykle uváděna v hexadecimálním formátu. Existuje 16 77 214 unikátních ICAO adres, každý stát má přidělený určitý blok adres. Dalším polem je pole ME (message). Toto 56 bitové pole se vyskytuje v každé z odpovědí 1090ES. V případě DF 17 obsahuje samotnou zprávu ADS-B. Jeho obsah je definován prvními 5 bity, které definují typ zprávy ADS-B tzv. Type Code (TC). Některé typy zpráv jsou ještě upřesněny dalšími 3 bity, které obsahují, tzv. Subtype Code (SC). Posledním polem je pole PI (parity/identify). Parita identifikace dotazovače je 24 bitové pole obsahující ověření správnosti zprávy, tzn., zda při vysílání nedošlo k poškození zprávy. Po ověření správnosti by měla být hodnota celého pole 0. [17]

6 Možnost využití sekundárního radaru v praxi

Možnost využití a výstavby sekundárních radarů na území oblasti, kde se aplikuje IATA In flight broadcast procedure je první možnost, která se nabízí jako řešení snížených bezpečnostních standardů. Na základě výše uvedeného obsahu práce bych rád zhodnotil na kolik je toto řešení možné, proveditelné a efektivní.

Z hlediska výstavby je potřeba si nejprve uvědomit o jak velikou oblast se jedná a kolik takových zařízení by bylo třeba postavit. V textu výše jsme se zabývali nejbezpečnější variantou používanou na většině území Evropy a to konkrétně variantou s trojitým překrytím radaru. I když je nejbezpečnější, tak klade samozřejmě nejvyšší nárok na finance a infrastrukturu. Proto bych se já konkrétně v případě Afriky zabýval v první fázi potenciálního řešení variantě, kde by se radary nepřekrývali a pouze v některých místech by existovalo dvojité překrytí. Na základě této myšlenky jsem se rozhodl jako příklad navrhnout možné rozmístění radarů v jednom z FIRů, kde se aplikují IATA in flight broadcast procedures. Konkrétně se jedná o FIR Tripoli.



Obrázek 29: Návrh rozmístění radarů ve FIRu Tripolis

Místa výstavby radarů jsem volil s ohledem na terén a dosah tak, aby došlo k pokrytí celého FIRu. Každá kružnice symbolizuje dosah vystavěného radaru s výrobcem garantovaným dosahem 256 NM. Jak je možné vyčíst z obrázku, tak na pokrytí FIRu Tripolis by bylo potřeba minimálně 9 radarů rozmístěných následovně. První radar by se nacházel na letišti Tripolis, druhý na letišti Al Khadim, třetí v oblasti letiště Ghadames, čtvrtý u města Zillah, pátý na hranici Libye a Egypta konkrétně na souřadnicích 28 jižní šířky a 25 východní délky, šestý u města Murzuk, sedmý u oázy Tazirbu, osmý na letišti Aozou a devátý přímo na trojmezí států Súdán, Čad, Lybie.

Na základě úvahy, že k pokrytí oblasti Lybie s rozlohou 1 760 000 km² potřebujeme 9 sekundárních radarů, můžeme za pomocí trojčlenky odhadnout počet radarů potřebných k pokrytí celé problematické oblasti východní Afriky. Vydělíme-li číslo 1 760 000 číslem 9, dostaneme, jakou plochu v kilometrech čtverečních vykryje přibližně jeden radar. Tato hodnota je 195 555 km². Vyjde nám sice přibližný odhad, který by nebyl pro konkrétní instalaci radarů možný použít, avšak pro prvotní analýzu aplikovatelnosti této metody bude zcela dostačující. Počet radarů nutných k pokrytí jednotlivých FIRů najdeme v tabulce číslo 5. Pakliže sečteme počet potřebných radarů ve všech FIRech dostaneme číslo 64. To znamená, že pro pokrytí oblasti celé východní Afriky by bylo potřeba okolo 64 radarů.

Název FIRu	Rozloha	Počet radarů
Asmara	117 598 km²	1
Brazzaville	342 000 km²	2
Kano	923 763 km²	5
Khartoum	1 886 000 km²	10
Kinshasa	2 345 000 km²	12
Luanda	1 247 000 km²	7
Mogadishu	637 655 km²	4
Niamey	1 267 000 km²	7
N'Djamena	1 284 000 km²	7
Tripoli	1 760 000 km²	9

Tabulka 5: Počet radarů v jednotlivých FIRech regionů IFBP [18]

I když se toto číslo může na první pohled s porovnáním počtu radarů například v Evropě jevit jako nízké a možnost instalace zařízení jako jednoduchá, je potřeba před finálním verdiktem týkající se této možnosti zvážit finanční stránku celé věci a především geopolitickou situaci v regionu. V první řadě je třeba si uvědomit, jak by bylo složité získat prostředky na financování tohoto projektu. Bohužel se mi nepodařilo od žádného výrobce sekundárních

radarů obdržet konkrétní cenu systému, ale lze uvažovat o částce v milionech dolarů. Většina států v této oblasti se nachází ve špatné finanční a logistické situaci, a tudíž pouze půjčka nebo pomoc od Eurocontrolu nebo jiné světové organizace by umožnila aplikaci tohoto řešení. Tyto oblasti jsou bohužel nejen ve špatné finanční situaci, ale i ve špatné již výše zmíněné geopolitické situaci. To znamená, že podle stránek ministerstva zahraničích věcí se ve většině zemí nachází protivládní ozbrojené jednotky, teroristické skupiny a jiné organizace ohrožující bezpečnost a stabilitu v regionu. Tyto skupiny se bohužel nacházejí i v oblastech, kde by bylo nutné vybudovat potenciální sekundární radary. To by mělo za následek buď zvýšené výdaje za ochranu objektů nebo v krajním případě i výdaje za poničení, odcizení nebo úplnou demolici objektů. Toto by mohlo způsobit, že by jednorázová finanční dotace nestačila a bylo by třeba čerpat finanční zdroje stále a stále dokola. Na to by s největší pravděpodobností žádná organizace ani banka nepřistoupila.

Shrneme-li si na závěr tuto možnost, tak mezi plusy by rozhodně patřila možnost sledování letounů na sekundárním radaru. Na druhou stranu však bohužel převažují negativa jako vysoká pořizovací cena spojená se složitým hledáním financování a problematická údržba a provoz. S ohledem na výše zmíněné fakty se mi tato možnost jeví jako neefektivní a tudíž bych jí neimplementoval do praxe.

7 Využití systémů CPDLC a ADS v praxi

Další diskutovanou možností pro zvýšení bezpečnosti v oblasti východní Afriky jsme uvažovali použití CPDLC a technologie ADS. Nyní bych se rád podíval na implementaci těchto technologií do praxe. Oba systémy by byli velice prospěšné.

V případě povinného využití ADS v oblastech Afriky by došlo k vymizení problému spojeného s absencí sekundárního radaru, jelikož systém ADS by byl plně schopný přenášet polohu letadla v reálném čase. Systém ADS-C je v tomto ohledu jednoznačně spolehlivější, přesnější a v odlehlých oblastech vhodnější nežli ADS-B, avšak zatím se stále jedná o poměrně moderní technologii, jejíž implementace do letounů všech mezinárodních dopravců by byla možná v řádu let a nevyřešila by tak problém zhoršené bezpečnosti v oblasti východní Afriky v rozumném časovém intervalu. Mohlo by jít klidně o dobu 5 – 10 let což je s přihlédnutím na zvyšující se hustotu provozu v oblasti příliš dlouhá doba. Z tohoto důvodu bych řešil situaci v Africe zavedením povinné implementace systému ADS-B nad letovou hladinu 290. Omezení nad hladinu 290 by bylo v první fázi povinného zavedení ADS-B. Toto opatření by bylo zcela jednoznačně z důvodu, že pro lokální operátory letů provozující lety regionálního charakteru by bylo finančně a logisticky nemožné tohoto vybavení dosáhnout v nejbližší době a takto by pro ně bylo možné stále lety operovat pod hladinu 290. O možném snižování hladiny pro povinné vybavení ADS-B by se dalo uvažovat v druhé fázi implementace v časovém horizontu 5 – 10 let od zavedení první fáze, aby i místní operátoři měli čas se na uvedená opatření připravit. Naopak pro mezinárodní dopravce létající přes Afriku by požadavek na ADS-B vybavení nad hladinu 290 neměl být veliký problém, na který by se museli nějak více připravovat, jelikož implementace ADS-B v destinacích kam běžně létají, jakožto například celý vzdušný prostor Evropy bude povinná v horizontu jednoho roku. Konkrétně od 8. 6. 2020 pro všechny letouny s maximální vzletovou hmotností nad 5700 kilogramů nebo pravou vzdušnou rychlostí letu přes 250 uzlů. ADS-B nebude povinností pouze v Evropě, ale i v jiných částech světa, které můžete vidět v tabulce číslo 6. [19]

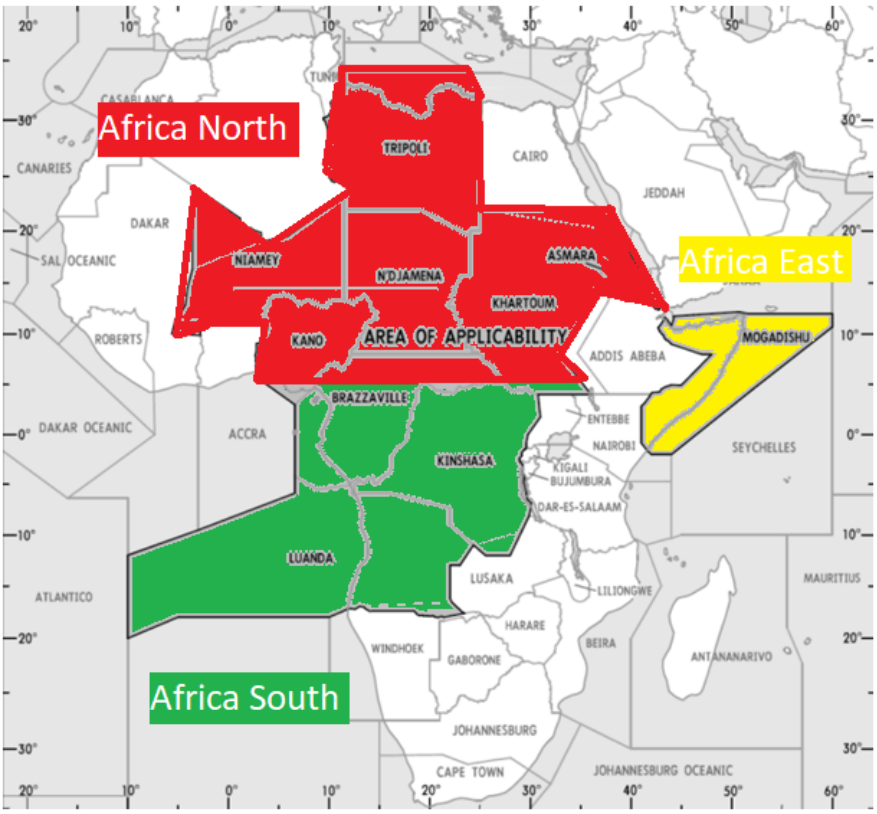
Pakliže by nám systém ADS umožnil vyřešit absenci sekundárního radaru. Tak systém CPDLC by nám umožnil vyřešit problém s oblastmi bez pokrytí VHF komunikačních frekvencí a zároveň by umožnil vyřešit problém s neadekvátně vycvičenými řídícími v oblasti Afriky, jelikož přes HF datalink by bylo možné řídit dopravu i řídících center mimo zájmovou oblast východní Afriky. Implementace do praxe by byla obdobná jako se systémem ADS. Opět by se jednalo o povinné vybavení tímto systémem pouze nad hladinu 290. V tomto případě by byla tato hladina konečná i do budoucna, jelikož využití CPDLC je primárně pro let v hladině, kde není nutné informace předávané řídícím letové dopravy provádět a dodržet úplně ihned, ale je tam oproti informacím přijímaným v jiných fázích letu povolena větší

časová prodleva na obdržení a provedení instrukce. Regionální dopravce by opět mohli využívat vzdušný prostor pod hladinu 290 a měli by neomezený čas na vybavení svých letadel systémem CPDLC v případě zájmu létat i nad hladinu 290. Oproti tomu by to pro mezinárodní dopravce opět nemělo znamenat žádné veliké zatížení, jelikož povinná implementace CPDLC v různých částech světa kam běžně létají, nastane rovněž v nejbližších měsících. Konkrétně v případě Evropy bude povinné CPDLC vyžadováno od 5. 2. 2020 pro všechny letouny letící nad hladinu 285. [20]

Kanada	V platnosti	ADS-B Out pro požadované tratě
Hong Kong	V platnosti	FL290+
Singapure	V platnosti	FL290+ na specifických vzdušných cestách
Srí Lanka	V platnosti	FL290+ v TMA Kolombo
Vietnam	V platnosti	FL290+ na specifických vzdušných cestách
Seychely	V platnosti	Celý vzdušný prostor
Indonésie	V platnosti	Mezi FL290 a FL460 ve FIRu Jakarta a Ujung Pandang
Mexiko	V platnosti	Pro lety ≥ 3000ft do 12NM od pobřeží Golfského zálivu
Taiwan	2019-12-31	Nad FL290 ve FIRu Taipei
USA	2020-01-01	Všude, kde je v dnešní době vyžadován Mód C odpovídače
Kolumbie	2020-01-01	Celý vzdušný prostor
Austrálie	2020-06-07	Celý vzdušný prostor
Evropa	2020-06-08	IFR > 5,700kg nebo >250 KTAS

Tabulka 6: Světové požadavky na vybavení systémem ADS [19]

Jediné co by bylo v případě této možnosti potřeba vyřešit a zafinancovat by byla stavba nových řídících středisek a vycvičení řídících pro tuto oblast. Financování a výcvik by si vzal na starost vždy region, kde by se řídící centrum nacházelo a k návratnosti této investice by došlo během několika let díky přeletovým poplatkům, které by si jednotlivé oblasti rozdělovali. Tyto řídící centra by se nacházeli zcela mimo oblast, kterou by řídili. Bylo by to z důvodu špatné geopolitické situace v oblastech regionů, kde se IATA in flight broadcast procedures aplikují a zároveň z důvodu špatně vycvičených řídících v oblasti. Tyto střediska by následně byli schopné řídit svoje oblasti nadálku díky možnostem právě systémů CPDLC a ADS. Oblast IATA Inflight broadcast procedures by se rozdělila na tři regiony. První region nazvaný Africa North by byl na sever od rovnoběžky 5 stupňů severní šířky vyjma oblasti Mogadishu. Tento region by měl řídící centrum na Maltě. Druhý region nazvaný Afriky South by byl na jih od rovnoběžky 5 stupňů severní šířky vyjma oblasti Mogadishu. Tento region by měl řídící centrum ve Windhoeku v Namibii. Třetí region by byl nazvaný Africa East a jednalo by se o celý původní FIR Mogadishu. Řídící centrum této oblasti by bylo v Muscatu v Ománu. Na mapě by rozdělení vypadalo jako na obrázku číslo 30.



Obrázek 30: Návrh řídících center pro oblast IFBP

Kombinace systémů CPDLC a ADS se jeví jako dobré řešení, mezi jehož plusy patří možnost eliminace problémů spojených s absencí sekundárních radarů a špatně vycvičených řídících letového provozu. Zároveň výhodou je i finanční stránka celé věci, jelikož letečtí přepravci by nemuseli investovat žádné nové finanční prostředky, jelikož povinnost být vybaven těmito systémy jim udávají i jiné regiony po celém světě. Jediným mínusem tohoto řešení by byla nutnost vytvořit řídící centra mimo Afriku a vycvičit nové řídící letového provozu pro tuto oblast.

8 Využití procedurální navigace v praxi

Možnost řídit provoz procedurálně bylo poslední možné řešení uvažované v této práci. V případě možnosti procedurálního řízení bych opět rozdělil oblast IATA In flight broadcast procedures na tři oblasti podle kritérií popsaných v odstavci výše. V oblasti by nebylo třeba vytvářet nové vzdušné cesty, jelikož je jich v oblasti vykonstruovaných dostatek. Hlavním přínosem by bylo řízení provozu zkušenými řídícími procedurálně na těchto tratích místo toho, aby si rozestupy zajišťovali posádky vzájemně sami pomocí takzvaného vysílání naslepo. Procedurální řízení by bylo opět v oblasti od hladiny 290 výše.

Ohledně vertikálních separací by se jednalo od hladiny 290 do hladiny 410 o klasický RVSM prostor a tudíž by zde platili vertikální separace v souladu s předpisem o RVSM. Konkrétně by tato separace byla 1000 stop. Nad hladinu 410 by se aplikovali non RVSM minima tudíž 2000 stop. Hladiny s tratí od 0 stupňů do 179 stupňů by byly liché a tratě od 180 do 359 stupňů by byli sudé.

Laterální separace ať už a paralelních tak na protínajících vzdušných cestách by musela být minimálně 50 NM z důvodů předpisových specifikací. Na tento druh separace je totiž dostačující RNP10, které se v odlehlých oblastech považuje za standart. Pro paralelní separaci nižší je už třeba mít různé požadavky, s kterými v tomto prostoru nepočítáme. Patři mezi ně třeba vybavení systémem ADS-C nebo oboustranné spojení přes VHF mezi pilotem a řídícím.

Podélné separace už by záviseli především na situaci a vhodnosti jejich použití ze strany řídícího. Lze však jednoznačně říci, že jakákoliv minima s požadavky na přímé VHF spojení mezi řídícím a ADS-C nebude možno použít. S největší pravděpodobností jde doporučit ať už využití separace za pomoci času, vzdálenosti nebo Machova čísla.

Mezi hlavní plusy procedurálního řízení letového provozu patří zvýšení bezpečnosti zajištěním a hlídáním rozestupů od řídících místo řízením rozestupů piloty samotnými využívajíc jakéhosi vysílání naslepo. Na druhou stranu mezi negativní stránku věci stejně jako případě ADS a CPDLC patří nutnost vybudovat řídící centra a vycvičit pro ně adekvátní řídící. Jak už však bylo zmíněno výše v textu, tato varianta by měla finanční návratnost, a tudíž by nebylo nemožné ji zafinancovat.

9 Závěr

Bakalářská práce si kladla za cíl zhodnotit dosavadní způsob řízení letecké dopravy v oblasti východní Afriky a v teoretické rovině navrhnout vhodné řešení. V rozsahu práce byla provedena komplexní analýza a zároveň byly hledány optimální varianty. Nelze předpokládat výstavbu sekundárních radarů v oblasti východní Afriky v dohledné době a v dostatečném rozsahu. Sice by se jednalo o řešení efektivní s ohledem na zvýšení bezpečnosti, bohužel však převažují záporné stránky potenciálního projektu v podobě složitého financování a především ve složité údržbě a ochraně daných objektů v geopoliticky a finančně nestabilních regionech. Naopak na základě faktů, které jsou v bakalářské práci uvedeny, CPDLC a ADS technologie, stejně tak jako využití procedurální navigace se jeví jako optimální řešení. Obě řešení mají stejný problém a to konkrétně v nutnosti postavit řídící centra a vycvičit řídící letového provozu mimo oblast IATA Inflight broadcast procedures. Tento problém je však řešitelný a finanční návratnost v podobě poplatků vybraných z přeletů letadel mu dává naději k realizaci. Po vyřešení problému s výstavbou těchto center už převažují pouze pozitivní stránky věci. S ohledem na fakt, že vyřešením problému s postavením center by se vyřešil problém u obou možností, jednoznačně nejlepším řešením, ke kterému jsem po důkladné analýze dat v práci dospěl, se jeví spojení využití technologií ADS, CPDLC a procedurální navigace. V tomto případě by se vyřešila absence sekundárních radarů pomocí ADS technologie a absence VHF obousměrné komunikace s kvalifikovanými řídícími pomocí HF datalinku. Za pomocí těchto technologií by měli řídící možnost provádět adekvátní a bezpečnou procedurální navigaci s dodržováním všech stanovených separačních minim. Tímto by se vyeliminovala nutnost používat IATA Inflight broadcast procdures s potenciálně nebezpečným vysíláním posádek naslepo a bezpečností standardy v oblasti by se dostaly na přijatelnou úroveň.

V předkládané bakalářské práci je navrženo řešení analyzovaného problému nedostatečné bezpečnosti letecké dopravy v oblasti východní Afriky. Navrhuji využít kombinaci ADS, CPDLC a procedurální navigace, které odstraňují velikou většinu nebezpečných vlivů vyskytujících se v oblasti. Předkládaná práce představuje komplexní studijní materiál pro letecký personál, který má sloužit pro primární seznámení s problematikou organizace letového provozu v dané oblasti. Přínosem této práce je konkrétní návrh, jak zvýšit bezpečnost letecké dopravy v dané oblasti. Může být dále využita jako primární text pro samostudium pilotů českých leteckých společností, kteří se připravují na lety do destinací východní Afriky. Může být též využita jako vstupní text pro diskuzi o této problematice. Tato bakalářská práce bude podkladem pro navazující diplomovou práci, která by měla řešit danou problematiku v širším kontextu.

10 Použité zdroje

[1] *Flight Connections* [online]. 2018 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: https://www.flightconnections.com/

[2] Aircraft orders. *Airliner watch* [online]. 2018 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: https://airlinerwatch.com/tag/aircraft-orders/

[3] Near plane collision in Kenya raises alarm over safety in African skies. *ETN* [online]. 2018 [cit. 2018-10-07]. Dostupné z: https://www.eturbonews.com/232904/near-plane-collision-in-kenyan-raise-alarm-over-safety-in-african-skies/

[4] What are the challenges flying through Africa?. *Flight Deck Friend* [online]. 2018 [cit. 2018-10-14]. Dostupné z: https://www.flightdeckfriend.com/2017/06/12/what-are-the-challenges-flying-through-africa/

[5] IATA In-flight Broadcast Procedure (IFBP). *IATA* [online]. 2014 [cit. 2018-11-24]. Dostupné z: https://www.iata.org/whatwedo/safety/Documents/Operational-Notices/ON_001_14_IFBP_in_AFI_region.pdf

[6] Reduced Vertical Separation Minima (RVSM). In: *Skybrary* [online]. 2015 [cit. 2019-01-11]. Dostupné z: https://www.skybrary.aero/index.php/Reduced_Vertical_Separation_Minima_(RVSM)

[7] HLAVA 5 – DRUHY A MINIMA ROZSTUPŮ. *Air Navigation Services of the Czech Republic* [online]. 2017 [cit. 2019-02-16]. Dostupné z: https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm

[8] ADS-B In Trail Procedures (ITP). *FAA* [online]. 2016 [cit. 2019-01-27]. Dostupné z: https://www.faa.gov/nextgen/programs/adsb/pilot/itp/

[9] DOC 4444. *ICAO* [online]. 2016 [cit. 2019-02-16]. Dostupné z: https://ops.group/blog/wp-content/uploads/2017/03/ICAO-Doc4444-Pans-Atm-16thEdition-2016-OPSGROUP.pdf

[10] MATOUŠ, Štěpán. Palubní přístroje II. Praha, 2005. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, ústav letecké dopravy.

[11] Mapová dokumentace Jeppesen ENROUTE. Englewood: JEPPESEN, 2018.

[12] MSSR M10SR. *Ramet* [online]. 2019 [cit. 2019-03-03]. Dostupné z: https://www.ramet.as/mssr-m10sr

[13] Monopulse secondary surveillance radar RS-71S. *T-CZ* [online]. 2019 [cit. 2019-03-03]. Dostupné z: http://www.tcz.cz/radar-systems/surveillance-radars/monopulzni-sekundarni-prehledovy-radar-rs-71s/?lang=en

[14] MSSR-1 Monopulse Secondary Surveillance Radar. *Eldis* [online]. 2019 [cit. 2019-03-03]. Dostupné z: http://www.eldis.cz/en/mssr-1-monopulse-secondary-surveillance-radar

[15] Radarové sítě v ČR. *Fd.cvut* [online]. 2019 [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: https://www.fd.cvut.cz/projects/k621x1ca/dokumenty/radary.pdf

[16] Controller Pilot Data Link Communications (CPDLC). *Skybrary* [online]. 2017 [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: https://www.skybrary.aero/index.php/Controller_Pilot_Data_Link_Communications_(CPDLC)

[17] *ANALÝZA KONDENZAČNÍCH STOP PROSTŘEDNICTVÍM DAT VYSÍLANÝCH LETADLY* [online]. Praha, 2018 [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/77339/F6-DP-2018-Paleckova-Lucie-final.pdf?sequence=-1&isAllowed=y. Diplomová práce. ČVUT.

[18] Seznam států světa podle rozlohy. In: *Wikipedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2019-08-20]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Seznam_st%C3%A1t%C5%AF_sv%C4%9Bta_podle_rozlohy

[19] *ADS-B Info* [online]. 2019 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: https://www.ads-binfo.com/

[20] CPDLC & ACARS Mandates. *Atl.aero* [online]. 2018 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: https://atl.aero/wp-content/uploads/2019/01/CPDLC-Installation-v2.pdf

11 Seznam obrázků

Obrázek 1: Mapa oblasti s využitím IFBP

Obrázek 2: Body příčného rozstupu

Obrázek 3: Letadla na stejné trati

Obrázek 4: Letadla na protisměrné trati

Obrázek 5: Letadla na křižujících se tratích

Obrázek 6: 15minutový rozstup mezi letadly na stejné trati a stejné hladině

Obrázek 7: 10minutový rozstup mezi letadly na stejné trati a stejné hladině

Obrázek 8: 5 minutový rozstup mezi letadly na stejné trati a stejné hladině

Obrázek 9: 5 minutový rozstup mezi letadly na stejné trati a stejné hladině

Obrázek 10: 15minutový rozstup mezi letadly na křižujících se tratích a stejné hladině

Obrázek 11: 15minutový rozstup mezi letadly na křižujících se tratích a stejné hladině

Obrázek 12: Rozstup mezi letadly 37 km (20 NM) na stejné trati a hladině založený na DME nebo GNSS

Obrázek 13: Rozstup mezi letadly 19 km (10 NM) na stejné trati a hladině založený na DME nebo GNSS

Obrázek 13: Rozstup mezi letadly 19 km (10 NM) na stejné trati a hladině založený na DME nebo GNSS

Obrázek 14: Rozstup 19 km (10NM) mezi stoupajícím letadlem a letadlem na stejné trati založený na DME nebo GNSS

Obrázek 15: Rozstup 150 km (80NM) mezi stoupajícím letadlem a letadlem na stejné trati založený na RNAV

Obrázek 16: Rozstup 150 km (80NM) mezi letadly na protisměrných tratích založený na RNAV

Obrázek 17: Schéma ITP postupů

Obrázek 18: Možnosti využití podélných separačních minim založených na měření vzdálenosti za použití ADS-B in trial procedure

Obrázek 19: Výpočet podélné vzdálenosti/času mezi letadly – stejná identická trať, stejný směr

Obrázek 20: Výpočet podélné vzdálenosti/času mezi letadly – stejná identická trať, protisměr

Obrázek 21: Výpočet podélné vzdálenosti/času mezi letadly – stejná myšlená trať, ale ne identická

Obrázek 22: Výpočet podélné vzdálenosti/času mezi letadly – stejná trať, ale ne identická a křižující se tratě

Obrázek 23: Výpočet podélné vzdálenosti/času mezi letadly – paralelní tratě

Obrázek 24: Výpočet podélné vzdálenosti/času mezi letadly – protilehlé strany vzhledem ke společnému bodu

Obrázek 25: Vyzařovací diagram sekundárního radaru

Obrázek 26: Impulzy odpovědi sekundárnímu radaru

Obrázek 27: Výňatek z Jeppesen airway manuálu o absenci sekundárního radaru

Obrázek 28: Radarové pokrytí FIR Praha

Obrázek 29: Návrh rozmístění radarů ve FIRu Tripolis

Obrázek 30: Návrh řídících center pro oblast IFBP

12 Seznam tabulek

Tabulka 1: Požadavky na laterální separace na protínajících se tratích

Tabulka 2: Minima pro Podélné separace založené na vzdálenosti s použitím RNP RNAV bez použití ADS-C

Tabulka 3: Podélné separační minima založená na výkonnosti

Tabulka 4: Části a parametry zprávy ES

Tabulka 5: Počet radarů v jednotlivých FIRech regionů IFBP

Tabulka 6: Světové požadavky na vybavení systémem ADS