

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Letové tratě a jejich provozní specifikace
Michal Neuer

Bakalářská práce
2011

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2010/2011

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

Jméno a příjmení: **Michal NEUER**
Osobní číslo: **D08562**
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**
Studijní obor: **Technologie a řízení dopravy**
Název tématu: **Letové tratě a jejich provozní specifikace**
Zadávací katedra: **Katedra technologie a řízení dopravy**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Úvod

- 1) Analýza současného stavu letových tratí
- 2) Analýza současného využívání vzdušného prostoru
- 3) Srovnání možností a návrhů na efektivnější využití vzdušného prostoru

Závěr

Rozsah grafických prací: 2-3
Rozsah pracovní zprávy: 30-40
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:


- (1) KULČÁK, Ludvík - a kolektiv. Air Traffic Management. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2002, 314 s. ISBN 80-7204-229-7
- (2) PRŮŠA, Jiří - a kolektiv. Svět letecké dopravy. Praha : Galileo CEE Service ČR, 2007, ISBN 978-80-239-9206-9
- (3) ICAO. North Atlantic MNPS airspace operations manual Edition 2009. European and North Atlantic Office of ICAO (France), 116 s.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. David Šourek, Ph.D.
Katedra technologie a řízení dopravy

Datum zadání bakalářské práce: 1. února 2011
Termín odevzdání bakalářské práce: 31. května 2011


prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.
děkan

L.S.


doc. Ing. Pavel Drdla, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 1. února 2011

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména ze skutečnosti, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Praze dne 24. května 2011



Michal Neuer

ANOTACE

Hlavní náplní této práce je analýza současného využití letových tratí a vzdušného prostoru. Zvláštní část bude věnována letovým tratím nad polárními oblastmi, vodními plochami a jejich provozním specifikacím a odlišnostem oproti letovým tratím nad pevninou. V závěru práce budou vyhodnoceny nedostatky a nové příležitosti k efektivnějšímu využití vzdušného prostoru v souvislosti s evropským projektem jednotného nebe. V průběhu práce budou postupně vyhodnoceny možnosti snížení negativního dopadu letecké dopravy na životní prostředí a snížení nákladů na provoz letecké dopravy.

KLÍČOVÁ SLOVA

letové tratě, vzdušný prostor, rozstupy

TITLE

Airways and their operational specifications

ANNOTATION

The main scope of the thesis is an analysis of current usage of airways and air space. The thesis includes distinctive part, which is devoted to airways over polar areas, water areas and their operational specifications and differences compared to airways over land. The insufficiencies and new opportunities leading to more efficient usage of air space in connection with european project of single sky are evaluated at the close of the thesis. Within the thesis, the opportunities leading to reduction of air transport impact upon environment and operational cost reduction are evaluated.

KEYWORDS

airways, air space, separations

Úvod	7
1 Analýza současného stavu letových tratí a využívání vzdušného prostoru.....	8
1.1 Současný stav a možnosti vedoucí ke zvýšení efektivity letecké dopravy.....	8
1.2 Definice letové tratě a její význam	10
1.3 Napojení příletových a odletových tratí	11
1.4 Traťové mapy	12
1.5 Podmíněné tratě	13
1.6 Rozstupy	13
1.6.1 Vertikální rozstupy	13
1.6.2 Horizontální rozstupy s využitím prostorové navigace RNAV.....	15
1.7 Zavedení prostorové navigace RNAV.....	16
1.8 Navýšení propustnosti vzdušného prostoru.....	17
2 Polární tratě	19
2.1 Provozní výhody polárních tratí	20
2.2 Zvláštnosti a odlišnosti polárních tratí od konvenčních tratí.....	22
2.2.1 Kontrola teploty paliva	22
2.2.2 Komunikace.....	23
2.3 Požadavky amerického úřadu FAA vykonávajícího dozor nad civilním letectvím .	23
2.3.1 Vyšší počet položek na minimální vybavení letadla (MEL)	24
2.3.2 Záložní plán pro cestující při diverzi letadla	24
2.3.3 Speciální kvalifikace pro posádky	24
2.3.4 Výběr záložních letišť	24
3 Létání přes rozlehlé vodní plochy	26
3.1 Transoceánské tratě	26
3.2 Využití větrných proudů (jetstreamů).....	27
3.3 Řízení letového provozu nad oceány.....	28
3.4 Lety dvoumotorových letadel s prodlouženým doletem - ETOPS.....	29
4 Současné možnosti pro efektivnější využití vzdušného prostoru.....	31
4.1 Jednotné evropské nebe - SES.....	32
4.1.1 Evropský výzkumný program pro řízení letového provozu - SESAR	33
4.1.2 4D trajektorie.....	34
4.1.3 Široko-systémový informační management - SWIM.....	35
4.2 Převedení části výkonů letecké dopravy na železnici	36
Závěr.....	39
Seznam použitých informačních zdrojů	40
Seznam obrázků.....	42
Seznam tabulek.....	43
Seznam použitých zkratk	44
Seznam příloh.....	46

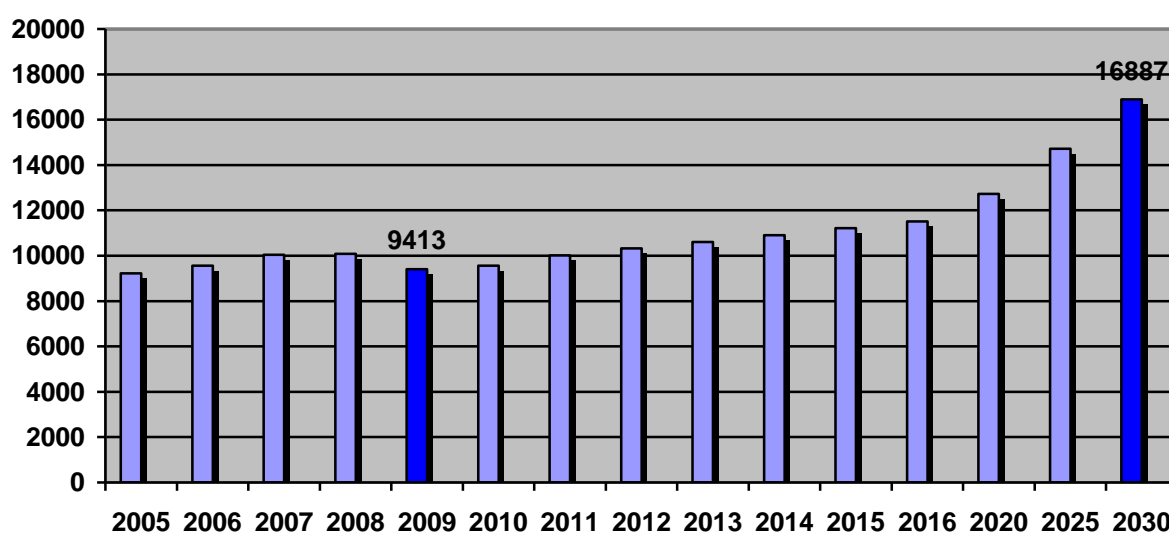
Úvod

Od počátku rozvoje civilního letectví, které můžeme datovat na počátek 20. století, se mnohé změnilo. Z počátku neexistovaly letové tratě a pohyb letadel v prostoru byl takřka neřízený. S postupným nárůstem letového provozu však vznikla potřeba letový provoz usměrňovat. Postupně se tak vytvořil systém koordinování letového provozu na principu vedení letadla po určité trati. Souběžně s tím se začaly objevovat první letecké mapy znázorňující síť letových tratí na vymezeném území, díky kterým bylo možné stanovit trať letu, zjednodušit orientaci letovým posádkám a efektivně řídit letový provoz. S mohutným rozmachem civilní letecké dopravy ve druhé polovině 20. století začalo letových tratí razantně přibývat a letový provoz se začal postupně zahušťovat. Z tohoto se důvodu se začalo rozšiřovat radarové pokrytí jednotlivých oblastí, díky kterému bylo možné několikanásobně snížit současné rozstupy mezi letadly a tím i uspokojit stoupající poptávku po tomto druhu dopravy. S dalším nárůstem letecké dopravy se na konci minulého století začaly objevovat první oblasti, kde již kapacita vzdušného prostoru nebyla dostatečná, aby pokryla poptávku po letecké dopravě ve špičkových hodinách. Tento problém se týkal především západní Evropy a Severní Ameriky. Pravidelné linky tak musely být plánovány i mimo dopravci požadovaných časů a začalo docházet k častému zpoždování letů. Muselo se tedy opět začít s navyšováním kapacity vzdušného prostoru různými postupy, které vedly k dočasnému uspokojení aktuální poptávky. V dlouhodobém výhledu však bude nutné kapacitu vzdušného prostoru a využití letových tratí nad vytiženými oblastmi zcela restrukturalizovat, aby bylo možné pojmout očekávaný nárůst letecké dopravy, který se má během následujících desítek let zdvojnásobit.

1 Analýza současného stavu letových tratí a využívání vzdušného prostoru

1.1 Současný stav a možnosti vedoucí ke zvýšení efektivity letecké dopravy

Podle předpovědi organizace Eurocontrol bude nad Evropou do roku 2030 nárůst pohybů dopravních letadel přibližně o 80 % vyšší v porovnání s rokem 2009, jak je znázorněno na obrázku číslo 1.



Obrázek 1: Očekávaný počet pohybů dopravních letadel nad Evropou (v tisících)

Zdroj: (1)

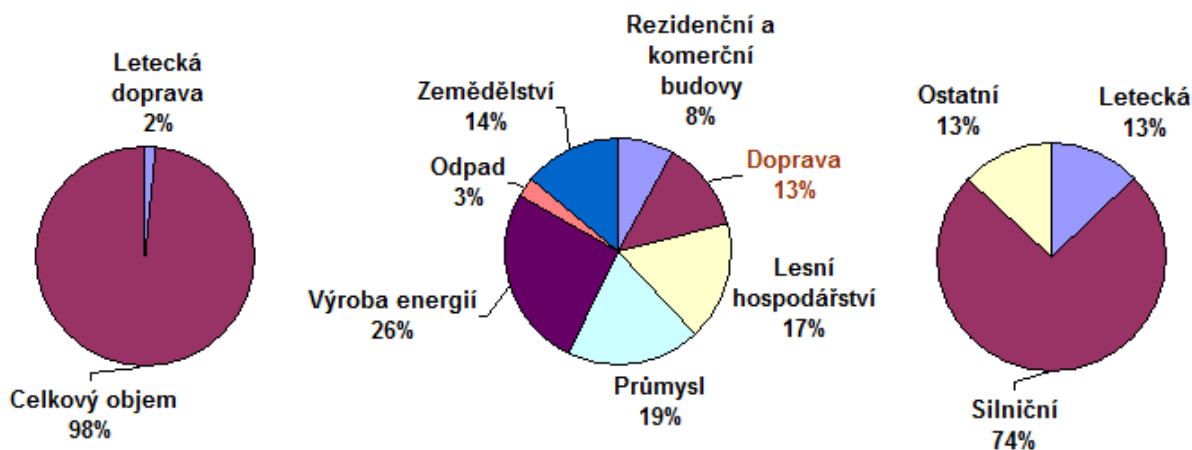
Z tohoto grafu vyplývá průměrný očekávaný nárůst letecké dopravy v Evropě o 2,8 % každým rokem. Větší růst se očekává ve střední a východní Evropě a naopak nižší růst v Evropě západní. Mezinárodní organizace ICAO (International Civil Aviation Organization) odhaduje průměrný globální růst letecké osobní dopravy o 4,8 % ročně až do roku 2036. Provoz v Evropě tedy poroste pomaleji, než bude celosvětový průměr.

Samotný růst letecké dopravy se nejčastěji odvíjí především od růstu HDP daného regionu či státu. Dá se tedy očekávat, že regiony s rozvíjející se ekonomikou mezi které se dají zařadit latinská Amerika, východní Evropa, Afrika a některé části Asie, se budou moct těšit z vyššího růstu, než jaký je očekáván u vyspělých ekonomik v západní Evropě, Japonsku, či Severní Americe.

Aby bylo možné pojmout tak velký nárůst letů, je zapotřebí přeměnit strukturu letových tratí a jejich využití. V současné době se tomuto tématu věnuje poměrně velká

pozornost především ze dvou důvodů. Tím prvním, jak již bylo uvedeno, je nedostatečná kapacita vzdušného prostoru a tím druhým je snížení negativního dopadu letecké dopravy na životní prostředí. Dopad letecké dopravy na životní prostředí je přímo úměrný spotřebě paliva a její podíl je znázorněn na obrázku číslo 2. Čím více paliva letadlo spotřebuje, tím více vyprodukuje emise a tím více je zasaženo životní prostředí. V současné době bohužel není možné, aby si každý dopravce zvolil ideální letovou hladinu, optimální trať a trajektorii letu. Vždy je nutné přizpůsobit se aktuální situaci a dostupné kapacitě vzdušného prostoru. Dochází tak k navyšování vzdálenosti a doby letu, nahodilému klesání či stoupání, zpoždění a tím vším k vyšší spotřebě pohonných hmot.

Podíl letecké dopravy na celkové produkci CO₂



Obrázek 2: Podíl letecké dopravy na znečištění životního prostředí

Zdroj: (2)

Podle propočtu mezinárodní organizace IATA (International Air transport Association) je v současné době možné snížit produkci emisí a spotřebu paliva efektivnějším využitím letových tratí a vzdušného prostoru o 3 – 5 %. Ačkoliv se na první pohled jedná o poměrně malé číslo, není tomu tak. Pokud jej vyjádříme v materiálních prostředcích, jedná se o významné množství. Například v Evropě se dle organizace IATA očekává po dokončení evropského projektu jednotného evropského nebe, který by měl přispět ke zlepšení současné situace, roční úspora na pohonných hmotách kolem 4 milionů tun leteckého petroleje. Úspora vyjádřená ve finančních prostředcích, by tak činila kolem 8 miliard dolarů při ceně ropy 85 dolarů za barel. Možnou úsporu pohonných hmot je možné si lépe představit podle průměrných statistických ukazatelů uvedených níže:

- průměrná spotřeba paliva na minutu letu činí 49 kg leteckého petroleje,
- průměrná spotřeba paliva za jednu námořní míli (1,852 km) činí 11 kg leteckého petroleje,
- průměrná spotřeba paliva na osobu/100 km činí 5 litrů leteckého paliva.

1.2 Definice letové tratě a její význam

Letová trať je řízená oblast nebo její část zřízená ve formě vzdušného koridoru. Obvykle je vytyčena mezi radionavigačními zařízeními VOR, NDB nebo jen pomyslnými body vyjádřenými pomocí zeměpisných souřadnic. Trať je průmět dráhy letadla na povrch země a její směr se vyjadřuje ve stupních k severu (zeměpisnému nebo magnetickému). Letové tratě slouží k usměrňování toku letového provozu, separaci dopravních letadel letících podle přístrojů od vojenských letadel a navazují na příletové tratě STAR a odletové tratě SID. Pro každou trať musí být zřízen ochranný vzdušný prostor a bezpečný rozstup mezi sousedními tratěmi. V současnosti je zhruba 70 000 publikovaných letových tratí. Jsou popsány jako sekvence bodů a povolených letových hladin. Mezi dvěma sousedními body je u každé hladiny uvedena informace o časové a směrové použitelnosti. Tratě se mohou křížit nebo spojovat v jednom bodě tak, že letadlo, které po nich letí může z jedné tratě přejít na druhou právě v daném bodě. Kompletní trasa mezi dvěma letišti je obvykle vedena po několika tratích, podle toho, jak na sebe navazují a jak jsou uvedeny v letovém plánu. V případě, kdy letadlo potřebuje letět mezi dvěma body, mezi kterými není letová trať, může řídicí letového provozu letadlu povolit letět napřímo, aniž by byla využita letová trať.

Letové tratě se podle leteckého předpisu L11 značí písmeny následované číslem od 1 do 999. Výběr písmen pro základní označení se provede takto:

- A, B, G a R pro tratě, které jsou součástí oblastní sítě tratí letových provozních služeb a nejsou tratěmi prostorové navigace,
- L, M, N a P pro tratě prostorové navigace, které jsou součástí oblastní sítě tratí letových provozních služeb,
- H, J, V a W pro tratě, které nejsou součástí oblastní sítě tratí letových provozních služeb a nejsou tratěmi prostorové navigace,
- Q, T, Y a Z pro tratě prostorové navigace, které nejsou součástí oblastní sítě letových provozních služeb.

Kde je třeba, musí se přidat jedno písmeno před základní označení podle následujícího:

- K k označení tratě pro nízké hladiny, zřízené hlavně pro vrtulníky,
- U k označení, že trať nebo její část je zřízena v horním vzdušném prostoru,

c) S k označení tratě zřízené hlavně pro použití nadzvukovými letadly během zrychlování a zpomalování během nadzvukového letu.

1.3 Napojení příletových a odletových tratí

Jak již bylo zmíněno, letové tratě nekončí a nezačínají přímo na letištích, ale jsou napojovány na příletové a odletové tratě označované jako SID a STAR. Tento systém je vhodný především pro řídicí letového provozu, kteří mají možnost každému letadlu určit jakým směrem má letět aby se napojilo na letovou trať, kterou má uvedenou v letovém plánu a nebo naopak kudy má letět aby mohlo provést proceduru přiblížení na dráhu v užívání.

Odletovou trať se posádka letadla dozví během žádosti o letové povolení od řídicího letového provozu. Letové povolení se letadlu uděluje před vytlačněním letadla ze stojánky. Příletovou trať dostane posádka letadla během zahájení klesání k danému letišti taktéž od řídicího letové provozu. Na každém letišti, které poskytuje služby letadlům letícím podle přístrojů, je publikováno několik příletových i odletových tratí. Tyto tratě jsou publikovány pro každou letištní dráhu v obou směrech a začínají nebo končí v určených bodech, které jsou součástí letových tratí.

Příklad SID: VOZ 2A

VOZ = koncový bod SID (kde SID končí)

2 = číslo, které označuje platnost tratě nebo-li pokolikáté je SID změněna

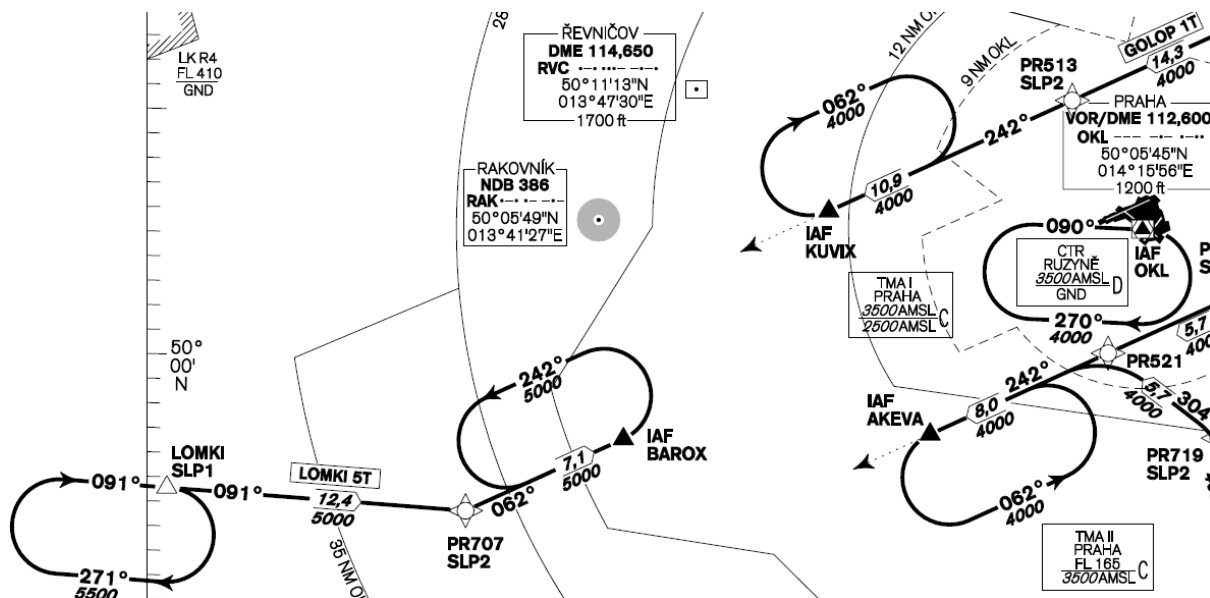
A = pořadové písmeno

Příklad STAR: LOMKI 5T

LOMKI = počáteční bod STAR (odkud STAR vede)

5 = číslo, které označuje platnost tratě nebo-li pokolikáté je STAR změněna

T = pořadové písmeno (obvykle se jím značí dráha příletu)

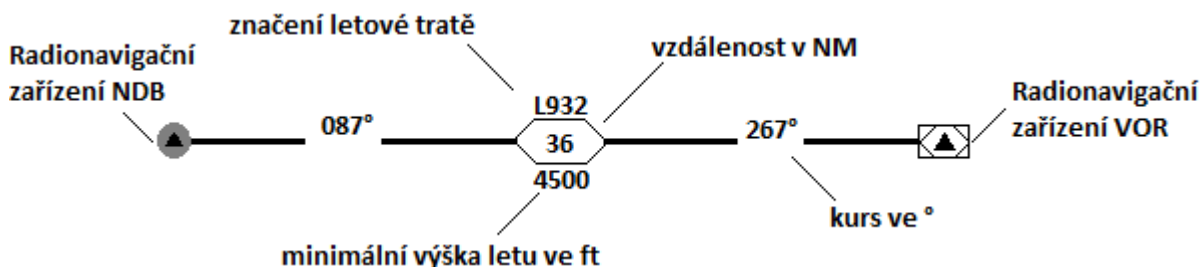


Obrázek 3: Přiletová trať STAR

Zdroj: (3)

1.4 Traťové mapy

K základní orientaci letových posádek v systému letových tratí na daném území slouží traťová mapa vydávaná leteckou informační službou. Traťová mapa poskytuje posádkám letadel informace pro usnadnění vedení letadla po letových tratích v souladu s postupy letových provozních služeb. Tyto mapy se publikují pro všechny prostory, kde jsou tvořeny letové oblasti. Na mapě se uvádí směrníky, tratě, radiály v magnetických úhlelech, letiště pro mezinárodní civilní letectví, na která je možné provádět přiblížení podle přístrojů, zakázané, nebezpečné a omezené prostory. Traťové mapy se publikují zvláště pro spodní a vrchní letový prostor (v ČR : GND - FL245, FL245 - FL660). Traťová mapa spodního vzdušného prostoru ČR je uvedena v příloze. Na obrázku číslo 3 je znázorněno zakreslení letové tratě do traťové mapy.



Obrázek 4: Značení letové tratě v traťové mapě

Zdroj: Autor, (5)

1.5 Podmíněné tratě

V rámci koncepce pružného využívání vzdušného prostoru byly ustanoveny tzv. podmíněné tratě CDR (Conditional routes). CDR jsou rozděleny do tří kategorií podle možnosti je plánovat a podle očekávaného stupně aktivace příslušného prostoru. (5)

CDR1 jsou stále plánovatelné podmíněné tratě během období publikovaného v letecké informační příručce. Předpokládá se u nich, že budou k dispozici po celou publikovanou dobu. Lety se zde plánují jako na stálých tratích a jakýkoliv předpoklad dlouhodobější nevyužitelnosti musí být oznámen zprávou NOTAM a uveden ve zprávě o plánu využití vzdušného prostoru AUP a ve zprávě o využitelnosti podmíněných tratí CRAM, která je rozesílána provozovatelům pro účely plánování letů.

CDR2 jsou tratě plánovatelné pouze v období publikovaném ve zprávě AUP a CRAM a jsou součástí předem stanoveného scénáře tratí, který reaguje na nevyváženost kapacity vzdušného prostoru. Seznam tratí CDR2 je publikován denně ve zprávě o využitelnosti podmíněných tratí CRAM.

CDR3 jsou tratě neplánovatelné, jsou publikované v letecké informační příručce a jsou použitelné pouze na základě instrukcí řízení letového provozu.

1.6 Rozstupy

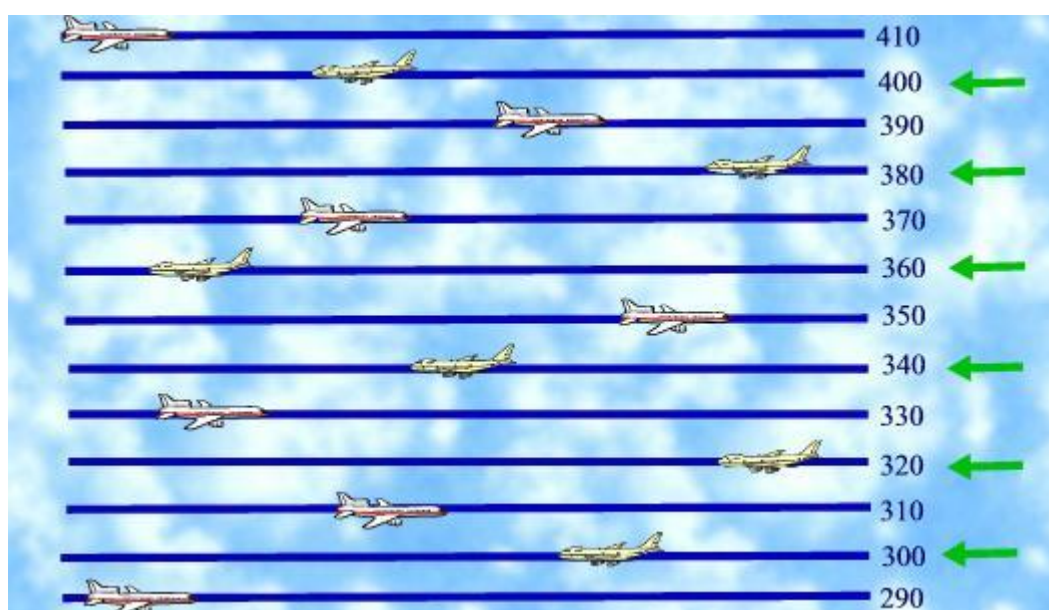
Základním úkolem řízení letového provozu je bezpečnost letového provozu, která je zajišťována stanovenými rozstupy dle ICAO po celou dobu letu od vzletu až po přistání. Rozstupy kolem letadel vytváří bezpečnostní prostor, který nesmí být narušen žádnými jinými letadly. Velikost takových prostorů se odvíjí od pozemního a palubního vybavení navigačními prostředky, radionavigační sítě a radarového pokrytí.

1.6.1 Vertikální rozstupy

Vertikální rozstupy mezi letadly jsou pro letadla stejně důležité jako jízdní pruhy pro automobily na silnici. Je to dáno tím, že letadla, která letí proti sobě, se míjejí v odlišných letových hladinách namísto v odlišném směru vedle sebe. Proto je velmi důležité, aby letadla letící proti sobě letěla vždy v jiné letové hladině a disponovala co nejpřesnějším navigačním vybavením vzhledem k velmi malým vertikálním rozstupům.

Standardní minimum vertikálního rozstupu ve vzdušném prostoru činí 600 metrů (2000 ft) nad letovou hladinou 290 včetně a 300 metrů (1000 ft) pod letovou hladinou 290.

Vzhledem k velmi vysokému navýšení objemu letového provozu v posledním desetiletí však bylo nezbytné tato minima ještě snížit, aby se zvýšila propustnost a kapacita letového prostoru tam, kde to bylo zapotřebí. V tomto případě se jednalo především o vzdušný prostor nad Evropou a nad Atlantským oceánem. Od 24. ledna roku 2002 se proto minima snížila na 300 metrů (1000 ft) pro všechny letové hladiny od země až do letové hladiny 410 se zavedením snížených limitů vertikální separace RVSM (Reduced Vertical Separation Minimum). Tato změna byla umožněna zvýšením kvality letových přístrojů, které jsou v dnešní době instalovány na palubách letadel. Tyto přístroje jsou spolehlivější a hlavně přesnější, než ty z minulých desetiletí.



Obrázek 5: Znárodnění vzniku nových letových tratí s využitím RVSM

Zdroj: (4)

Jak vyplývá z obrázku číslo 4, kapacitu letového prostoru bylo možné navýšit o dalších šest letových hladin. Aby bylo možné předejít srážce dvou letadel letících proti sobě, bylo nutné rozdělit tyto hladiny na liché a sudé. Liché hladiny volí letadla letící na východ v rozmezí 000° - 179° a sudé hladiny jsou pro lety na západ v rozmezí 180° - 359° . RVSM prostor je postupně zaváděn do těch oblastí, kde již byla dostupná kapacita letového prostoru vyčerpána a bylo zapotřebí ji navýšit.

Aby mohla letadla létat v prostorech RVSM, musí získat RVSM homologaci, aby bylo prokázáno, že jsou skutečně vybavena pro lety se sníženými vertikálními rozstupy. Pro získání této homologace, musí být letadlo vybaveno následujícími palubními prostředky (poslední dva jsou nutné pro lety nad Atlantským Oceánem):

- 2 nezávislé systémy pro měření výšky (přesnost měření < 80 ft),
- systém varování změny výšky,
- odpovídač,
- systém pro automatické udržení výšky.

Téměř všechna letadla vyrobená v posledním desetiletí již odpovídají těmto požadovaným specifikacím. Většina ostatních letadel byla dodatečně vybavena přístroji tak, aby splňovala tyto požadavky s výjimkou velmi starých letadel, u kterých to jejich operátoři považovali často za nerentabilní. Těchto letadel je však již jen malé procento.

1.6.2 Horizontální rozstupy s využitím prostorové navigace RNAV

Horizontální rozstupy je možno rozdělit na radarové a neradarové.

Neradarové

- **Příčné**

Aby mohl být příčný rozstup bezpečně zajištěn, musí být letadla na tratích rozbíhajících se nejméně o 15°. Příčný rozstup je poté zajištěn, když ochranný prostor jednoho letadla se nepřekrývá s ochranným prostorem ostatních letadel. Příčný rozstup se určí jako úhlový rozdíl mezi dvěma tratěmi a příslušného ochranného prostoru. Získaná hodnota se vyjádří jako vzdálenost od průsečíku dvou tratí, ve které je zajištěn příčný rozstup.

- **Podélné**

Minimum vzdálenostního rozstupu pro letadla na stejné trati za použití prostorové navigace je 150 km (80 NM). Stejný rozstup se uplatňuje na protisměrných tratích. Znamená to tedy, že letadla, která se míjí na stejné trati nemohou začít klesat nebo stoupat, dokud mezi nimi není rozstup 150 km (80 NM). Minima podélných rozstupů mohou být snížena až na 95 km (50 NM) v závislosti na zvýšené požadované navigační výkonnosti RNP.

Radarové

Zavedení radarového řízení do běžného provozu v oblastech s hustým výskytem letového provozu přineslo velmi významné navýšení propustnosti vzdušného prostoru. Pokud je k dispozici radarové zařízení, je možné aplikovat radarové rozstupy, které jsou mnohem menší, než rozstupy neradarové. Minimum podélného rozstupu se v tomto případě snižuje na 9,3 km (5 NM). V určitých případech, může být minimum sníženo až na 5,6 km (3 NM), pokud to schopnosti radarového zařízení na daném místě dovolují. Pokud však letí dvě letadla po stejné trati ve stejné nadmořské výšce, nebo se jejich tratě křížují ve stejné

nadmořské výšce, uplatňují se radarové rozstupy podle turbulence v úplavu dle kategorií letadel, jak je znázorněno v tabulce číslo 1.

Tab. 1: Minima radarových rozstupů podle turbulence v úplavu

Předchozí letadlo	Následující letadlo	Radarové rozstupy při turbulenci v úplavu
TĚŽKÉ	TĚŽKÉ	7,4 km (4,0 NM)
	STŘEDNÍ	9,3 km (5,0 NM)
	LEHKÉ	11,1 km (6,0 NM)
STŘEDNÍ	TĚŽKÉ	7,4 km (4,0 NM)
	STŘEDNÍ	7,4 km (4,0 NM)
	LEHKÉ	9,3 km (5,0 NM)
LEHKÉ	TĚŽKÉ	7,4 km (4,0 NM)
	STŘEDNÍ	7,4 km (4,0 NM)
	LEHKÉ	7,4 km (4,0 NM)

Zdroj: (5)

- TĚŽKÉ - letadlo s maximální schválenou vzletovou hmotností 136 000 kg nebo vyšší
- STŘEDNÍ - letadlo s maximální schválenou vzletovou hmotností nižší, než 136 000 kg, ale vyšší než 7 000 kg
- LEHKÉ - letadlo s maximální schválenou vzletovou hmotností 7 000 kg nebo nižší

1.7 Zavedení prostorové navigace RNAV

Souběžně se zavedením snížení vertikálních rozstupů RVSM byla v evropském regionu zavedena základní prostorová navigace RNAV, čímž se opět navýšila kapacita vzdušného prostoru. Dosavadní metody letecké navigace totiž umožňovaly létat od jednoho radionavigačního zařízení ke druhému, což neumožňovalo provést let po přímé cestě. Prostorová navigace umožňuje, aby letadlo letělo po jakékoliv letové trati ve volném prostoru bez závislosti na radionavigačních zařízeních. Se zavedením prostorové navigace je tedy možné plánovat tratě nezávisle na předem stanovených navigačních bodech, které jsou odvozeny od radionavigačních zařízení. V důsledku dojde k úsporám letového času, větší pružnosti v projektování vzdušného prostoru a především k úspoře pohonných hmot, jejichž spotřeba má úměrný vliv na produkci emisí.

Využívání prostorové navigace přináší nesporné výhody pro letecké provozovatele, ale na druhé straně znamená nutnost značných investičních nákladů pro ty, kteří provozují starší letadla, která nejsou dostatečně přístrojově vybavena. Minimální podmínkou je

vybavení letadla palubním počítačem, senzory VOR/DME a nebo navíc senzory GNSS či INS/IRS. Pro provoz RNAV je nezbytné, aby přístroje letadla splňovaly minimálně tyto funkce:

- na navigačním displeji musí být spojitá indikace polohy letadla vůči trati,
- na navigačním displeji musí být zobrazení a zaměření vzdálenosti k aktivnímu traťovému bodu,
- musí být zobrazena traťová rychlost nebo doba k aktivnímu traťovému bodu,
- možnost uložení minimálně 4 traťových bodů do paměti,
- funkce signalizace poruchy systému RNAV.

Dále je doporučeno, aby bylo možné připojit k systému autopilota, zobrazit aktuální polohu v zeměpisné šířce a délce, automatické přepínání úseků tratě a navigační databázi.

Prostorovou navigaci můžeme rozdělit podle požadavků na navigační výkonnost RNP. Po celém světě jsou tyto požadavky odlišné v závislosti na daném regionu. V Evropě jsou používány následující:

B-RNAV požadovaná navigační výkonnost RNP 5,

P-RNAV požadovaná navigační výkonnost RNP 1.

Hodnota RNP 5 nebo 1 značí, že navigační schopnost letadla schváleného pro daný typ RNAV musí zajistit navigační a polohovou přesnost na trati ± 5 NM resp. 1 NM nebo lepší po 95 % doby letu.

1.8 Navýšení propustnosti vzdušného prostoru

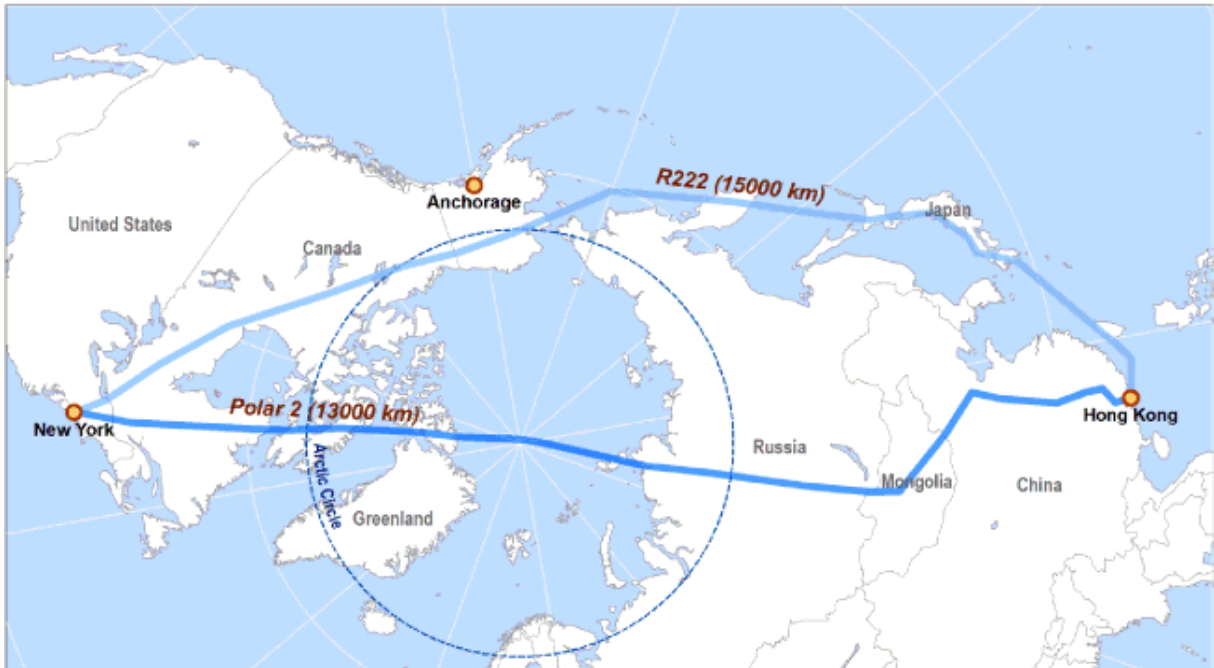
Propustnost vzdušného prostoru roste úměrně s vyššími nároky na vybavení letadel, řízení letového provozu a zavádění nových procedur a technologií. Letecké doprava je nejdynamičtěji rostoucí odvětví dopravy a její objem se za posledních několik let více než zdvojnásobil. Stejně tak jako prochází rekonstrukcemi mnoho světových letišť, na kterých dochází k navyšování kapacity počtu odbavených cestujících, je zapotřebí stejně přizpůsobit i vzdušný prostor pro větší objem letů. V současnosti je již kapacita vzdušného prostoru značně navýšena oproti původnímu stavu, kdy probíhalo řízení letového provozu pouze procedurálně. Zavedení radarového řízení do většiny částí světa přineslo zvýšení propustnosti několikanásobně vyšší, než byla původní. Dále značně přispělo zavedení snížení vertikálních rozstupů RVSM a prostorové navigace RNAV v lednu 2002. Snížení vertikálních rozstupů pomohlo především provozu nad severním atlantickým oceánem, kde se stále řídí provoz procedurálně a podélné rozstupy mezi letadly jsou stále poměrně vysoké.

Tím, že se snížily vertikální rozstupy na polovinu, se dá říci, že se propustnost navýšila téměř dvojnásobně. Rovněž pomohlo snížení vertikálních rozstupů vzdušnému prostoru nad Evropou, kde byla dostupná kapacita taktéž téměř vytížena. Zavedení prostorové navigace RNAV znamenalo dle organizace IATA na začátku v roce 2002 navýšení propustnosti evropského vzdušného prostoru o 15 %.

V současné době je tedy vzdušný prostor schopen pojmout současný letový provoz, ale již brzy bude opět nutné tuto kapacitu navýšit.

2 Polární tratě

Polární tratě jsou relativně velmi nové a jejich zavedení přineslo řadu úspor a výhod pro současné dopravce. Jedná se o tratě, které vedou v polární oblasti, která je určena, jako prostor nad 78. stupněm severní šířky. V současnosti se polární tratě provozují jen na severní polokouli, jelikož na jižní polokouli nebyl prozatím důvod je zavádět. Zatímco na jižní polokouli nejsou destinace, které by měly nejkratší trať křížující jižní pól, na severní polokouli je jich hned několik. Jedná se především o mezikontinentální lety mezi Severní Amerikou a Asií. Ačkoliv přínos polárních tratí je značný, zavedeny pro běžný provoz byly až v únoru roku 2001. Hlavním důvodem jejich opožděného zavedení byla politická nestabilita během tzv. studené války mezi Sovětským Svazem a USA. Během tohoto období bylo nemyslitelné, aby letadla směřující ze Severní Ameriky křížovala území Sovětského Svazu nebo Číny. Všechny tyto lety byly trasovány okolo komunistického bloku po tratích vedených přes Aljašku nebo střední východ. Teprve po ukončení studené války se začalo uvažovat o propojení Asie a Severní Ameriky pomocí polárních tratí. Na začátku této myšlenky však stálo mnoho překážek, které bylo zapotřebí koordinovat a řešit na mezinárodní úrovni. Mezi největší překážky se řadily odlišné systémy a způsoby řízení letového provozu v USA a Rusku a jazyková bariéra, jelikož řídicí letového provozu z Ruska ne vždy uměli plynule komunikovat v anglickém jazyce. Z těchto důvodů byla v roce 1993 založena skupina RACGAT skládající se ze zástupců USA, Ruska a okolních přihlížejících států k tomu, aby řešily tyto překážky a navrhly systém polárních tratí. V roce 1998 byl schválen návrh na otevření čtyř nových polárních tratí pojmenovaných Polar 1, 2, 3 a 4. V roce 1998 společnost Cathay Pacific provedla jako první zkušební let z New Yorku do Hong Kongu. Poté následovaly i další společnosti se svými zkušebními lety až do roku 2001, kdy byly polární tratě oficiálně uvedeny do provozu pro pravidelné linky. Na obrázku číslo 5 je možné vidět rozdíl vzdálenosti při letu z New Yorku do Hong Kongu po polární trati a konvenční trati.



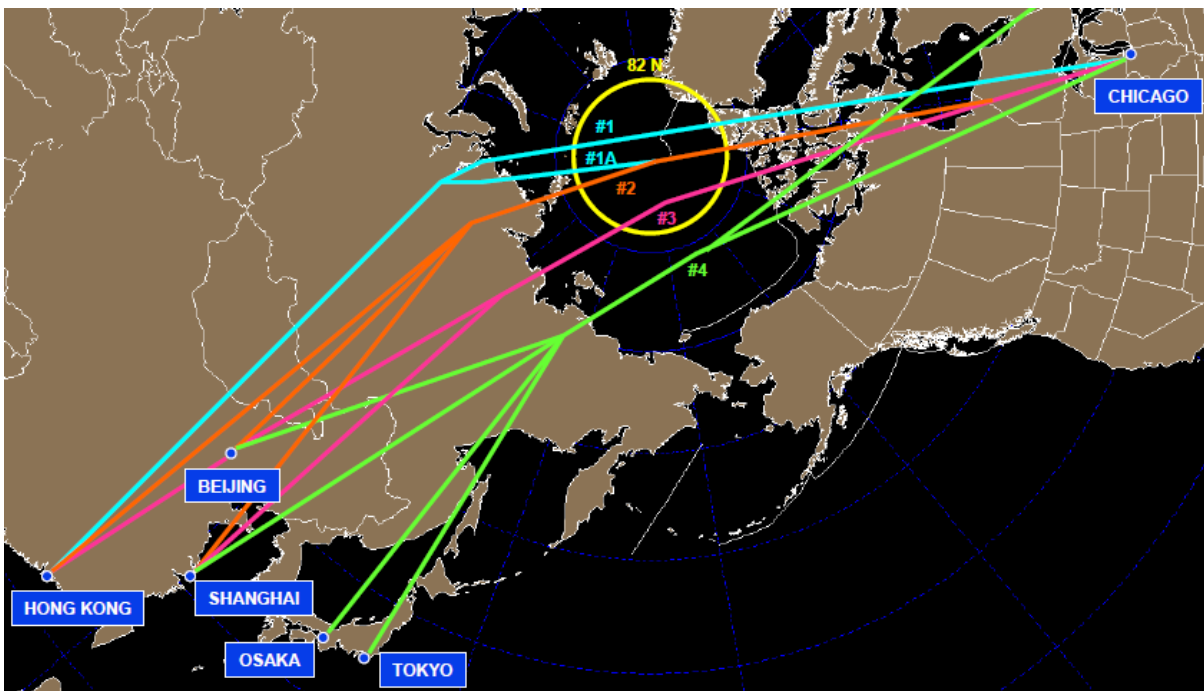
Obrázek 6: Porovnání délky tratí z New Yorku do Hong Kongu

Zdroj: (6)

2.1 Provozní výhody polárních tratí

Polární tratě přinášejí jejich uživatelům mnoho provozních výhod a úspor, mezi které je možné zařadit především následující:

- možnost nonstop letů mezi destinacemi v Severní Americe a Asii,
- zkrácení doby letu o 1 - 3 hodiny,
- absence turbulencí v polárních oblastech,
- nižší spotřeba pohonných hmot, tím pádem nižší produkce emisí a nižší zátěž životního prostředí,
- snížení celkových nákladů,
- možnost vyššího zatížení letadel platícím nákladem.



Obrázek 7: Příklad využití polárních tratí společností United Airlines

Zdroj: (7)

Tab. 2: Příklad vytížení a doby letu dálkového letadla Boeing 747-400 nonstop na trati z Chicaga do Hong Kongu

Chicago - Hong Kong	Přímý let přes polární trať Polar 3	Let okolo oblasti severního pólu	Let přes sever Tichého oceánu
Maximum cestujících	316	246	0
Maximální náklad (kg)	2500	0	0
Doba letu	14:32	15:41	17:18

Zdroj: (7)

V současné době se polární tratě využívají především pro nonstop lety mezi největšími asijskými a americkými či kanadskými metropolemi. Mezi takové je možné zařadit například Singapur, Hong Kong, Peking, Tokyo, Shanghai, Soul, Bombai, Delhi, New York, Chicago, Atlantu, Washington, Detroit a Toronto. Přes polární trať je také operována nejdelší pravidelná linka na světě ze Singapuru do New Yorku společností Singapore Airlines. Tento let je dlouhý 15 345 km. Na obrázku číslo 7 jsou zakresleny linky společnosti United Airlines, které jsou provozovány přes polární tratě a v tabulce číslo 2 je možné vidět úsporu času a vyššího možného zatížení letadla při využití polární tratě.

2.2 Zvláštnosti a odlišnosti polárních tratí od konvenčních tratí

Vzhledem k povaze polárních tratí je zapotřebí zvážit i jistá úskalí a možná nebezpečí, která mohou nastat při cestách přes severní pól. Z tohoto důvodu je zapotřebí brát zvýšená bezpečnostní opatření pro případ nehody, ztráty spojení, potřeby diverze na záložní letiště a jiné.

Příklady možných komplikací na polárních tratích:

- velmi nízké teploty okolí vyžadují nadstandardní požadavky na pohonné hmoty,
- možná ztráta radiového spojení,
- omezený počet letišť určených k diverzi,
- sluneční aktivita,
- extrémní teplotní podmínky v případě diverze na záložním letišti,
- navigační omezení při použití magnetického kompasu.

2.2.1 Kontrola teploty paliva

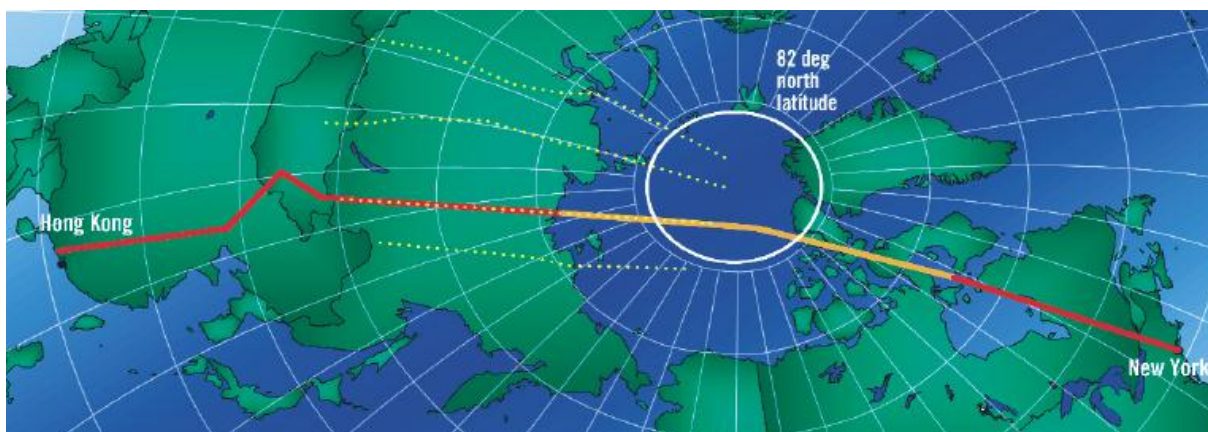
Pro bezpečné provedení letu je nezbytné, aby palivo zůstalo v kapalném skupenství. Vzhledem k teplotám v polárních oblastech je teoretická možnost, že by palivo mohlo zamrznout a z tohoto důvodu je nezbytné při každém letu kontrolovat stav teploty paliva. Současná paliva používaná pro dopravní letadla mají bod tuhnutí zhruba mezi -40° až -50° celsia. Zpravidla se tato hodnota může nepatrně měnit v závislosti na oblasti, kde je palivo tankováno. Současné palivové soustavy jsou schopny si poradit s palivem, které již obsahuje zmrzlé krystaly. Samotné palivo nikdy nemrzne najednou jako voda, jelikož se skládá z několika složek, které mohou mít odlišný bod tuhnutí. Nejdříve se vytvoří v palivu zmrzlé krystaly složek s nejvyšším bodem tuhnutí a se snižující se teplotou postupně zamrznou i zbylé složky, což vede k přeměně paliva z kapalného skupenství na pevné. Teplotní rozdíl mezi bodem tuhnutí a stavem, kdy se palivo přemění do pevného skupenství je dalších zhruba 6° celsia. Letadla létající přes polární oblasti musí být vybavena indikátorem teploty paliva. Posádka tedy přesně vidí aktuální teplotu a může tak rychle reagovat. Jakmile se teplota paliva přiblíží na 3° celsia od bodu tuhnutí, objeví se výstraha, na kterou musí posádka okamžitě reagovat. V koordinaci s řízením letového provozu je potom možné pozměnit letový plán, pokud se v okolí vyskytuje oblast, kde se předpokládá vyšší teplota vzduchu. Dalšími možnostmi jsou klesání do nižší letové hladiny nebo zvýšení rychlosti. Samotné chladnutí paliva probíhá poměrně pomalu. Průměrná doba než se palivo ochladí o 3° celsia zabere zhruba hodinu. Ve velmi extrémních podmínkách se ale palivo může

ochladit během hodiny až o 12° celsia. Posádka tedy má dostatek času hlídat stav paliva, než se dostane ke kritickým hodnotám.

2.2.2 Komunikace

Postup pro komunikaci v polárních oblastech je vždy popsán v příslušných traťových mapách. Základ pro komunikaci tvoří zařízení pro přenos zvuku na velmi krátké vlny a na krátké vlny. Jako záložní zařízení se používá satelitní komunikace neboli SATCOM, která je použitelná jen do 82° severní šířky.

Typický let začíná komunikací na velmi krátkých vlnách. Poté co se letadlo přiblíží k oblasti severního pólu, přechází se ke komunikaci na krátké vlny z důvodu většího dosahu. V této části letu hrozí nebezpečí snížení kvality spojení nebo i úplná ztráta spojení v případě sluneční aktivity. Z tohoto důvodu musí být posádky vždy informovány o možném nebezpečí ze sluneční aktivity ještě předtím než vletí do této oblasti. Po přeletu severního pólu se přechází opět ke komunikaci na velmi krátkých vlnách, jak je znázorněno na obrázku číslo 8, kde jsou velmi krátké vlny znázorněny červenou barvou a krátké vlny žlutou barvou.



Obrázek 8: Znázornění komunikace při přeletu severního pólu

Zdroj: (6)

2.3 Požadavky amerického úřadu FAA vykonávajícího dozor nad civilním letectvím

Americký úřad civilního letectví FAA (Federal Aviation Administration) aktivně vykonává dohled nad provozem přes polární tratě a stanovuje nároky vedoucí k zajištění požadované úrovně bezpečnosti. Základem pro zavedení polárních letů je vykonání zkušebního letu za přítomnosti inspektora z FAA a provedení simulace diverze letadla na záložní letišti. Kromě tohoto kritéria jsou na dopravce kladeny požadavky uvedeny v následujících podkapitolách. (6)

2.3.1 Vyšší počet položek na minimální vybavení letadla (MEL)

MEL je dokument, který určuje minimální vybavení letadla při kterém je možné vykonat let. V případě letů přes oblast severního pólu jsou oproti standardu navíc požadovány následující položky:

- palivový systém indikující množství a teplotu paliva,
- pro letadla s dvěma motory je požadována pomocná palubní jednotka (APU),
- automatický tah motoru umožňující udržovat konstantní rychlost letadla,
- komunikační vybavení, které umožní efektivní komunikaci po celou dobu letu,
- rozšířenou sadu první pomoci o automatické defibrilátory.

Mimo MEL je FAA také požadováno speciální vybavení ve formě dvou ochranných obleků do extrémních teplot.

2.3.2 Záložní plán pro cestující při diverzi letadla

Každý dopravce musí mít plán jakým způsobem se postará o své cestující v případě diverze na záložní letiště. Plán by měl obsahovat možnosti dopravy cestujících a posádky ze záložního letiště. Tento plán musí každý dopravce průběžně aktualizovat a předat ke schválení FAA.

2.3.3 Speciální kvalifikace pro posádky

Letové posádky musí projít školením zaměřeným na speciální procedury během polárních letů:

- přípravu na použití ochranných obleků do extrémních teplot,
- let na polárních tratích za různých meteorologických podmínek,
- odvrácení možnosti zamrznutí pohonných hmot,
- nepřesné měření výšky v extrémních teplotách a jejich korekce,
- aspekty vedoucí ke správnému výběru záložního letiště v případě nouze.

2.3.4 Výběr záložních letišť

Pro výběr záložních letišť je zapotřebí brát v úvahu následující aspekty:

- pro každý let přes oblast severního pólu musí dopravce uvážit několik možných záložních letišť pro případ nouze,
- počet záložních letišť musí být takový, aby jednoho z nich bylo možné v jakékoli části letu a za jakéhokoliv počasí bezpečně dosáhnout,

- každé vybrané záložní letiště musí mít dostatečně dlouhou, širokou a únosnou dráhu k přistání a vzletu,
- letadlo musí mít možnost opustit dráhu, aby mohlo přistát náhradní letadlo pro cestující,
- cestující a posádka musí mít možnost bezpečně opustit letadlo,
- na letiště nebo v jeho blízkém okolí musí být dostupný úkryt a občerstvení pro cestující než se opraví nebo přiletí náhradní letadlo.

Na obrázku číslo 7 jsou zakreslena letiště, která jsou schopná sloužit jako záložní letiště pro polární lety.



Obrázek 9: Současně dostupná záložní letiště v polární oblasti

Zdroj: (6)

3 Létání přes rozlehlé vodní plochy

Jednou z největších předností letecké dopravy je možnost překonání rozlehlých vodních ploch ve velmi krátkém čase. Zatímco při letech nad pevninou je často možné zvolit alternativní druh dopravy, nad velkými vodními plochami tomu již tak není. Jedinou alternativou je v současné době námořní doprava, která ovšem nemůže letecké dopravě konkurovat svojí rychlostí. Zatímco zaoceánský parník potřebuje k překonání oceánu několik týdnů, letadlu stačí několik hodin. Převážná většina cestující veřejnosti proto preferuje v tomto případě dopravu leteckou.

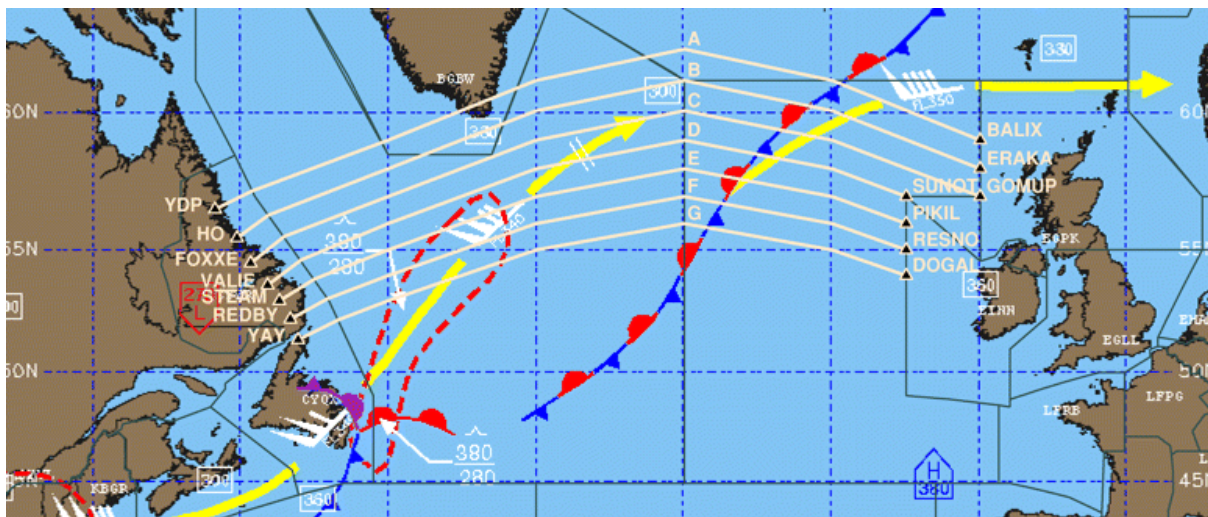
Systém řízení letového provozu a organizace letových tratí jsou odlišné na jižní a severní polokouli. Tento rozdíl je způsoben především rozdílnou intenzitou letového provozu. Převážná většina transoceánských letů se odehrává právě na severní polokouli, ve které se nachází většina významných světových metropolí, které jsou pro leteckou dopravu nejdůležitější. Naopak na jižní polokouli je provoz přes oceány mnohem méně intenzivní, jelikož je mnohem méně osídlena než polokoule severní.

Při každém zaoceánském letu letí dopravní letadlo nejdříve přes konvenční systém letových tratí do doby, než se dostane na hranu, kde se dotýká zemská plocha s oceánem. V tomto bodě se letadlo napojí buď přímo na transoceánskou trať, které jsou specifické právě pro lety na severní polokouli, nebo se dostane do volné oblasti, kde nejsou předem definované letové tratě. Druhá varianta je typická právě pro většinu transoceánských letů na jižní polokouli, kdy posádky volí trasu tak, aby byl jejich let přes vodní plochu co nejkratší do momentu, než se dostanou k dalšímu bodu na pevnině, dle letového plánu. Do letového plánu se let přes vodní plochu zaznamenává pomocí souřadnic v intervalech po 10° zeměpisné délky při letech na západ či na východ a po 5° zeměpisné šířky při letech na sever či na jih.

3.1 Transoceánské tratě

Jak již bylo zmíněno, transoceánské tratě se využívají především přes oceány na severní polokouli. Na rozdíl od konvenčních letových tratí na pevnině se transoceánské tratě mění pravidelně a velmi často. Polovinu dne se létá jen v jednom směru například ze západu na východ a druhou polovinu dne zase naopak z východu na západ. Transoceánské tratě se tedy mění dvakrát denně a každý den mohou být odlišné, než v den předchozí. Nejvíce frekventovanými transoceánskými tratěmi na světě jsou transatlantické tratě. Přes den jsou v provozu tratě směřující z východu na západ a v noci ze západu na východ. Každá

transoceánská trať je pojmenována písmenem z abecedy. Tratě vedoucí na západ začínají písmeny od začátku abecedy, tedy A a tratě vedoucí na východ začínají písmeny od konce abecedy. Na obrázku číslo 10 je znázorněna mapa transatlantických tratí směřujících z východu na západ ke dni 19. března 2011.



Obrázek 10: Mapa transatlantických tratí

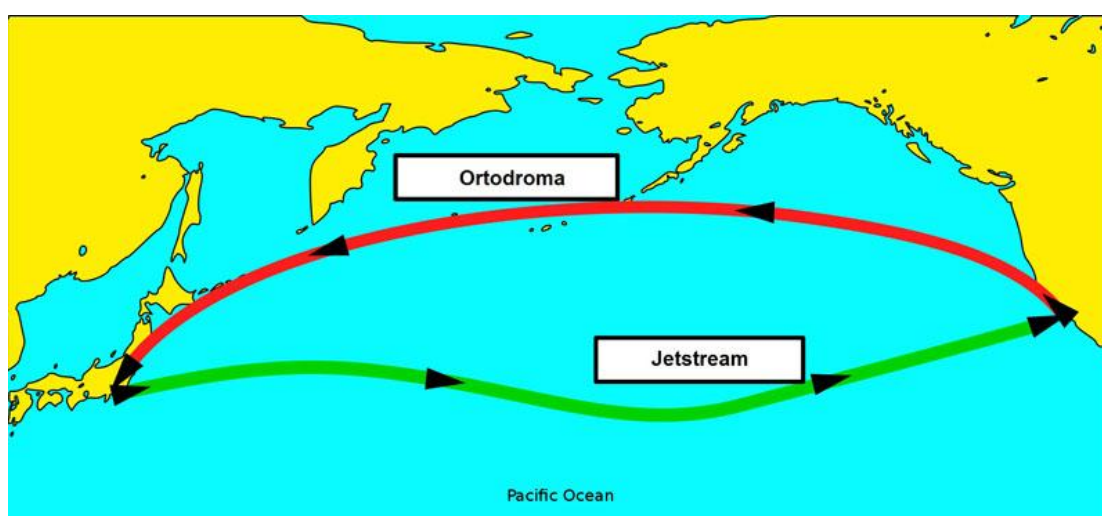
Zdroj: (8)

Prozatím jediné dopravní letadlo, které se mohlo vyhnout systému měnících se transatlantických tratí byl Concorde. Největší vliv klimatologických podmínek na leteckou dopravu je v troposféře, ve které létají všechna dopravní letadla. Concorde se, ale jako jediné dopravní letadlo, přibližoval svou cestovní letovou hladinou až k 20 kilometrům na hranici troposféry se stratosférou, kde jsou klimatologické rozdíly mnohem menší, než v nižších letových hladinách. Nebylo tedy nutné měnit každý den trať letu, nýbrž se létalo po stále stejné trati.

3.2 Využití větrných proudů (jetstreamů)

Důležitým faktorem, který ovlivňuje plánování transoceánských tratí jsou klimatologické podmínky, především povětrnostní. Pokud letadlu vane vítr do zad, cesta je mnohem ekonomičtější, než když musí letadlo letět proti větru, jelikož spotřebuje méně paliva. Některá letadla mají navíc poměrně omezený maximální dolet. Pokud by tedy letěly po celou dobu proti silnému větru, mohlo by se stát, že by nedoletěly do cílové destinace a musely by divertovat na záložní letiště kvůli nedostatku pohonných hmot. Nad oceány jsou ovšem takové možnosti často velmi omezené. Právě nad oceány jsou větry velmi silné a mohou značně ovlivnit délku a ekonomičnost letu. Plánování transoceánských tratí

se proto řídí podle silných větrných proudů tzv. jetstreamů. Jetstream je proudění vzduchu v atmosféře ve směru ze západu na východ. Vzniká na hraně mezi hmotou studeného a teplého vzduchu, kde dochází k velké tlakové změně, která vyvolá silný vítr. V prostoru se vyskytuje ve tvaru dlouhé trubice o šířce několika kilometrů. Ačkoliv nejkratší trať mezi dvěma body je vždy vedena po ortodromě, nemusí se jednat o nejefektivnější variantu. Pokud vane jetstream ve směru plánovaného letu, je vhodné letět po jeho proudu, i když se tím celková vzdálenost letu prodlouží, jak je znázorněno na obrázku číslo 11 u letu přes Tichý oceán. Naopak, během zpátečního letu je vhodné zvolit trať přímo po ortodromě, aby byla trať co nejkratší za předpokladu, že není přímo proti směru jetstreamu.



Obrázek 11: Znázornění letu po ortodromě a po směru jetstreamu

Zdroj: (9)

3.3 Řízení letového provozu nad oceány

Řízení letového provozu nad velkými vodními plochami je poměrně složité, jelikož řídicí letového provozu nemají k dispozici informace z radaru, jako je tomu při řízení provozu nad pevninou. Dosah pozemních radarů není zdaleka takový, aby mohl pokrýt oblast oceánů. Z tohoto důvodu se v současné době řídí provoz nad oceány procedurálně. Jedná se o jednoduchou metodu, kdy řídicí získá informace o poloze letadla dle pravidelných hlášení posádky. Jakmile posádka sdělí svou aktuální pozici a očekávanou dobu, než se přiblíží k dalšímu určitému bodu vyjádřenému v souřadnicích, dokáže si řídicí vytvořit představu kde přesně se letadlo nachází a za jak dlouho se bude kde nacházet. Podle toho dokáže udržovat optimální rozstupy mezi letadly. Samotné posádky mají na rozdíl od řídicího dostatečný přehled o situaci kolem sebe díky proti srážkovému zařízení TCAS, které zobrazuje provoz v okolí daného letadla. Jak je vidět na obrázku číslo 12, zařízení TCAS

dokáže identifikovat i vertikální pohyb letadel a zároveň upozornit posádku na sblížení s jiným letadlem, což je doprovázeno změnou barvy na displeji a obvykle i zvukovou výstrahou.



Obrázek 12: Palubní zařízení TCAS

Zdroj: (10)

3.4 Lety dvoumotorových letadel s prodlouženým doletem - ETOPS

Počátky ETOPS (Extended range Twin engine Operational Performance Standard) se datují do 50. let minulého století. Provozovatelé dvoumotorových letadel, kteří chtějí létat dále než 60 minut od záložního letiště musí splňovat nařízení ETOPS. Pokud dvoumotorovému letadlu přestane fungovat jeden motor, musí se posádka spolehnout na ten druhý. Pokud se tak stane letadlu s více motory, může stále letět s minimálně dvěma motory. Nařízení ETOPS proto stanovuje maximální doby, na které se může letadlo vzdálit od záložního letiště, při kterých je dvoumotorové letadlo schopno bez potíží doletět na záložní letiště pouze s jedním motorem. Jelikož více motorová letadla se nemusí podřizovat těmto limitům, byla velmi dlouhou dobu oblíbená provozovateli po celém světě, kteří je používali na dlouhé lety přes oceány, pouště a jiná neosídlená území. Zlom nastal s vývojem dokonalejších pohonných jednotek, které se začaly vyznačovat velmi vysokou spolehlivostí. Jelikož byla dvoumotorová letadla z provozního hlediska ekonomičtější, začala se jejich výroba navyšovat. V současné době se nová více motorová letadla vyrábějí jen v segmentu extrémně vysokokapacitních letadel. Na převážnou většinu trhu připadají dvoumotorová letadla, pro která je nařízení ETOPS velmi důležité.

Nejnovější dvoumotorová letadla jsou certifikována pro ETOPS 180, kdy číslice značí maximální dobu v minutách, po kterou se může dvoumotorové letadlo vzdálit od nejbližšího záložního letiště.

K provozování ETOPS letů jsou zapotřebí certifikace letadla a povolení provozovatele. Základním předpokladem k certifikaci letadla je prokázání spolehlivosti pohonných jednotek. Pro ETOPS 180 je požadavek stanoven na maximálně 2 vysazení motoru za letu na 100 000 letových hodin. Pro ETOPS 120 je tento limit snižen na maximálně 5 vysazení za letu na stejné množství letových hodin. Povolení provozovatele dostane provozovatel pokud prokáže, že splňuje provozní specifikace a údržbový program dle požadavků pro ETOPS.

Na obrázku číslo 13 je vidět rozdíl při plánování letu přes Atlantský oceán z Madridu do New Yorku bez certifikace ETOPS a pro letadlo s ETOPS 180. Rozdíl v délce letové trati je velmi zásadní. Všechna dvoumotorová letadla, která dnes létají na pravidelných linkách přes oceán, proto mají certifikaci minimálně pro ETOPS 120.



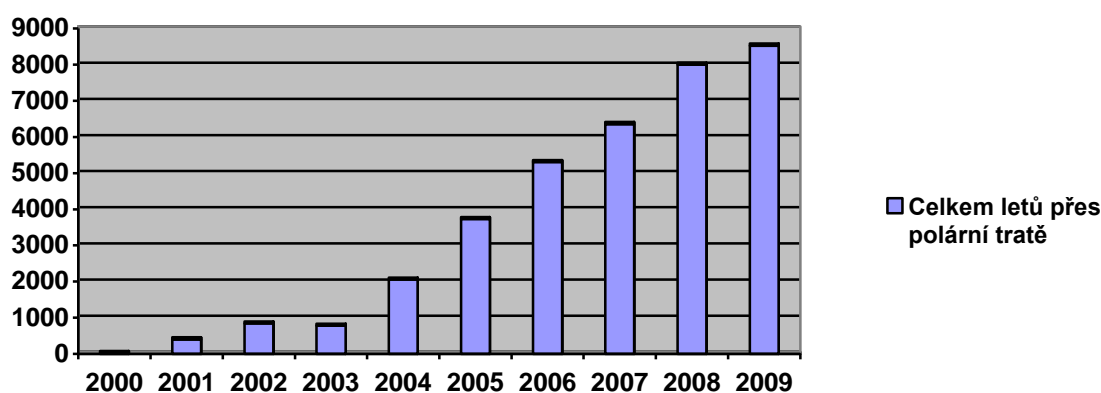
Obrázek 13: Plánování letu bez ETOPS a s ETOPS 180

Zdroj: (11)

V současné době se připravují nové verze ETOPS, u kterých bude časový limit ještě mnohem výše než současné maximum 180 minut. Dvoumotorová letadla budou moci létat téměř bez omezení.

4 Současné možnosti pro efektivnější využití vzdušného prostoru

Jak již bylo uvedeno v úvodu této práce, je zcela zřejmé, že během krátké doby bude zcela nezbytné zvýšit efektivitu a propustnost vzdušného prostoru z důvodu očekávaného nárůstu poptávky po letecké dopravě. V současné době je již možné sledovat určité pokroky, které přinesly vysokou míru zlepšení. Příkladem může být zavedení snížení vertikálních rozstupů RVSM v některých regionech. Díky ověřené efektivnosti by se měl tento systém aplikovat globálně do konce roku 2011. Nadále roste význam polárních tratí, které neustále získávají větší oblibu u dopravců a jejich využití každým rokem stoupá. Jejich přínos pro přímé linky mezi Asií a USA je naprosto nedocenitelný, poněvadž většina párů spojovaných metropolí mezi těmito kontinenty na přímých linkách, je i dnes na hranici doletu dálkových letadel. Pro příklad je možné zmínit společnost United Airlines, která při zavedení přímých letů z Chicaga do Hong Kongu v roce 1997, nechávala svá letadla Boeing 747 vléct až na vzletovou dráhu za účelem úspory paliva. Tato praxe již naštěstí skončila. V současné době je již uvedeno v provozu celkem 5 polárních tratí a na obrázku číslo 14 je názorně vidět, jak rychle jejich využití roste.



Obrázek 14: Celkový počet polárních letů

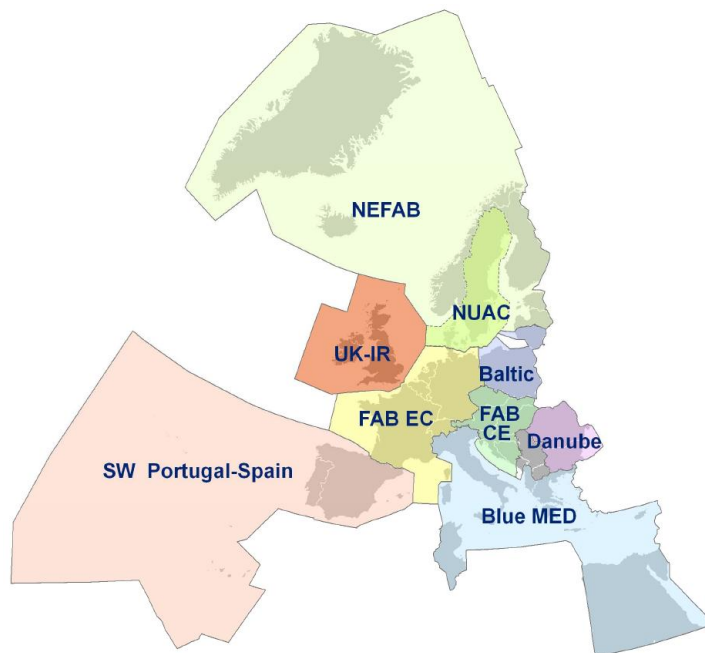
Zdroj: (12)

Je však také nutno dodat, že zavedení polárních tratí mělo přijít mnohem dříve, než se tomu stalo. Prioritu před efektivností v tomto případě sehrály politické aspekty. Z počátku nebylo možné aby americké společnosti létaly přes území Sovětského Svazu. Tato možnost se začala projednávat až po jeho rozpadu. Podobný vliv mají politické aspekty i na další omezení, která jsou způsobena převážně nárokem na zachování suverenity každého státu. Nárok na suverenitu ve vlastním vzdušném prostoru má dle Chicágské úmluvy každý stát bez výjimky. Toto právo by však nemělo tvořit překážku před efektivním využíváním vzdušného prostoru nad jednotlivými kontinenty. Současná podoba rozdělení vzdušného

prostoru a vedení letových tratí jsou neefektivní, jelikož jsou přizpůsobeny hranicím jednotlivých států, namísto aby se přizpůsobily současným letovým proudům. Jednotlivé státy by se měly částečně vzdát tohoto zastaralého modelu a umožnit plánování přímějších letových tratí za účelem ekonomických a ekologických úspor. Jako vzor by měl vystupovat právě připravovaný projekt jednotného evropského nebe SES.

4.1 Jednotné evropské nebe - SES

Projekt SES (Single European Sky) byl zahájen na základě rozhodnutí Evropské komise v roce 2001 a jeho hlavním cílem je reforma řízení letového provozu v Evropě. Důvodů a benefitů, které se očekávají od tohoto projektu je několik. Těmi klíčovými jsou skutečnosti, že poptávka po letecké dopravě roste rychleji, než se daří navyšovat propustnost vzdušného prostoru. Oproti roku 1990 činí v současné době nárůst emisí z letecké dopravy nad Evropou 90 %. Takový nárůst nezaznamenal žádný jiný druh dopravy. Měl by proto být vytvořen jednotný vzdušný prostor, který by byl přizpůsoben letovým proudům a funkčním blokům, bez ohledu na státní hranice. Předpokládaný systém funkčních bloků je možné vidět na obrázku číslo 15.



Obrázek 15: Rozdělení funkčních bloků SES

Zdroj: (13)

Tento koncept by měl přinést významné snížení nákladů na řízení letového provozu a tím pádem i snížení nákladů pro jednotlivé uživatele vzdušného provozu. Hlavní cíle tohoto projektu můžeme shrnout do následujících bodů:

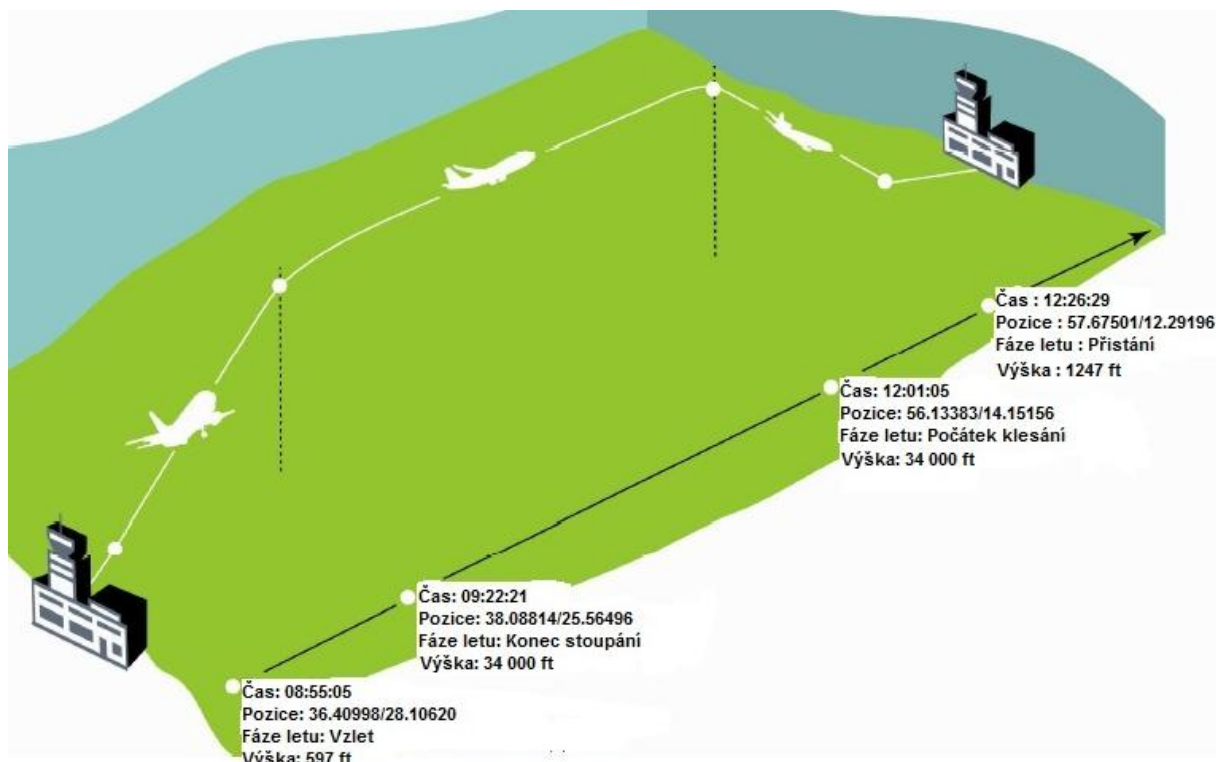
- snížení emisí CO₂ z každého letu o 10 %,
- snížení nákladů na řízení letového provozu o 50 %,
- navýšení kapacity vzdušného prostoru až trojnásobně,
- zvýšení bezpečnosti.

4.1.1 Evropský výzkumný program pro řízení letového provozu - SESAR

V roce 2005 byl ve spolupráci Evropského společenství a Eurocontrolu založen nový program SESAR (Single European Sky ATM Research), který dostal za úkol definovat a implementovat vše nezbytné k zavedení SES. V programu SESAR jsou zapojeni zástupci ze všech významných evropských firem zabývajících se leteckou dopravou. Jedná se o výrobce letadel, výrobce avioniky, letecké dopravce, poskytovatele řízení letového provozu a další subjekty z leteckého průmyslu. Celkem je do projektu přímo zapojeno 29 firem. Jako příklad je možné jmenovat společnosti Lufthansa, Airbus, Thales, Fraport, Boeing, IATA, atd. Dokončení a úplné zprovoznění SES je naplánováno na rok 2025. Všechny nové technologie a postupy budou implementovány postupně po krocích tak, aby byl rozvoj harmonizovaný. Program SESAR dělí tento rozvoj do tří fází. První fáze byla definiční a skončila v roce 2008. Cílem bylo definovat jakým způsobem by mělo dojít k naplnění požadovaných cílů a jako výstup této fáze vznikl tzv. Master Plan, ve kterém je podrobně specifikováno, které technologie a postupy je potřeba vyvinout a poté jak a kdy budou implementovány. V současné době se program SESAR nachází v rozvojové fázi, ve které se pracuje na nových technologiích a postupech, které se budou později testovat a implementovat do praxe. Od roku 2014, ve kterém by měla započít poslední implementační fáze, se očekává postupná reorganizace řízení letového provozu a zavádění nově vyvinutých technologií. U nových technologií je kladen velký důraz na jejich interoperabilitu tak, aby byly celosvětově aplikovatelné a použitelné. Letecká doprava je specifická právě svým globálním využitím, proto není možné, aby systémy letadel, která přilétají z jiných kontinentů do Evropy, nebyly kompatibilní. Dá se tak říci, že nové technologie se budou týkat převážně pozemního vybavení, než samotných letadel. Současné vyráběná letadla jsou vybavena natolik, že u nich nebude potřeba žádných rozsáhlých renovací.

4.1.2 4D trajektorie

Podle Evropské komise jsou roční vícenáklady na neefektivní využití vzdušného prostoru kolem 4,4 miliard EUR. Jednou z hlavních příčin je současný systém konvenčních tratí, které se často liší od preferované tratě. Průměrná délka jednoho letu v Evropě činí přibližně 826 km. Preferovaná trať každého letadla by však mohla být v průměru o 49 km kratší pokud by vedla přímo. Pokud se uvaží, že v Evropě je každý den provedeno přibližně 28 000 letů, dalo by se ušetřit celkově 1 372 000 km každý den, pokud by bylo možné zvolit pro každý let preferovanou trať. Při průměrné spotřebě paliva 5l/100 km by bylo možné ušetřit 68 600 litrů leteckého paliva každý den a doba letu by se zkrátila o přibližně 10 minut. Aby bylo možné těchto úspor dosáhnout, byl v programu SESAR definován nový systém 4-dimensionálních trajektorií, které by měly umožnit natolik efektivní plánování, aby bylo možné každému letadlu přiřadit jeho preferovanou trať. V současné době se používají letové plány, ve kterých jsou zaznamenány jednotlivé body a letové tratě, které tyto body spojují. Letové plány založené na 4-dimensionální trajektorii by měly obsahovat informaci o čase, pozici (zeměpisná délka a šířka) a výšce pro jakoukoliv fázi letu. Každý uživatel vzdušného prostoru bude mít přehled o provozu v aktuálním i budoucím čase. Takové informace budou velmi důležité především pro řídící letového provozu, kteří budou moci využít vzdušný prostor mnohem efektivněji a předcházet včas možným problémům. Na obrázku číslo 16 je příklad, jak by mohla vypadat 4-dimensionální trajektorie se zvolenými fázemi letu a jejich podrobnými informacemi o čase, výšce a poloze.



Obrázek 16: 4-dimensionální trajektorie

Zdroj: (14)

Uživatel letového prostoru si zvolí preferovanou trať a bude si ji muset nechat odsouhlasit od poskytovatele řízení letového provozu. Samotné řízení letového provozu bude mnohem více automatizované za pomoci automatické výměny informací mezi palubními a pozemními zařízeními. Verbální komunikace mezi řídicím a pilotem bude mnohem méně potřebná a posádky budou mít více prostoru věnovat svoji pozornost řízení letadla. Jak je na obrázku číslo 16 vidět, 4-dimensionální trajektorie bude také zahrnovat přesné časy příletu a odletu, které by měly významně zkrátit vyčkávání na vzlet a úplně omezit vyčkávání ve vzdušném prostoru před přistáním.

Technologie k implementování 4-dimensionálních trajektorií je v současné době již dostupná. Největší výzvou zůstává stanovit potřebné standardy, postupy a metody používání aby bylo možné tuto technologii plně uplatnit v provozu.

4.1.3 Široko-systémový informační management - SWIM

V případě plánování letových tras na základě 4-dimensionálních trajektorií, je zapotřebí vytvořit systém, do kterého bude možné zadávat letové plány a ostatní informace týkající se letového provozu. K tomuto účelu byl v programu SESAR definován nový systém

SWIM (System Wide Information Management). Bývá také označován jako „vzdušný intranet“, jelikož do něj budou mít přístup všichni, kdo se na letovém provozu podílí a těmi jsou (15):

- letové posádky,
- střediska řízení letového provozu,
- letištní operační střediska,
- operační střediska dopravců,
- poskytovatelé služeb letecké navigace,
- meteorologická centra.

Výhodou tohoto systému bude shromažďování všech informací na jednom místě, které budou okamžitě dostupné, jelikož bude systém založený na internetových protokolech. Nejdůležitějšími informacemi, které se budou v tomto systému sdílet můžeme shrnout do následujících bodů:

- letové trajektorie každého letadla,
- aspekty týkající se letišť,
- meteorologické údaje,
- informace znázorňující letový tok,
- pozorování letadel pomocí výstupu z radarů a satelitního navigačního systému,
- informace pro uživatele o aktuální dostupnosti a kapacitě vzdušného prostoru.

4.2 Převedení části výkonů letecké dopravy na železnici

Další možností, jak uvolnit kapacitu vzdušného prostoru je převedení části výkonu letecké dopravy na železnici. O této variantě bohužel žádná z uznávaných leteckých organizací jako jsou ICAO nebo IATA nepojednává. Ačkoliv obě organizace vydávají pravidelně reporty mapující ekologický dopad letecké dopravy na životní prostředí, ani jedna z nich dosud nepoznamenala, že významný objem letecké dopravy by bylo možné převést na železniční dopravu. Obě organizace propagují ekologii jako hlavní prioritu při rozvoji letecké dopravy, jejich skutečnou prioritou je však rozvoj letecké dopravy samotné. Největší množství letecké dopravy, které by bylo možné převést na železnici, je právě v Evropě, kde je většina velkých měst spojena desítkami letů denně, ale také v Číně, kde jsou budovány vysokorychlostní tratě s cestovní rychlostí přesahující až 400 km/h. V podmínkách České republiky je možné říci, že vnitrostátní letecká doprava nemá své opodstatnění, jak po ekonomické stránce tak ani časové. Je to z prostého důvodu, jelikož

všechna velká města mezi kterými jsou vnitrostátní linky provozovány, mají kvalitní spojení železniční dopravou. Přesto se leteckým dopravcům na vnitrostátních linkách daří naplňovat kapacitu svých linek.

Ještě zajímavější je situace v západní Evropě, kde je vybudována vyspělá síť vysokorychlostní železnice a přesto je většina blízkých měst spojována desítkami pravidelných letů denně. V tomto regionu je na některých leteckých linkách možné dokázat, že se nevyplatí ani při vzdálenosti kolem 500 km. Jako příklad je možné porovnat spojení mezi Madridem - Barcelonou a Paříží - Londýnem v tabulce číslo 3.

Tab. 3: Porovnání železniční a letecké dopravy

	Doba letu	Doba jízdy po železnici	Vzdálenost
Madrid - Barcelona	1:10 + 1:40 *	2:43	621 km
Paříž - Londýn	1:20 + 1:40*	2:15	495 km

* Průměrná doba potřebná na odbavení před odletem a dopravu na/z letiště.

Zdroj: Autor, webové stránky dopravců

Pokud vezmeme v úvahu ve prospěch železniční dopravy, že hlavní nádraží jsou obvykle situována v centrech měst, zatímco letiště velmi často i několik desítek kilometrů od města a k tomu připočteme v průměru hodinu, kterou je potřeba strávit na letišti před odletem při procesu odbavení, vychází železniční doprava jako efektivnější. Dále je významný rozdíl v ceně letenky a v ceně jízdenky vlaku. I kdyby si cestující na železnici pořídil jízdenku do první třídy, ušetří často významnou částku, než pokud by si koupil letenku do ekonomické třídy. Přes všechny tyto aspekty, které jsou ve prospěch železniční dopravy, je mezi městy z tabulky číslo 3 provozováno několik desítek letů denně. Mezi Barcelonou a Madridem provozují pravidelné linky 4 letečtí dopravci. Nejvýznamnější z nich, španělská Iberia, provozuje celkem 48 letů denně letadly A32S, které mají kapacitu přibližně 160 cestujících. Množství cestujících, kteří by mohli jen v tomto případě přejít na železniční dopravu, je tedy v řádech tisíců každý den. V roce 2009 využilo tuto linku podle Eurostatu necelé 3 miliony cestujících. Podobná situace je i na linkách mezi Londýnem a Paříží. Za zmínku v tomto případě stojí situace z léta roku 2010, kdy společnost Air France z důvodu vysoké poptávky a malého vytížení svých dálkových letadel pravidelně nasazovala na tuto linku vysokokapacitní letadlo Airbus A380 pro 538 cestujících. Průměrné množství vyprodukovaných emisí na této lince je vypočítáno na 68 kg CO₂ na každého cestujícího. U železniční dopravy je oproti tomu zatížení životního prostředí minimální.

S postupně se rozvíjející sítí vysokorychlostní železnice v Evropě, by bylo vhodné, aby se železniční dopravci pokusili ještě více konkurovat leteckým dopravcům a přilákali k sobě další zákazníky.

Závěr

Letové tratě usnadňují plánování letů a řízení letového provozu již několik desítek let. Je však nutno konstatovat, že systém konvenčních tratí již přestává být dostačující a bude jej brzy potřeba nahradit zcela novým systémem. Velké naděje se vkládají do 4-dimensionálních trajektorií, díky kterým by bylo možné vytvořit optimální letovou trať pro každý let. Znamenalo by to tedy konec letových tratí v Evropě, jak je známe dnes.

Pokud by se opravdu podařilo naplnit všechny cíle, které jsou nyní očekávány od projektu SES, měl by se tento model aplikovat i na ostatní regiony, ve kterých je kapacita vzdušného prostoru nedostačující. Jen tak bude možné zajistit harmonizovaný rozvoj a globální interoperabilitu napříč leteckou dopravou. Pokud se tak nestane, bude vzdušný prostor i nadále fragmentován na malé segmenty, které budou kopírovat hranice států a letové tratě zůstanou neefektivní. Jediný obdobný projekt pod názvem NextGen je prozatím odstartován jen v USA. Ostatní regiony bohužel nemají žádný způsob, kterým by dokázaly navýšit kapacitu svých vzdušných prostorů. K vytvoření modelu jako je SES, je zapotřebí, aby se zainteresované státy dohodly na jednotné podobě a řízení. K tomu se bohužel často staví politické aspekty, jelikož se jednotlivé státy obávají o ztrátu své vlastní svrchovanosti.

Co se týče současného modelu letových tratí nad severním pólem a transoceánských tratí, je možné je považovat za dostačující a efektivní. Polárních letů jsou prozatím jen desítky každý den. U transoceánských tratí je počet frekvencí mnohem vyšší. Situace by se měla výrazně zlepšit po zavedení řízení letového provozu pomocí družicového navigačního systému. Řídící letového provozu tak budou mít dostatečný přehled o provozu nad oceány a bude možné ještě snížit současné rozstupy mezi letadly. Přispět by mohl evropský družicový systém Galileo, jehož uvedení do provozu se očekává již brzy. Družicová navigace tak přestane být závislá na americkém systému GPS, který je prioritně určen k vojenským účelům.

Seznam použitých informačních zdrojů

- [1] *EUROCONTROL Long-Term Forecast of Annual Number of IFR flights* [online]. c2010 [cit. 2011-02-20].
Dostupné z <<http://www.eurocontrol.int/statfor>>
- [2] *ICAO Environmental Report 2010* [online]. c2010 [cit. 2011-02-20].
Dostupné z <<http://www.icao.int/icao/en/env2010/Pubs/EnvReport10.htm>>
- [3] *Letecká informační příručka AIP* [online].
Dostupné z <<http://lis.rlp.cz/newindex.cz.html>>
- [4] *EUROCONTROL Navigation Domain* [online]. [cit. 2011-02-20].
Dostupné z <<http://www.ecacnav.com/RVSM>>
- [5] KULČÁK, L. *Air Traffic Management*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2002. 314 s. ISBN 80-7204-229-7
- [6] *Aero magazine no. 16* [online]. c2001 [cit. 2011-02-20].
Dostupné z
<http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/aero_16/archive.html>
- [7] *Space weather and polar operations* [online]
Dostupné z <<http://www.ametsoc.org>>
- [8] *Turbulence Forecast* [online]
Dostupné z <http://www.turbulenceforecast.com/atlantic_westbound_tracks.php>
- [9] *Wikipedia* [online]
Dostupné z <http://en.wikipedia.org/wiki/Jet_stream>
- [10] *AirlinePilotChatter* [online]
Dostupné z <<http://airlinepilotchatter.blogspot.com/>>
- [11] *VZTLAK.NET* [online]
Dostupné z <<http://vztlak.net/Technika-a-legislativa/ETOPS-Kdyz-je-zalozni-letiste-daleko>>
- [12] *Polar Operations 1996-2010* [online]
Dostupné z <<http://www.faa.gov>>
- [13] *Evaluation of Functional Airspace Block (FAB) Initiatives and their contribution to Performance Improvement* [online]
Dostupné z <http://ec.europa.eu/transport/air/studies/doc/traffic_management>

- [14] *SESAR_Factsheet_4DTrajectory_2_.pdf* [online]
Dostupné z <http://www.sesarju.eu>
- [15] *SESAR_Factsheet-SWIM.pdf* [online]
Dostupné z <http://www.sesarju.eu>

Seznam obrázků

Obrázek č. 1: Očekávaný počet pohybů dopravních letadel nad Evropou	8
Obrázek č. 2: Podíl letecké dopravy na znečištění životního prostředí	9
Obrázek č. 3: Příletová trať STAR	12
Obrázek č. 4: Značení letové tratě v traťové mapě.....	12
Obrázek č. 5: Znázornění vzniku nových letových tratí s využitím RVSM.....	14
Obrázek č. 6: Porovnání délky tratí z New Yorku do Hong Kongu.....	20
Obrázek č. 7: Příklad využití polárních tratí společností United Airlines.....	21
Obrázek č. 8: Znázornění komunikace při přeletu severního pólu.....	23
Obrázek č. 9: Současně dostupná záložní letiště v polární oblasti	25
Obrázek č. 10: Mapa transatlantických tratí.....	27
Obrázek č. 11: Znázornění letu po ortodromě a po směru jetstreamu.....	28
Obrázek č. 12: Palubní zařízení TCAS.....	29
Obrázek č. 13: Plánování letu bez ETOPS a s ETOPS 180	30
Obrázek č. 14: Celkový počet polárních letů	31
Obrázek č. 15: Rozdělení funkčních bloků SES.....	32
Obrázek č. 16: 4-dimensionální trajektorie	35

Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Minima radarových rozstupů podle turbulence v úplavu

Tabulka č. 2: Příklad vytížení a doby letu dálkového letadla Boeing 747-400 nonstop na trati z Chicaga do Hong Kongu

Tabulka č. 3 : Porovnání železniční a letecké dopravy

Seznam použitých zkratk

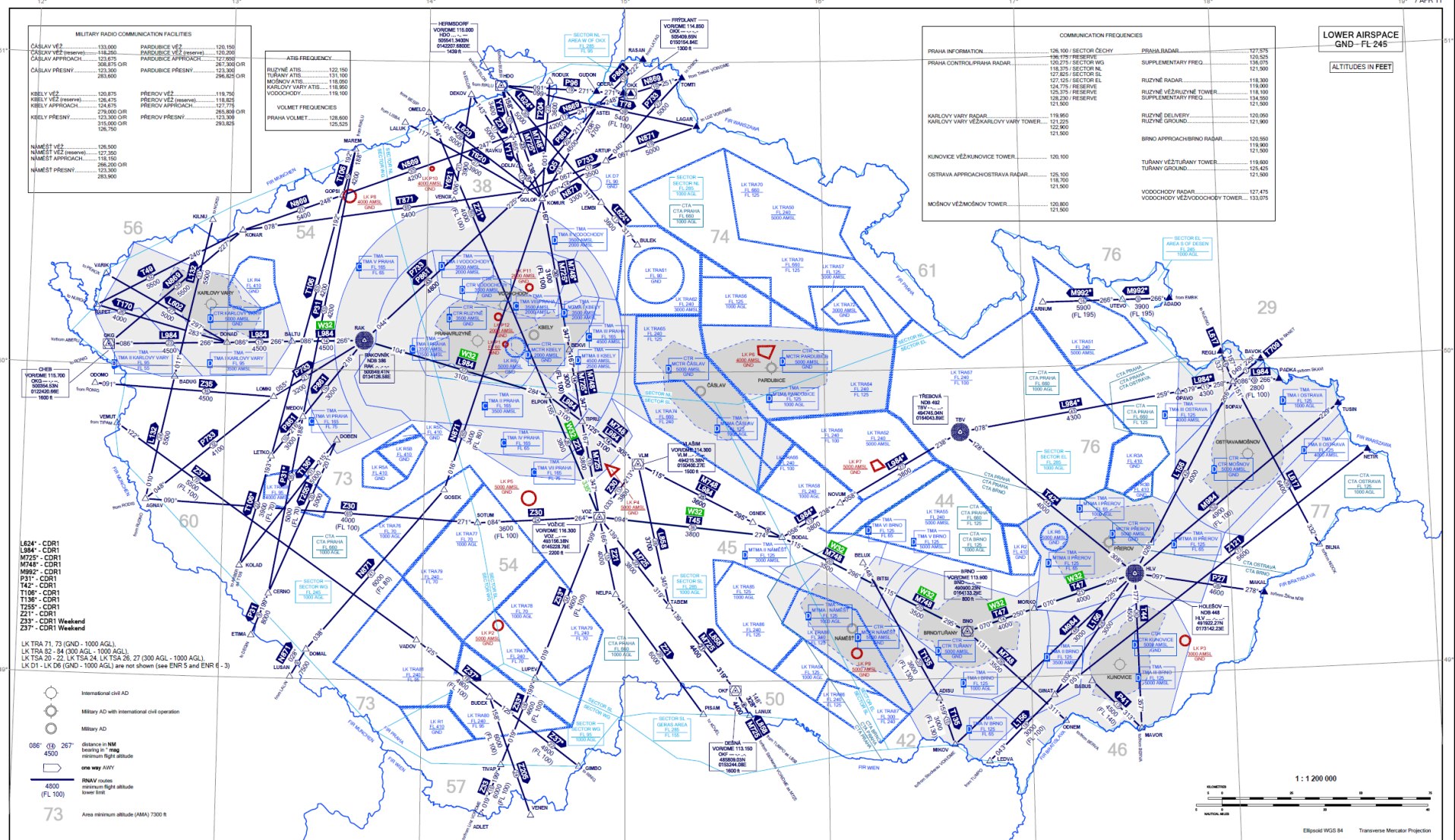
AUP	Airspace use plan, Plán využití vzdušného prostoru
ATM	Air Traffic Management Uspořádání letového provozu
CDR	Conditional routes, Podmíněné tratě
CRAM	Conditional route availability message, Zpráva o využitelnosti podmíněných tratí
DME	Distance measuring equipment, Zařízení pro určení šikmé vzdálenosti mezi zemí a letadlem
ETOPS	Extended range Twin engine Operational Performance Standard), Lety dvoumotorových letadel se zvýšeným doletem
FAA	Federal Aviation Administration, Federální úřad pro letectví
GND	Ground, Země
GNSS	Global Navigation Satellite System, Globální navigační satelitní systém
GPS	Global positioning system, Globální družicový polohový systém
HDP	Hrubý domácí produkt
IATA	International Air Transport Association, Mezinárodní sdružení pro leteckou dopravu
ICAO	International Civil Aviation Organization, Mezinárodní organizace pro civilní letectví
INS	Inertial navigation system, Inerciální navigační systém
IRS	Inertial reference system, Inerční referenční systém
MEL	Minimum equipment list, List minimální požadované výbavy

NDB	Non-directional beacon, Nesměřový maják
NOTAM	Notice To Airmen, Poznámka pro letce
RACGAT	Russian Ammerican Coordinating Group For Air Traffic Rusko-Americká koordinační skupina pro letový provoz
RNAV	Area navigation, Prostorová navigace
RNP	Required navigation performance, Požadovaná navigační výkonnost
RVSM	Reduced vertical separation minima, Snížené vertikální minima rozstupů
ŘLP	Řízení letového provozu
SATCOM	Satelite communication, Satelitní komunikace
SES	Single European Sky, Jednotné evropské nebe
SESAR	Single European SKY ATM Research, Evropský výzkumný program pro řízení letového provozu
SID	Standard instrument departure, Standardní odletová trať
STAR	Standard terminal arrival route, Standardní příletová trať
SWIM	System Wide Information Manager, Široko-systémový informační management
TCAS	Traffic Collision Avoidance System, Zařízení pro zabránění kolizí za letu
VOR	VHF Omnidirectional Radio Range, Všesměrový maják

Seznam příloh

Příloha č. 1: Traťová mapa spodního vzdušného prostoru ČR (3)

PŘÍLOHA



LOWER AIRSPACE GND - FL 245

ALTITUDES IN FEET

1:1 200 000

Ellipsoid WGS 84 Transverse Mercator Projection