



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
LETECKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AEROSPACE ENGINEERING

KONSTRUKCE RNAV PŘÍSTROJOVÝCH ODLETŮ PRO DRÁHU 03C NA LETIŠTI V KUNOVICÍCH

CONSTRUCTION RNAV INSTRUMENT DEPARTURES FOR RUNWAY 03C AT THE KUNOVICE
AIRPORT

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. TOMÁŠ DOSTÁL

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. PETR VESELÝ

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Letecký ústav

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Tomáš Dostál

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Letecký provoz (3708T011)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Konstrukce RNAV přístrojových odletů pro dráhu 03C na letišti Kunovice

v anglickém jazyce:

Construction RNAV instrument departures for runway 03C at the Kunovice airport

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

V souladu s Koncepcí rozvoje navigačního prostředí ČR v období do roku 2020 se hledají řešení pro zavedení prostorové navigace (RNAV) na letištích s provozem IFR. Řada frekventovaných letišť již využívá RNAV a to buď souběžně s konvenčními, nebo zcela samostatně. Existuje však celá řada letišť, která na zavedení prostorové navigace stále čekají. Jedním z nich je i letiště Kunovice. V současné době se úsilí v tomto směru zaměřuje na zavedení RNAV příletů a přiblížení pro dráhu 03C Kunovického letiště.

Neopominutelnou součástí rekonstrukce vzdušného prostoru jsou však i přístrojové odlety. Ty je třeba provádět s ohledem na faktory, jakými jsou například: hustota místního letového provozu, okolní terén, radionavigační vybavení, kategorie letadel, atd.

Cílem diplomové práce je analytické zpracování problematiky RNAV postupů v TMA a CTR, celková studie současného stavu na letišti Kunovice a detailní konstrukce RNAV postupů pro odlet z dráhy 03C.

Cíle diplomové práce:

- ☐ Analýza současného stavu zavádění RNAV
- ☐ Provedení rešeršní studie stavu řešené problematiky na letišti Kunovice
- ☐ Provedení návrhů možných variant na řešení RNAV odletů z dráhy 03C LKKU
- ☐ Analýza navrhovaných variant a výběr nejvhodnějšího řešení
- ☐ Provedení detailní konstrukce vybrané varianty přístrojového odletu

Seznam odborné literatury:

- [1] ICAO: Doc 8168 Amendment no. 2 to Procedures for Air Navigation Services – Aircraft Operations – Volume II – Constructions of Visual and Instrument Flight Procedures. Montréal: ICAO, 2008. 296 p.
- [2] ICAO: Doc 8168 Procedures for Air Navigation Services – Aircraft Operations – Volume II – Constructions of Visual and Instrument Flight Procedures. 5th edition Montréal: ICAO, 2006. 701 p.
- [3] ICAO: Doc 9613 Performance-based Navigation (PBN) Manual. 3rd edition Montréal: ICAO, 2008. 294 p. ISBN 978-92-9231-198-8
- [4] Řízení letového provozu ČR, Letecká informační služba. AIP ČR: Letecká informační příručka České republiky. Jeneč: LIS ŘLP ČR, s. p., 2012.
- [5] SOLDÁN, V.: Letové postupy a provoz letadel. 1. vydání Praha: LIS ŘLP ČR, s. p., 2007. 214 s. ISBN 978-80-239-8595-5

Vedoucí diplomové práce: Ing. Petr Veselý

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/2013.

V Brně, dne 16.11.2012

L.S.

doc. Ing. Jaroslav Juračka, Ph.D.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá návrhy RNAV-1 odletových tras z dráhy 03C na letišti v Kunovicích. Navrhnuté trasy jsou navázány na nové RNAV-1 tratě v TMA Brno, v práci jsou dále vyhotoveny RNAV SID mapy a detailně popsána konstrukce jedné z odletových tras. Kromě samotných návrhů RNAV-1 tras jsou v práci rozebrány také vlivy a faktory, jež konstrukci těchto tras ovlivňují. Konstrukce RNAV SID tras vychází z poznatků a nedostatků konvenčních tras, které vyplynuly z analýzy současného stavu odletových tras na letišti v Kunovicích. V druhé části práce jsou předloženy 3 varianty odletových tras z kunovického letiště.

Abstract

This master's thesis deals with RNAV-1 departure routes for runway 03C at the Kunovice airport. Suggested routes are linked to the new RNAV-1 routes in TMA Brno. RNAV SID maps and construction of one of the departure track are also done and described in this master's thesis. Beyond design of RNAV-1 routes are also analyzed influences and factors in the master's thesis that affect the construction of these routes. Construction of RNAV SID routes are based on the knowledge and shortcomings conventional routes that are resulted from the analysis of the current departure routes at the Kunovice airport. In the second part of the thesis is submitted 3 variants of departure routes for Kunovice airport.

Klíčová slova

GNSS, letiště Kunovice, LKKU, odletová trať, RNAV-1, RWY 03C, TMA Brno.

Keywords

GNSS, aerodrome Kunovice, LKKU, departure track, RNAV-1, RWY 03C, TMA Brno.

Bibliografická citace

DOSTÁL, T. *Konstrukce RNAV přístrojových odletů pro dráhu 03C na letišti Kunovice*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 87 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Petr Veselý.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že diplomovou práci na zadané téma jsem vypracoval samostatně s použitím veškerých uvedených literárních pramenů a jiných zdrojů pod vedením vedoucí práce pana Ing. Petra Veselého.

V Brně dne 24. 5. 2013

.....
Bc. Tomáš Dostál

Poděkování

Rád bych poděkoval svému vedoucímu diplomové práce panu Ing. Petru Veselému za ochotnou spolupráci, rady a čas, který mi věnoval při zpracování zvoleného tématu. Dále bych touto cestou chtěl poděkovat panu Ing. Tomáši Dukovi z oddělení letového ověřování za poskytnutí odborných rad, panu Ing. Stanislavovi Mikulášťíkovi a pánům instruktörům Petru Havranovi a Jaroslavu Vašíkovi ze stanoviště APP Brno za poskytnutí cenných odborných konzultací.

Obsah

1	Úvod	10
2	Zavádění RNAV SID a STAR tratí.....	12
2.1	Organizace ovlivňující prostorovou navigaci	12
2.1.1	Mezinárodní organizace ovlivňující LPS	12
2.2	Koncepce rozvoje navigačního prostředí České republiky.....	15
2.2.1	Období do roku 2012	15
2.2.2	Období od roku 2012-2016	15
2.2.3	Období od roku 2016-2020	16
2.3	PBN Manual	16
2.3.1	Popis komponentů PBN Manual	17
3	Prostorová navigace	18
3.1	Historie.....	18
3.1.1	USA	19
3.1.2	Evropa.....	20
3.2	RNAV a RNP specifikace.....	21
3.2.1	RNAV specifikace	21
3.2.2	RNP specifikace	22
3.3	Prostorová navigace v ČR.....	23
4	Letiště Kunovice	24
4.1	Historie letiště	24
4.2	Současný stav	24
4.3	Poloha letiště a jeho okolí	25
4.4	Vybavení letiště	26
4.5	Současné odletové tratě z RWY 03C.....	27
4.6	Statistika provozu na letišti	28
4.6.1	Kategorie letadel.....	30
4.7	Vzdušný prostor České Republiky	31
4.7.1	Třídy vzdušného prostoru	31
4.7.2	Vzdušný prostor letiště Kunovice a jeho blízkého okolí.....	32

5	Konstrukce RNAV odletových tratí	35
5.1	Typy odletových tratí	35
5.2	Ochranný prostor odletové tratě	36
5.2.1	Minimální výška nad překážkami (MOC)	37
5.2.2	Minimální nadmořská výška pro radarové vektorování (MRVA).....	38
5.2.3	Návrhový gradient stoupání (PDG)	39
5.2.4	Šířka ochranného prostoru RNAV odletových tratí.....	40
5.3	Parametry a výpočty odletové tratě	42
5.3.1	Vstupní veličiny	43
5.3.2	Parametry odletové tratě	45
5.4	Konstrukce zatáček a ochranných prostorů bodů fly-by	49
5.5	Analýza překážek v okolí letiště a odletových tratí	51
6	Návrh RNAV-1 odletových tratí z RWY 03C	53
6.1	Požadavky na odletové tratě.....	53
6.2	První bod tratě	55
6.3	Odlety – varianta 1	57
6.4	Odlety – varianta 2	60
6.5	Odlety – varianta 3	62
6.6	Shrnutí odletových tratí	65
7	Popis konstrukce odletové tratě MAVOR 1C	68
7.1	Konstrukce odletové tratě.....	68
7.2	Konstrukce ochranných prostorů odletové tratě.....	71
7.3	Ověření minimální výšky nad překážkami.....	74
7.3.1	Ověření výpočtem.....	74
7.3.2	Ověření pomocí grafické metody.....	77
8	Závěr	79
9	Seznam použitých zdrojů	81
10	Seznam zkratk	84
11	Seznam příloh	87

1 Úvod

Cestovní ruch je součástí našeho života. Jen těžko si dnes můžeme představit žít bez kteréhokoliv dopravního prostředku. V tomto století, a následně i ve století budoucím bude doprava velkou měrou přispívat ke zvýšení růstu ekonomiky daných států, rozvoji obchodu a k udržování dobrých vztahů mezi jednotlivými státy světa. Dopravu obecně chápeme jako způsob přemísťování osob či nákladů mezi různými body. Mezi velmi rychle se rozvíjející formu dopravy dnes řadíme dopravou leteckou. Letecká doprava patří k nejbezpečnějším způsobům přepravy, její rychlost, efektivita a především komfort cestujících, to vše jsou faktory, které ji činí tak populární.

Vzhledem k enormnímu zvýšení hustoty letového provozu, hlavně nad střední Evropou, jsou současné kapacity letových tras téměř vyčerpané, a to zejména v letním období. Na tuto situaci reagují letecké společnosti, které se snaží minimalizovat zdržení letadel na letových cestách - především při přiblížení na přistání a při odletu z daného letiště, tedy v koncových řízených oblastech. Také z tohoto důvodu je nutné poupravit a přizpůsobit této situaci vzdušný prostor, neboť současný stav se již jeví jako nevyhovující. V dřívější době na tento problém upozornila evropská organizace Eurocontrol a cílevědomě začala řešit možnou situaci. Výsledkem bylo vydání několika koncepcí upravujících vzdušný prostor nad Evropou, jež mají především zvýšit jeho kapacitu a bezpečnost s ohledem na technický pokrok v CNS.

Pro Českou republiku je závazná koncepce rozvoje navigačního prostředí České republiky v období do roku 2020, vydaná podnikem Řízení letového provozu ČR. Tato koncepce ruší současné konvenční SID/STAR tratě a zavádí RNAV-1 pro přílety a odlety v koncových řízených oblastech s využitím globální satelitní navigace jako primární navigace, a to i při traťové navigaci. Podle úrovně letových provozních služeb je nutné zabezpečit navigační specifikace a navigační výkonnosti v jednotlivých fázích letu. To řeší dokument PBN Manual vydaný společností ICAO.

V této době jsou P-RNAV tratě (RNAV-1 dle PBN Manual) aplikovány pouze v TMA Praha, avšak v květnu roku 2013 přijdou v platnost i RNAV-1 tratě pro odlety a přílety v brněnském TMA, tedy pro letiště Brno-Tuřany. V souladu s koncepcí rozvoje navigačního prostředí České republiky v období do roku 2020 a v návaznosti na nové tratě v brněnském TMA je nutno vytvořit RNAV-1 tratě i na sousedním mezinárodním neveřejném letišti v Kunovicích, aby byl zachován plynulý a spořádaný tok letového provozu nejen v TMA Brno.

Cílem mé diplomové práce je návrh odletových tratí z dráhy 03C na letišti v Kunovicích včetně návaznosti tras na nové RNAV-1 tratě v TMA Brno, dále také vyhotovení RNAV SID map a detailního postupu konstrukce jedné z odletových tras. Nové RNAV SID trasy budou tvořit až po celkové analýze současného stavu odletových tras na letišti v Kunovicích s využitím jednotlivých poznatků a nedostatků současných konvenčních tras z předešlé analýzy, v závislosti na různých kategoriích letadel, okolním terénu, hustotě místního letového provozu a obydlených zástavbách. Zdrojem navigačního vedení po nových RNAV SID tratích bude globální satelitní navigace (GNSS).

Pro konstrukci jednotlivých tratí je nezbytná spolupráce s řídícími letového provozu na letišti Kunovice a s vedením střediska Řízení letového provozu v Brně-Tuřanech, a to kvůli návaznosti na jejich tratě v TMA, anebo při vektorování letadel zamýšlejících přistání v Kunovicích. Nedílnou součástí mé práce je také konzultace s kolegy z Oddělení postupů letových navigačních služeb Řízení letového provozu ČR v Praze, a to ohledně samotné konstrukce odletových tratí a osvědčených postupů z praxe. Konečný návrh RNAV SID tratí může být podkladem pro ŘLP ČR a letiště Kunovice k realizaci těchto tras v praxi, anebo jako návrh dílčích změn ve vzdušném prostoru v okolí tohoto letiště.

Finálním výsledkem by mělo být výrazné zjednodušení způsobu řízení letadel při odletu z Kunovic a následném průletu v TMA Brno, čímž by došlo i ke snížení pracovní zátěže pro řídící letového provozu jak v Kunovicích, tak i v Brně. V neposlední řadě by mělo dojít k navýšení bezpečnosti a kapacity vzdušného prostoru v dané koncové řízené oblasti.

2 Zavádění RNAV SID a STAR tratí

Hlavním důvodem pro zavádění odletových a příletových RNAV tratí je především zvýšení kapacity a bezpečnosti vzdušného prostoru v okolí letišť, kde jsou nebo v dohledné době budou aplikovány příletové a odletové RNAV tratě. S tím samozřejmě souvisí i přesnější vedení letadla k cílovému letišti a následný odlet z tohoto letiště. Realizace těchto tras poté poskytne samotným řídicím letového provozu nové možnosti při řízení letového provozu s efektivním využitím okolního prostoru. V případě, že navigačním zdrojem pro vedení letadla po RNAV tratích bude GNSS, tak pozemní radionavigační zařízení, jako je VOR/DME nebo DME/DME, nejsou potřebná. Nezávislost na těchto radionavigačních zařízeních je důležitá především pro letiště, která tato zařízení nemají k dispozici. Tím se šetří velké finanční prostředky vynaložené na realizaci a následné udržování zařízení v provozuschopném stavu. Příkladem je letiště v Kunovicích, jemuž zavedení RNAV SID a STAR tratí výrazně pomůže při jeho modernizaci.

2.1 Organizace ovlivňující prostorovou navigaci

Realizace těchto tratí vyžaduje akceptování jednotlivých mezinárodních organizací ovlivňujících letové provozní služby (LPS). Tyto služby jsou označovány jako:

- Služba řízení letového provozu (ATC)
 - Oblastní služba řízení (ACC)
 - Přibližovací služba řízení (APP)
 - Letištní služba řízení (TWR)
- Letová informační služba (FIS)
- Pohotovostní služba (ALR)

Při konstrukci RNAV SID a STAR tratí na území České republiky je nutné brát v úvahu i požadavky služeb řízení letového provozu ČR, Ministerstva dopravy ČR a vlastníka společně s provozovatelem neveřejného mezinárodního letiště Kunovice, [22].

2.1.1 Mezinárodní organizace ovlivňující LPS

Vzhledem k tématu této diplomové práce a evropskému prostředí zde sehrávají velkou roli organizace ICAO a Eurocontrol. Česká republika je součástí obou těchto organizací, tudíž dokumenty vydané těmito mezinárodními organizacemi jsou pro nás závazné a je nutno se podle nich řídit.

a) ICAO

Organizace vznikla podepsáním Chicagské úmluvy dne 7. prosince 1944 na základě vzniklé Úmluvy o mezinárodním civilním letectví. Cílem této mezinárodní organizace je podporovat rozvoj civilního letectví a mezinárodní letecké dopravy. Toho ICAO dosahuje vypracováním a zdokonalováním standardů a doporučení, které jsou aplikovány v každodenní praxi mezinárodního civilního letectví. Tyto standardy a doporučení jsou obsaženy v Annexu 1-18. Překlad těchto Annexů ve skutečnosti tvoří předpisy řady L v České republice. [9].

Stěžejními dokumenty vydanými organizací ICAO pro tvorbu tratí založených na prostorové navigaci jsou:

- ICAO: Doc 8168 volume I,
- ICAO: Doc 8168 volume II,
- L 8168 Provoz letadel - Letové postupy,
- ICAO: Doc 9613 Performance-based Navigation (PBN) Manual.

Tyto dokumenty popisují požadavky na konstrukci tratí, výkonnost zařízení, integritu, přesnost, spolehlivost, dostupnost, vybavení letadla, posádku letadla, terminologii atd.

b) Eurocontrol

Jedná se o evropskou mezinárodní organizaci, která vznikla v roce 1960 na základě Mezinárodní úmluvy k zabezpečení evropského letového provozu. Organizace je oprávněna vydávat letové a letecké informace pro členské státy ICAO, které vedou ke zvýšení bezpečnosti a efektivnosti civilního letectví, a to především v oblasti služeb řízení letového provozu, [9].

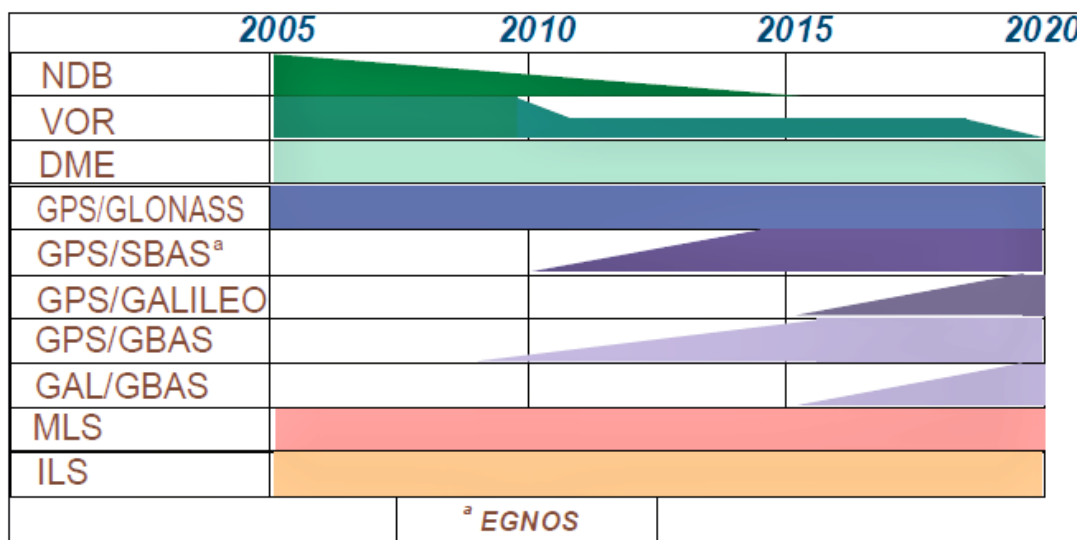
Výsledkem by mělo být optimální využití evropského vzdušného prostoru tak, aby nedocházelo k přeplnění současných tratí a vypracování jednotlivých programů, které vedou k zajištění bezpečnosti a plynulosti civilní letecké dopravy ve vzdušném prostoru pomocí nejnovější radarové a výpočetní techniky. V neposlední řadě Eurocontrol musí řídit realizaci evropského programu „*harmonizace a integrace řízení letového provozu*“, [9].

To vše má za následek vytváření různých doporučení, jednotlivých programů či dokumentů. Jedním z dokumentů je i ECAC Navigation Strategy and Implementation Plan, který řeší rozvoj navigačních zařízení do roku 2020 pro členské státy ECAC (viz obr. 2-1 a obr. 2-2). Přesněji řečeno se jedná o strategii rozvoje navigačního prostředí a jednotlivých navigačních aplikací, které jsou rozděleny do čtyř proudů:

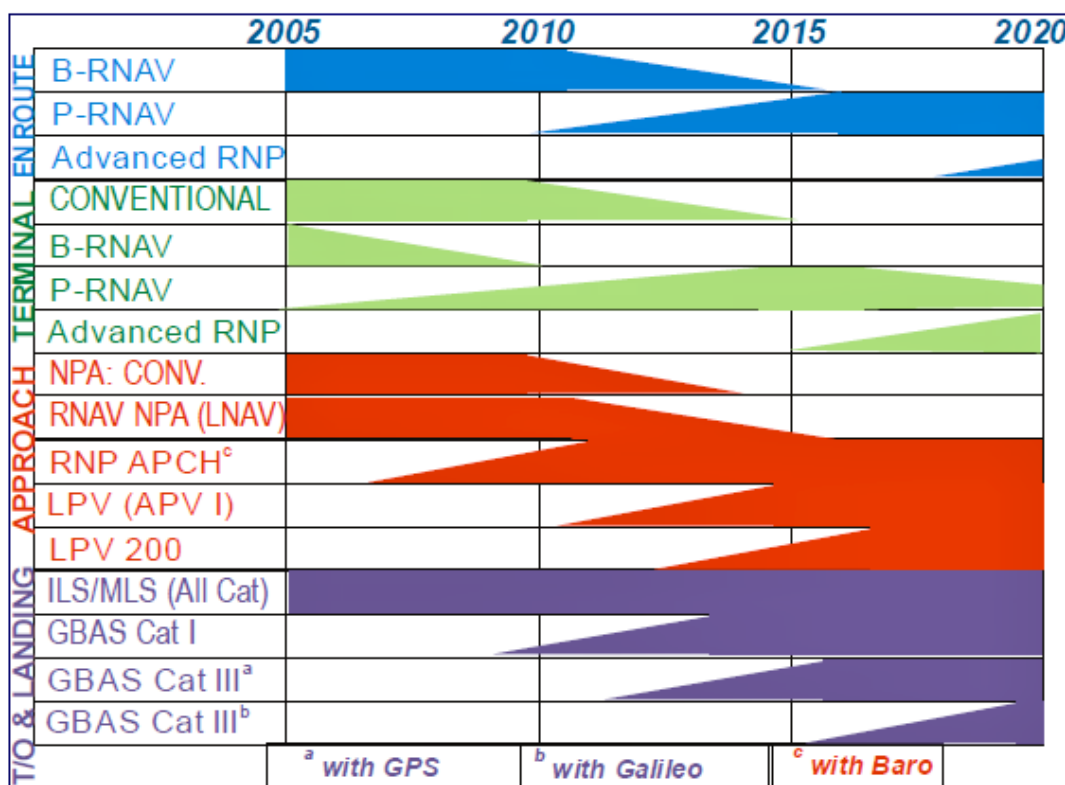
- traťové navigace,
- navigace v koncovém vzdušném prostoru (Navigace pro přílet a odlet),
- navigace na konečném přiblížení a přistání,

- vývoj infrastruktury navigačních zařízení.

Česká republika je členem organizace ECAC, tudíž i výše uvedený dokument se na ni vztahuje. Je nutné k tomuto dokumentu přistupovat zcela zodpovědně, neboť má velký vliv na budoucnost civilního letectví v ČR a s tím i související hospodářský růst našeho státu, [10].



Obr. 2-1 Koncepce rozvoje infrastruktury navigačních zařízení dle ECAC, [10]



Obr. 2-2 Koncepce rozvoje navigačních aplikací dle ECAC, [10]

Ministerstvo dopravy spolu s podnikem řízení letového provozu vytvořilo koncepci rozvoje navigačního prostředí České republiky v období do roku 2020, která vychází z dokumentu ECAC Navigation Strategy and Implementation Plan a popisuje i zavádění přesných RNAV-1 tratí.

2.2 Koncepce rozvoje navigačního prostředí České republiky

Rozvoj navigace v České republice je založen na platném ICAO doc 9613 (Performance-based Navigation Manual). Od zavedení platného AIC A 1/12 pro Českou republiku (zrušení AIC A 2/09) musí být názvosloví nově zavedených postupů v souladu s PBN manuálem. Přejmenování starších postupů bude probíhat postupně tak, aby nedošlo k používání dvojího názvosloví. Koncepce se rozděluje na tři období:

- období do roku 2012,
- období od roku 2012-2016,
- období od roku 2016-2020.

2.2.1 Období do roku 2012

Vzhledem k současnému roku jsou požadavky na toto období již splněny. Nicméně pro názornost je dobré popsat si změny, které se odehrály ve vzdušném prostoru České republiky. Vzhledem k PBN manuálu bude v celé práci použito jednotné názvosloví, které s tímto manuálem koresponduje.

Pro traťovou navigaci nad FL 95 je požadována jako základní navigace RNAV-5 s využitím zařízení VOR, DME a GNSS. Při přiblížení na přistání a při odletu jsou v TMA Praha vyžadovány RNAV-1 SID a STAR tratě s využitím pozemní infrastruktury radionavigačních zařízení DME. Na ostatních letištích je třeba uvažovat o zavedení těchto tratí v co nejbližší době, avšak zatím postačují nyní konvenční tratě, [1].

Primárním druhem přesného přiblížení podle přístrojů zůstane ILS na vybraných letištích. Postupně budou rušena polohová návěstidla, která jsou součástí ILS, ale pouze tam, kde je k dispozici DME. Dále budou zaváděny postupy RNP APCH, [1].

2.2.2 Období od roku 2012-2016

V tomto období by mělo dojít k využívání evropského systému GALILEO. Při ukončení životnosti zařízení VOR dojde k jeho vyřazení. Zařízení DME zůstanou zachována nebo dojde k jejich přemístění. Předpokládá se zavedení RNAV-1 namísto RNAV-5 na tratích LPS. Pro dolety a přílety z/do TMA se začnou realizovat RNAV-1 SID a STAR a dojde k rušení současných konvenčních tratí, [1].

ILS i nadále zůstane primárním druhem přesného přiblížení. Dále budou rozšiřovány postupy RNP APCH, které budou do konce roku 2016 aplikovány na všech IFR letištích namísto postupů nepřesného přiblížení. Také dojde k ukončení činnosti některých zařízení NDB, která jsou využívána pro nepřesné přiblížení, [1].

2.2.3 Období od roku 2016-2020

V tomto období se počítá s využitím satelitní navigace jako primárního zdroje navigace. Na tratích bude již zavedena RNAV-1. Pro navigaci v jednotlivých TMA se budou využívat RNAV-1 SID a STAR tratě, jejichž zdrojem signálu bude pouze satelitní navigace. Výjimkou bude TMA Praha, kde bude k dispozici i infrastruktura DME. Zařízení VOR a NDB se zcela vyřadí z provozu, [1].

Pro navigaci na konečném přiblížení se bude realizovat zařízení GBAS cat. II/III, popřípadě se rozšíří kategorie ILS na jednotlivých letištích. Vzhledem k navigaci na pohybové ploše se bude plně využívat GNSS, [1].

2.3 PBN Manual

Jedná se o dokument 9613 vydaný mezinárodní organizací ICAO. Tento dokument shrnuje již existující jednotlivé požadavky, nařízení, terminologii atd. v jeden celek s ohledem na RNAV navigaci. Dává tak leteckým uživatelům jednodušší přehled o RNAV navigaci a vše s ní spojené. PBN manual vychází z dřívější RNP koncepce, avšak navíc zavádí pojem „*navigační specifikace*“.

PBN Manual je jedna z několika složek koncepce vzdušného prostoru (viz obr. 2-3). Rozděluje se na 3 komponenty:

- navigační specifikace (RNAV a RNP),
- navigační aplikace,
- infrastruktura navigačních zařízení.

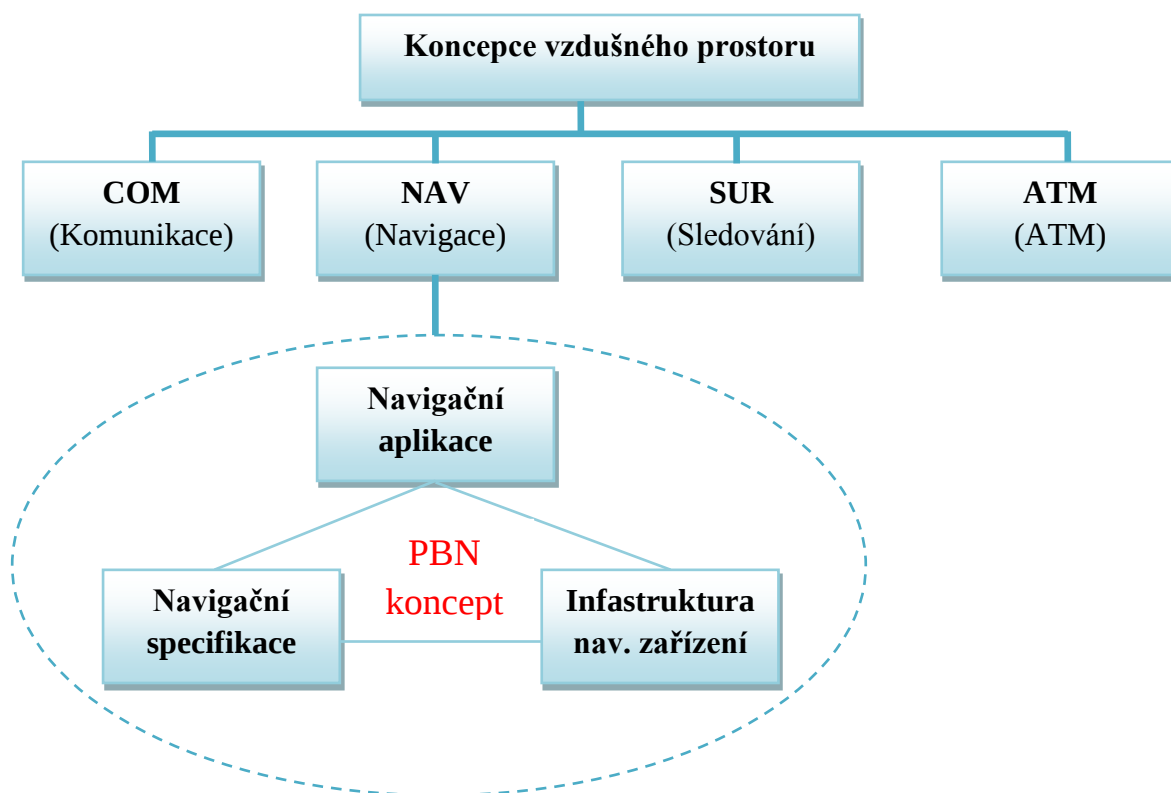
Cílem tohoto manuálu je zajistit globální standardizaci RNAV a RNP specifikace, vytvořit požadavky na osvědčení letové způsobilosti a provozní schválení RNAV systémů v zaváděném vzdušném prostoru. Dále sjednotit názvosloví tím, že se staré zruší a zavede se zcela nové, které bude platné po celém světě. V manuálu jsou také zpracovány přehlednější požadavky na palubní vybavení letadel, [8].

2.3.1 Popis komponentů PBN Manual

Navigační specifikace jsou technické a provozní specifikace, které popisují požadovaný rozsah funkcí zařízení pro prostorovou navigaci. Také určují, jaké navigační zařízení je očekáváno při provozu infrastruktury navigačních zařízení ke splnění provozních potřeb zjištěných v koncepci vzdušného prostoru. Navigační specifikace poskytují materiál, který mohou státy použít jako základ pro rozvoj jejich certifikací a schvalovací provozní dokumentaci. Může být typu RNAV nebo RNP, [3, 14].

Navigační aplikace uvádí požadavky vyplývající z koncepce vzdušného prostoru, jako například ATS tratě, a postupy pro let podle přístrojů, [3].

Infrastruktura navigačních zařízení se týká pozemních a vesmírných navigačních zařízení, [3].



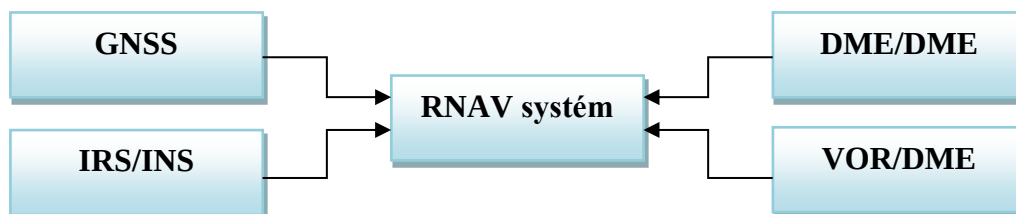
Obr. 2-3 Struktura koncepce vzdušného prostoru a složek ICAO PBN Manual, [3]

3 Prostorová navigace

Prostorová navigace, známá především pod leteckou zkratkou RNAV (Area Navigation), je obecně takový typ navigace, který umožní jakémukoliv letadlu s potřebným vybavením provést let po požadované trase, aniž by pilot musel letět od jednoho pozemního radionavigačního zařízení k druhému. Další možností může být samotné RNAV přiblížení pro vedení letadla při přiblížení k letišti (aplikace např. na letišti Brno Tuřany nebo Václava Havla v Praze).

Podle definice ICAO se jedná o druh navigace nebo přiblížení, který umožňuje provoz letadel na jakémkoliv požadované trati letu, jež je pokryta signálem referenčních navigačních prostředků nebo je dána výkoností a limity samočinných zařízení nebo jejich kombinací, [13].

Letadlo musí mít k dispozici potřebné palubní vybavení specifikované podle PBN manuálu, které je schopno zpracovávat vstupní signály a vyhodnocovat tak polohu letadla v daném prostoru. Za zdroje vstupních signálů považujeme v současné době především GNSS, dále pak kombinaci pozemních radionavigačních zařízení VOR/DME či DME/DME a palubního systému IRS/INS. Největší přesnost vedení letadla po trati poté získáme kombinací a porovnáním jednotlivých vstupních signálů. Z toho je patrné, že přesnost navigačního vedení je přímo úměrná dostupnosti a kvalitě jednotlivých zdrojů vstupních signálů (viz obr. 3-1). Sestavení trasy pak spočívá ve spojení jednotlivých virtuálních bodů (WPT), [14, 7].



Obr. 3-1 Vstupní signály jednotlivých zdrojů, [14]

Vzhledem k zavádění RNAV SID tratí na letišti v Kunovicích se jako nejvýhodnější možnost jeví použití GNSS jako primárního zdroje pro navigační vedení letadla při odletu. V dnešní době je k dispozici americký satelitní systém Navstar GPS a ruský systém GLONASS. Do budoucna se počítá i se zavedením evropského družicového systému GALILEO. Jednotlivé možnosti kvality a dostupnosti vstupního signálu budou podstatně vyšší a GNSS se definitivně stane primárním navigačním zdrojem.

3.1 Historie

S postupem technického rozvoje navigačních a palubních zařízení vznikaly i jednotlivé druhy prostorové navigace, které se od sebe lišily především svou navigační

výkonností. Ty byly poté aplikovány v různých vzdušných prostorech, a to především podle hustoty provozu. Jiná byla situace v Evropě a jiná ve Spojených státech amerických, kde byl technologický pokrok výraznější. K tomu se přidaly ještě další státy, které si vytvořily vlastní požadavky nejen na navigační výkonnost, ale např. i na vybavení letadla nebo zkušenost posádek. Ve světě tak vzniklo velké množství požadavků, které ve skutečnosti sice řešily stejnou problematiku, avšak s různými názvy a bez možnosti uceleného přehledu. Aby nedocházelo ke zmatkům a nejasnostem, společnost ICAO vytvořila RNP Manual, který měl uživatelům ulehčit hlavně orientaci v jednotlivých názvech a požadavcích na navigační výkonnost. Ani tento dokument však nestačil, a tak organizace ICAO v roce 2008 vydala zcela nový dokument 9613 pod názvem PBN Manual (viz kapitola 2.3).

Pro velké odlišnosti mezi Evropou a USA je níže stručně popsán vývoj prostorové navigace na jednotlivých kontinentech.

3.1.1 USA

Ve Spojených státech amerických měla prostorová navigace rychlejší a plynulejší rozvoj než v Evropě. Bylo to především díky využití satelitního systému navigace GPS, kterou evropské státy odmítaly jako primární zdroj pro RNAV. Počátky prostorové navigace jsou spjaty s pojmy RNAV Type A a RNAV Type B (viz tabulka 3-1), které se začaly postupně používat pro všechny fáze letu, včetně přístrojových odletů a příletů. 1. září roku 2005 bylo publikováno přibližně 190 RNAV SID a 22 RNAV STAR postupů. Postupem času se vyvinul systém WASS, pomocí kterého jsou piloti schopni vést letadlo, jak s bočním vedením, tak s vertikálním vedením (LNAV/VNAV) až do výšky 350 ft nad prahem dráhy. Kvůli vyšší hustotě letů a snižující se kapacitě vzdušného prostoru bylo nutné zmenšit ochrannou obálku letadla od okolních překážek a využít vyšší přesnosti vedení letadla při přiblížení. Postupy pro LNAV/VNAV vedení nebyly schopny využít vyšší přesnosti, kterou poskytoval SBAS. Výsledkem bylo vyvinutí LPV postupu, který umožní klesat až do výšky 250 ft při daleko nižších finančních nákladech. Dnes (k 10. lednu roku 2013) je publikováno celkem 3052 LPV postupů na celkem 1531 letištích umožňujících WASS, [5, 18, 19].

Tabulka 3-1 RNAV rozdělení v USA, [5]

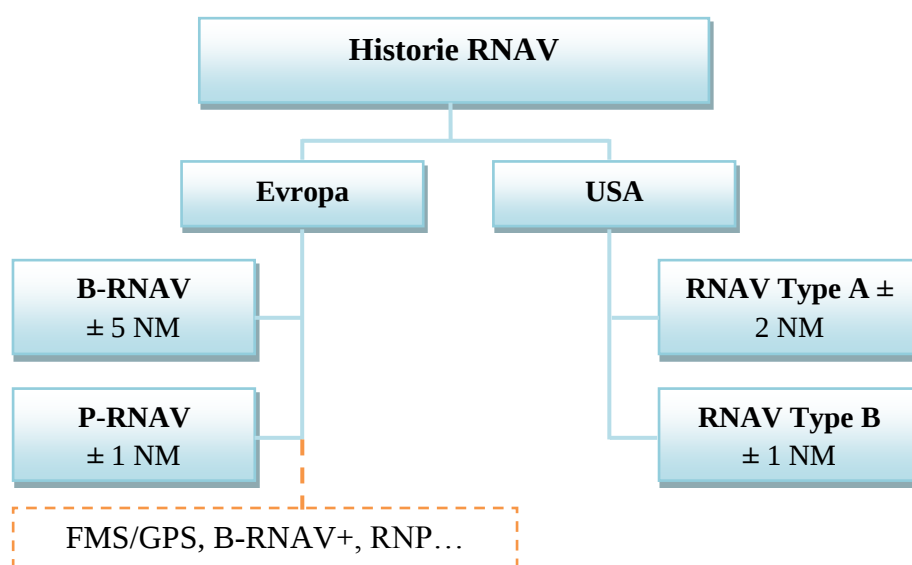
Type A postupy	Type B postupy
Požadavek na použití RNAV systému se zdroji signálu: DME/DME, DME/DME/IRS nebo GPS	Požadavek na použití RNAV systému se zdroji signálu: DME/DME/IRS nebo GPS
požadavek plnit RNP, použití RNP 2	požadavek plnit RNP, použití RNP 1

3.1.2 Evropa

Nedůvěra v globální satelitní navigaci vedla k pozdějšímu zavedení RNAV tratí. Jako primární zdroje signálu byla použita radionavigační zařízení VOR a DME v kombinaci s palubním systémem INS/IRS. Zpočátku se prostorová navigace zavedla na jednotlivých tratích LPS. Dle RNP manuálu se zavedly pojmy B-RNAV a P-RNAV s požadovanými navigačními specifikacemi, [13].

Pro traťové lety nad FL 95 se dne 23. dubna 1998 zavedlo povinné vybavení B-RNAV. Avšak požadavky některých států byly odlišné, což způsobilo akceptovatelnost více letových hladin, kde toto vybavení bylo nutné. Hladiny se tak pohybovaly od FL 95 do FL 225 v závislosti na vzdušném prostoru daného státu. Stejně jako v USA bylo zapotřebí zpřesnit navigační vedení letadla po trati. To způsobilo zavedení P-RNAV (rok 2001), kde se předpokládala odchylka ± 1 NM v 95 % celkové doby letu. S takovouto přesností lze zavádět RNAV tratě v koncových řízených oblastech pro SID a STAR. Takový byl cíl. Nikdy však nebyly odsouhlaseny specifikace pro povinné vybavení pro P-RNAV, což mělo za důsledek malé množství certifikací těchto tratí a velmi malý okruh provozovatelů. Ostatní provozovatelé neměli důvod k certifikaci, neboť bylo málo publikovaných postupů a nejednalo se o povinné vybavení, proto i nadále využívali konvenčních tratí. Se zavedením nových letadel většina palubních zařízení převyšovala požadavky B-RNAV. Některé státy reagovaly na tento fakt tím, že zavedly vlastní požadavky na vybavení letadel jako například FMS/GPS, B-RNAV+, RNP atd., a tím umožnily přesnější lety v TMA bez nutnosti certifikace P-RNAV, [11, 13].

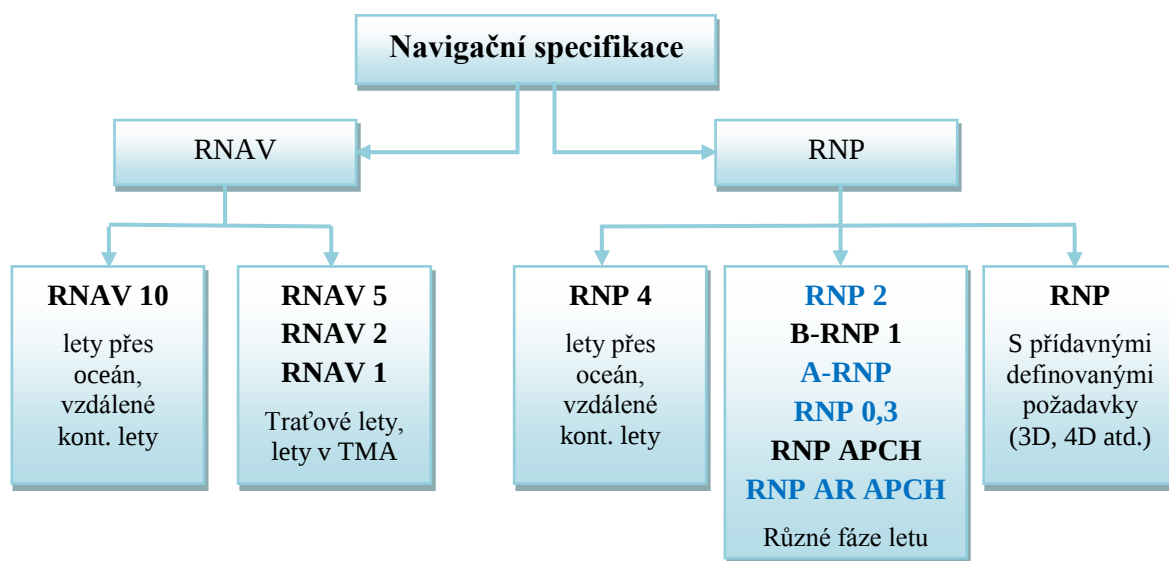
Dnes si i Evropa uvědomuje důležitost satelitní navigace, její přesnost a budoucnost v oblasti civilního letectví. Vyvíjí vlastní navigační systém GALILEO a od roku 2009 využívá systém EGNOS (obdoba WAAS), který je součástí SBAS a pomocí diferenciálního signálu poskytuje opravy vůči signálu GPS.



Obr. 3-2 Struktura historie RNAV v Evropě a USA, [13]

3.2 RNAV a RNP specifikace

Dle platného PBN manuálu, který nám zavádí pojem navigační specifikace, rozdělujeme specifikace na dvě základní skupiny, a to specifikace RNAV a specifikace RNP. Rozdíl mezi těmito specifikacemi je především v zavedení požadavku na sledování a varování na palubě letadla („on board monitoring and alerting“) při ztrátě navigační výkonnosti (přesnosti, integrity, dostupnosti). ICAO PBN zahrnuje celkem 8 navigačních specifikací (čtyři pro RNAV a čtyři pro RNP) podle jednotlivých navigačních výkonností, včetně nové celosvětově uznávané terminologie (viz obr. 3-3). Popis jednotlivých specifikací najdeme v tabulce 3-2 a 3-3. Tyto specifikace zahrnují i certifikaci palubních posádek atd., [8, 14].



Obr. 3-3 Struktura navigační specifikace, [3]

Modře označené RNP specifikace jsou dosud ve vývoji a nebyly pro ně stanoveny finální požadavky na navigační výkonnost. Jedná se o A-RNP, RNP 2, RNP 0,3 (požadavky budou pravděpodobně zahrnuty v přepracovaném PBN Manuálu) a RNP APCH, kde se předpokládá zavedení LPV (boční a vertikální vedení s podporou SBAS = APV SBAS) a RNP AR APCH (vyšší přesnosti ve vedení než dosavadní RNP APCH), [3, 4].

Pozn.: Výše uvedený popis je spjat k březnu roku 2010.

Výběr navigační specifikace (RNAV x RNP) závisí na stupni úrovně letových provozních služeb. Tam, kde bude horší úroveň LPS, je nutné použít specifikaci RNP a naopak, [8].

3.2.1 RNAV specifikace

Tato specifikace je vyžadována ve vzdušném prostoru daného státu či oblasti s kvalitním radarovým pokrytím. Tedy tam, kde je úroveň LPS dostačující pro použití

specifikace RNAV X . Hodnota X udává odchylku v námořních mílich, kdy se po dobu alespoň 95 % celkového času letu letadlo nesmí vlivem celkové chyby systému odchýlit od požadované trati letu na vzdálenost větší než X , [8].

Tabulka 3-2 RNAV specifikace, [8]

RNAV specifikace	
RNAV 10	Použití především pro lety přes oceán a některé vzdálené kontinentální lety s velmi malým pokrytím navigačních zařízení (Rusko). Dřívější označení bylo totožné (RNAV 10).
RNAV 5	Použití pro traťové lety. Dřívější označení v Evropě bylo B-RNAV.
RNAV 2	Použití pro lety v TMA a v oblastech s hustějším provozem, kde není vyžadováno RNAV-1. V Evropě se s užitím zatím nepočítá. Využití především v regionu Severní Ameriky. Můžeme přirovnat k US RNAV Type A (dřívější označení v USA).
RNAV 1	Použití pro lety v TMA a oblastech, kde je nutné využít maximální kapacitu vzdušného prostoru. Dřívější označení v Evropě bylo P-RNAV v USA můžeme RNAV-1 přirovnat k US RNAV Type B. <i>Pozn.: Nelze využít pozemní radionavigační zařízení VOR/DME jako zdroj vstupního signálu pro RNAV systém.</i>

3.2.2 RNP specifikace

Tato specifikace je naopak vyžadována ve vzdušném prostoru daného státu či oblasti s méně kvalitním či nedostatečným radarovým pokrytím (jedná se především o primární přehledové radary).

RNP specifikace je zcela nový druh popisující dané požadavky na navigační výkonnost, které jsou stejné jako u RNAV specifikace, s výjimkou doplnění požadavku na systém sledování a varování na palubě letounu („*on board monitoring and alerting*“). Především pojem RNP (požadovaná navigační výkonnost) nelze přirovnat k pojmu RNP dle ICAO doc 9613, [8, 14].

Tabulka 3-3 RNP specifikace, [8]

RNP specifikace	
RNP 4	Použití především pro lety přes oceán a některé vzdálené kontinentální lety s malým pokrytím navigačních zařízení (Rusko)
Basic RNP 1	Použití pro traťové lety a lety v TMA

Tabulka 3-3 RNP specifikace, [8]

RNP specifikace	
A-RNP	Dosud ve vývoji. Požadavky na specifikace ještě nedosáhly finální podoby. Požadavky na navigační výkonnost během všech fází letu.
RNP APCH	Použití při přiblížení na přistání s vedením LNAV, APV BARO nebo LPS (APV SBAS).

V Evropě se prozatím využívá specifikace RNAV. Se zavedením navigační specifikace RNP se počítá v blízké budoucnosti, a to hlavně kvůli tomu, že tato specifikace zajistí přesnější navigační vedení letadla po dané trati. Vzhledem k tématu této diplomové práce se zaměřím na specifikaci RNAV-1, která je aplikována hlavně v koncových řízených oblastech, [14].

Přesnost určení polohy v podmínkách RNAV-1 je určena odchylkami ± 1 NM od nominální tratě letu v 95 % měřených případech (tedy v 95 % doby letu), [8].

3.3 Prostorová navigace v ČR

V České republice je pro letadla letící na tratích i mimo tratě ATS ve vzdušném prostoru FIR Praha nad FL 95 požadováno základní vybavení pro RNAV-5 (v současnosti ještě stále zaveden pojem B-RNAV). Z toho plyne možnost využívání také pozemního radionavigačního zařízení VOR/DME pro tyto lety. Výjimku tvoří státní letadla, která takto vybavená být nemusí, [11].

Vybavení pro RNAV-1 je v současnosti požadováno pro lety v TMA Praha (SID a STAR) s využitím DME/DME nebo GNSS. I zde se stále používá pojem P-RNAV. Přejmenování podle nové terminologie není nezbytně nutné, avšak s postupem času by k tomuto kroku mělo dojít, aby nedocházelo k různým zmatkům. Již dnes se zavádějí jednotlivá opatření k tomuto přechodu. Příkladem může být měsíc listopad roku 2012, kdy došlo k zavedení nového letového plánu, ve kterém se nově v poli 10 a 18 uvádí plnění navigační specifikace podle RNAV-1, [11].

Prostorová navigace v ČR se vyvíjí podle platného AIC A 1/12. Je zde kladen požadavek na plnění časových intervalů, které jsou uvedeny v tomto letovém informačním oběžníku.

V příloze 13 je nalezneme aktuálně publikovanou traťovou mapu spodního vzdušného prostoru (GND - FL 245) Mapa zobrazuje letové tratě skrz území České republiky včetně hlásných bodů v okolí letiště Kunovice, na které je nutné napojit RNAV-1 odletové tratě z dráhy 03C. Mapa horního vzdušného prostoru (FL 245 - FL 660) je uvedena v AIPu České Republiky.

4 Letiště Kunovice

V této kapitole si uvedeme základní údaje o letišti v Kunovicích (historii, současný stav, počet letů v jednotlivých letech) a popíšeme si vzdušný prostor, který je vyhrazený pro toto letiště. Dále je nutné zohlednit všechny výškové překážky, městské zástavby a další faktory, jež mohou omezovat tvorbu RNAV SID z RWY 03. Je nutné odhadnout budoucí charakter provozu společně s jednotlivými typy letadel, které bude dané letiště využívat, neboť každý typ má jiné výkonnostní charakteristiky, od kterých se odvíjí například návrhový gradient či jednotlivé poloměry zatáček.

4.1 Historie letiště

Provoz na letišti byl schválen dne 27. srpna 1938 a je spjat především s historií letecké výroby a leteckých opravárenských prací. V roce 1936 zde vznikl pobočný závod továrny AVIA Letňany, který později fungoval hlavně jako opravárenský závod pro letadla AVIA. Ta do Kunovic přilétala a po opravení zase odlétala, čímž vytvořila první provoz na tomto letišti. Po okupaci Československa se zde opravovala německá letadla, po skončení války podnik stále fungoval jako opravárenský pro téměř všechny typy letadel provozovaných v Československu, [16].

Za období největšího rozkvětu letiště jsou považována 50. a 60. léta 20. století, ve kterých prudce vzrostl rozvoj letadlové techniky. Podnik začal vyvíjet letouny jako L-200 Morava, Z-37 Čmelák a proudový letoun L-29. To vedlo roku 1964 k vybudování betonové přistávací a vzletové dráhy s opravou dvou travnatých drah, které byly po válce značně zničené. Následně byla vybudována radionavigační zařízení NDB a polohová návěstidla, která umožnila zahájení IFR provozu. V 70. letech společnost Slovan-Air zahájila vnitrostátní dopravu na lince Kunovice – Praha, což mělo za následek výstavbu malé odbavovací budovy s výpravnou pro odbavení cestujících a řídicí věže společně s meteorologickou služebnou. Roku 1994 letiště v Kunovicích získalo statut mezinárodního neveřejného letiště. Od 70. let 20. století až do současnosti je letiště udržováno v provozuschopném stavu, [16, 21].

4.2 Současný stav

V současné době je provozovatelem i vlastníkem letiště společnost Aircraft Industries a.s (bývalá firma Let Kunovice), která sídlí přímo na letišti. Je zde povolen jak provoz IFR, tak i VFR. Letiště spadá do kategorie neveřejného soukromého mezinárodního letiště, tudíž je pro trvalou nebo opakovanou leteckou činnost nutná písemná dohoda s provozovatelem. Pro ostatní letecké činnosti následně postačí pouze souhlas provozovatele. Protože se jedná o malé mezinárodní regionální letiště, službu řízení letového provozu zde zajišťuje ŘLP ČR s.p. Služba řízení letového provozu je k dispozici pouze ve stanovené provozní době, tj. pondělí až pátek od 07:00 do 15:00 UTC. Mimo tuto dobu je poskytována služba AFIS, avšak pouze na vyžádání 24 hodin předem v provozní době letiště.

S provozní dobou souvisejí i ostatní služby - meteorologická, celní a pasová, letecká informační služba, ohlašovna letových provozních služeb, plnění, správa letiště atd., [11].

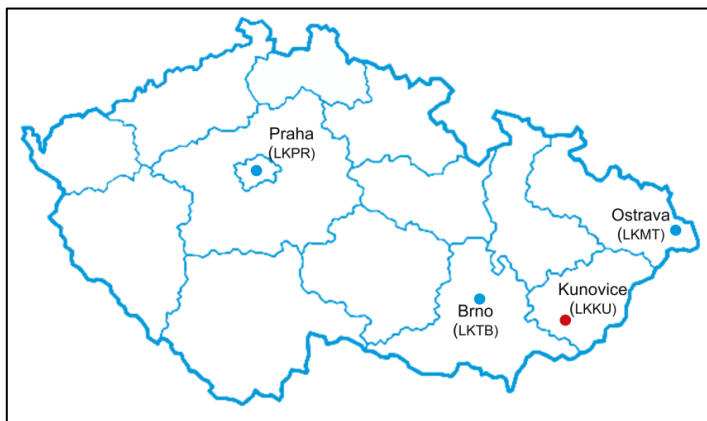
Letiště charakterizují celkem 3 RWY, z toho dvě dráhy jsou travnaté s označením 21L/03R a 21R/03L a jedna betonová RWY s označením 21C/03C a PCN 33/ R/ B/ X/T. Tato dráha je určena jako primární RWY pro IFR provoz, neboť radionavigační zařízení jsou vztažena k této RWY. Travnaté dráhy jsou určeny především pro provoz kluzáků nebo výsadkovou činnost. Letištní mapa je uvedena v příloze 9, [11].

Letiště Kunovice ještě není vybaveno službou ATIS, proto musí přistávajícím letadlům dávat informaci o počasí řídící letového provozu, kteří mají službu na APP Brno, a to pomocí rádiového spojení. Letiště je vybaveno systémem nepřesného přiblížení, což velmi omezuje schopnost přijmout letadlo při zhoršených meteorologických podmínkách.

Ke zvýšení počtu pohybů na dráze, a tím i ke zvýšení zisků, je třeba letiště značně modernizovat, především z hlediska navigačního vedení letadla na přistání a při odletu. Nejjednodušším způsobem je zavedení nových postupů SID a STAR s využitím prostorové navigace a GNSS, čímž se zvýší schopnost přijmout letadlo i za zhoršených povětrnostních podmínek. Dále je nutná marketingová propagace a zavedení některých pravidelných i nepravidelných linek na toto letiště. To je ovšem téměř nereálné vzhledem k velmi blízké poloze letiště vůči Brnu. Momentální kapacita letiště je vyhovující. Všechny tyto problémy si provozovatel letiště značně uvědomuje, avšak aspoň k udržení současného stavu je zapotřebí vypracovat nové postupy pro SID a STAR v rámci plnění koncepce navigačního rozvoje ČR. Při nedodržení časových intervalů uvedených v této koncepci, by mohlo dojít ke zrušení IFR provozu na tomto letišti.

4.3 Poloha letiště a jeho okolí

Letiště Kunovice se nachází ve východní části České republiky, v oblasti jihovýchodní Moravy. Letiště spadá pod Zlínský kraj. 4,5 km severně od letiště leží město Uherské Hradiště se zhruba 30 000 obyvateli. Pro tvorbu odletů z RWY 03 bude toto město problematickým místem vzhledem k hlukovým normám. Avšak v současnosti na letišti nejsou aplikovány žádné hlukové postupy. Nadmořská výška činí 177 m (581 ft), magnetická deklinace v místě letiště odpovídá hodnotě 3° E z roku 2005, přičemž roční změna se pohybuje kolem +4 minut. Na jihu od letiště se rozléhá vodní plocha, která může být především při nočních letech zdrojem klamavých světél, [11].



Obr. 4-1 Poloha letiště

Vzhledem ke konstrukci odletových tratí je nutné se seznámit s okolními letišti, rozložením vzdušného prostoru, publikovanými ATS tratěmi a s jednotlivými radionavigačními zařízeními.

V okolí Kunovic leží dvě významná letiště. Jsou jimi letiště v Přerově a Brně. Asi 50 km severně od Kunovic se nachází vojenské letiště Přerov s vlastním MCTR a MTMA. Přerovské MTMA, ve kterém leží i vstupní bod HLV, navazuje jižním okrajem na TMA Brno.

Dalším velmi důležitým letištem je letiště Brno-Tuřany. Jde o letiště s pravidelnou mezinárodní leteckou dopravou a velkým pohybem VFR letů. Na letišti sídlí několik leteckých škol provádějících výcvikové nebo vyhlídkové lety. Okolo brněnského letiště se rozléhá brněnské TMA, které svoji rozlohou pokrývá i vzdušný prostor kunovického letiště. APP Brno poskytuje přehledové služby ATS přilétávajícím letadlům podle IFR pravidel do Kunovic až na konečný bod přiblížení (KUN), kde letadlo přebírá řídicí letového provozu na věži v Kunovicích (TWR Kunovice). Z toho vyplývá, že letiště Kunovice nemá svoje vlastní TMA, disponuje tedy pouze CTR s klasifikací vzdušného prostoru D, který se mimo provozní hodiny mění na třídu G a E, a poskytuje se pouze služba AFIS v ATZ. V TMA Brno leží další vstupní body příletových tratí a výstupní body odletových tratí.

V okolí Kunovic se nachází i další letiště. Jedná se především o malá aeroklubová letiště s VFR provozem se zónou ATZ. Půjdeme-li severním směrem, narazíme na letiště Otrokovice (LKOT), severozápadním směrem od Otrokovic leží letiště v Kroměříži (LKKM). Jihozápadním směrem od Kunovic se nachází letiště Kyjov (LKKY) a vzdálenější letiště v Břeclavi (LKBA). Mezi vzdálenější letiště také můžeme zařadit letiště ve Vyškově (LKVY), které leží severozápadním směrem od Kunovic.

Zakázané nebo omezené prostory se v okolí Kunovic nevyskytují. Dále je kolem Kunovic k dispozici hned několik vzletových a přistávacích ploch sportovních létajících zařízení (plochy SLZ). Jednotlivé kategorie SLZ definuje LAA ČR.

4.4 Vybavení letiště

Vzhledem k tématu diplomové práce se zaměříme na betonovou RWY 21C/03C. Povrch je tvořen živicí. TORA je rovna 2000 m. Vlivem předpolí je TODA rovna 2200 m a LDA společně s ASDA odpovídá 2000 m. Všechny údaje jsou společné pro obě dráhy. Letiště tedy nemá SWY ani posunutý práh dráhy. Je zde zřízeno pouze předpolí, [11].

V současné době jsou zde publikovány pouze standardní přístrojové odlety z RWY 21C a RWY 03/C a standardní přístrojové přilety pouze pro RWY 21/C. Důvodem je nedostatečné vybavení letiště radionavigačními zařízeními. V ose dráhy 03C jsou umístěna dvě NDB zařízení (viz obr. 4-2) společně se třemi polohovými návěstidly. Tato zařízení umožňují pouze nepřesné přiblížení na přistání, tedy NDB (GPS) přiblížení. Rozmístění jednotlivých NDB zařízení je patrné z přílohy 6. Dříve jsme se mohli setkat i s pojmy „*dálná*“ a „*bližná*“, přičemž první pojem charakterizoval vzdálenější zařízení a druhý zase zařízení blíže umístěné

k prahu dráhy ve kterém je zpravidla umístěn MAPt. Označení jednotlivých radionavigačních zařízení je uvedeno v tabulce 4-1. A jejich provoz je nepřetržitý, [11].

Tabulka 4-1 Radionavigační zařízení na letišti, [11]

Druh zařízení	Označení (identifikace)	Frekvence
NDB	KUN	416 kHz
NDB	KNE	434 kHz
OM	2 čárky za sekundu	75 MHz
MM	střídavě čárky tečky	75 MHz
IM	6 teček za sekundu	75 MHz



Obr. 4-2 Radiomaják NDB (KNE)

Vzhledem k aplikaci RNAV-1 SID pro RWY 03C je zapotřebí DME/DME nebo GNSS. V okolí Kunovic se nejbližší DME nachází na letišti Brno-Tuřany s identifikačním znakem BNO, severně najdeme ostravské DME. Ostatní zařízení jsou velice vzdálená a jejich signál je buď velice malý, anebo zcela nedostupný. K realizaci RNAV-1 je zapotřebí daleko většího počtu zařízení optimálně rozmístěných po kružnici se středem na letišti v Kunovicích (viz aplikace RNAV-1 v TMA Praha), což je pro takovéto letiště ekonomicky velmi nevýhodné a finančně téměř nerealizovatelné.

4.5 Současné odletové tratě z RWY 03C

V této podkapitole se seznámíme se současnými konvenčními SID z RWY 03C. K dispozici jsou celkem 4 standardní odletové trasy s označením:

- HLV 1G,
- BNO 1G ,
- MIKOV 1G,
- MAVOR 1G

s výstupními body uvedenými v názvu tratě (HLV, BNO, MIKOV a MAVOR). Všechny tyto body leží v TMA Brno, takže letadlo se po vzletu hlásí na Brno radar, kde řídící zajišťuje požadovaný rozestup, popřípadě zkracuje trasu letu a předává letadlo okolním sektorům, [11].

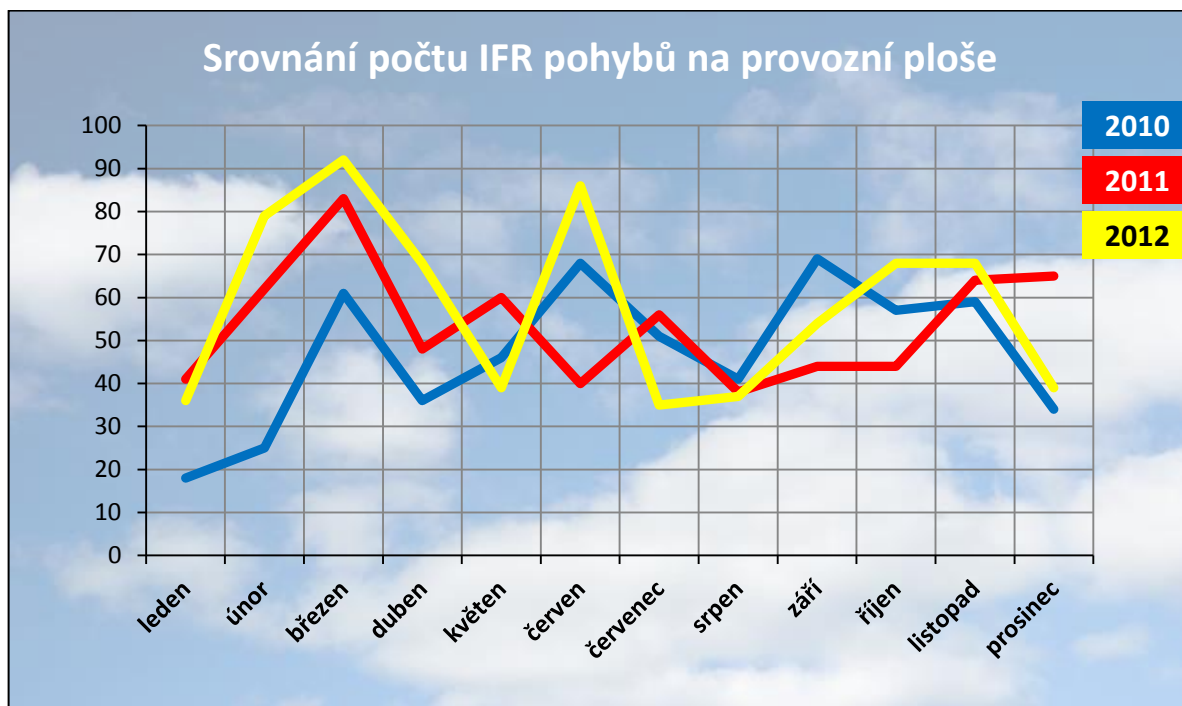
Směrové vedení letadla po odletové trati je zabezpečeno dvěma radionavigačními zařízeními, radiály, jednotlivými kurzy a vzdálenostmi k těmto zařízením. Na severu od letiště se jedná o NDB s identifikací HLV a západně o VOR/DME umístěného v Brně-Tuřanech s identifikací BNO. Přesný postup je popsán v AIP, jak slovně, tak i pomocí standardní přístrojové odletové mapy (viz příloha 6).

Rozbor překážek ve směru vzletu z RWY 03 ovlivňujících profil tratí a gradient stoupání bude podrobně rozebrán v dalších kapitolách.

4.6 Statistika provozu na letišti

Statistikou provozu na letišti v Kunovicích rozumíme rozbor jednotlivých pohybů letadel ve vzdušném prostoru Kunovice a na provozní ploše letiště. Vzhledem k tématu diplomové práce jsem se zabýval pouze rozbohem IFR provozu, neboť jen tento druh provozu je schopen nové tratě v budoucnu využít. Letadla letící podle pravidel letu za VFR nejsou v souladu s předpisem L2 schopna sledovat RNAV odletové tratě, neboť piloti se orientují pomocí srovnávací a výpočtové navigace namísto navigace podle přístrojů, která je nezbytná pro RNAV postupy. Avšak pro volbu optimální odletové tratě by se měl konstruktér seznámit i se statistikou tohoto druhu provozu. Tento provoz bude stručně popsán v následující kapitole (viz 4.7 Vzdušný prostor).

Jak již bylo napsáno výše, v této práci se zaměřím na statistiku IFR provozu. Na grafu 4-1 je znázorněn počet pohybů letadel na provozní ploše. Myšleno tak, že vzlet a přistání se počítá za 2 různé pohyby. Tedy letadlo na trati Kunovice-Kunovice provede celkem 2 pohyby na provozní ploše letiště. Za pohyb nepovažujeme průlet letadla nad drahou a místní činnost. Tyto pohyby řadíme do pohybů ve vzdušném prostoru Kunovice, které tento graf neobsahuje. Z grafu lze vyčíst statistiku počtu pohybů v posledních třech letech rozdělených do jednotlivých měsíců včetně roku 2012.



Graf 4-1 Počet IFR pohybů na provozní ploše za roky 2010, 2011, 2012, [17]

Počet pohybů v měsících jednotlivých let se mírně liší. Nelze jednoznačně stanovit nejvytíženější měsíc společný pro všechny tři roky. I když je statistika provedena v krátkém intervalu, lze obecně konstatovat, že ročně počet IFR pohybů na letišti v Kunovicích roste. Má-li být tento trend zachován, je nutné sáhnout ke krokům, které zajistí modernizaci tohoto letiště nejen z provozního hlediska. Číselné vyjádření počtu pohybů je uvedeno v tabulce 4-2.

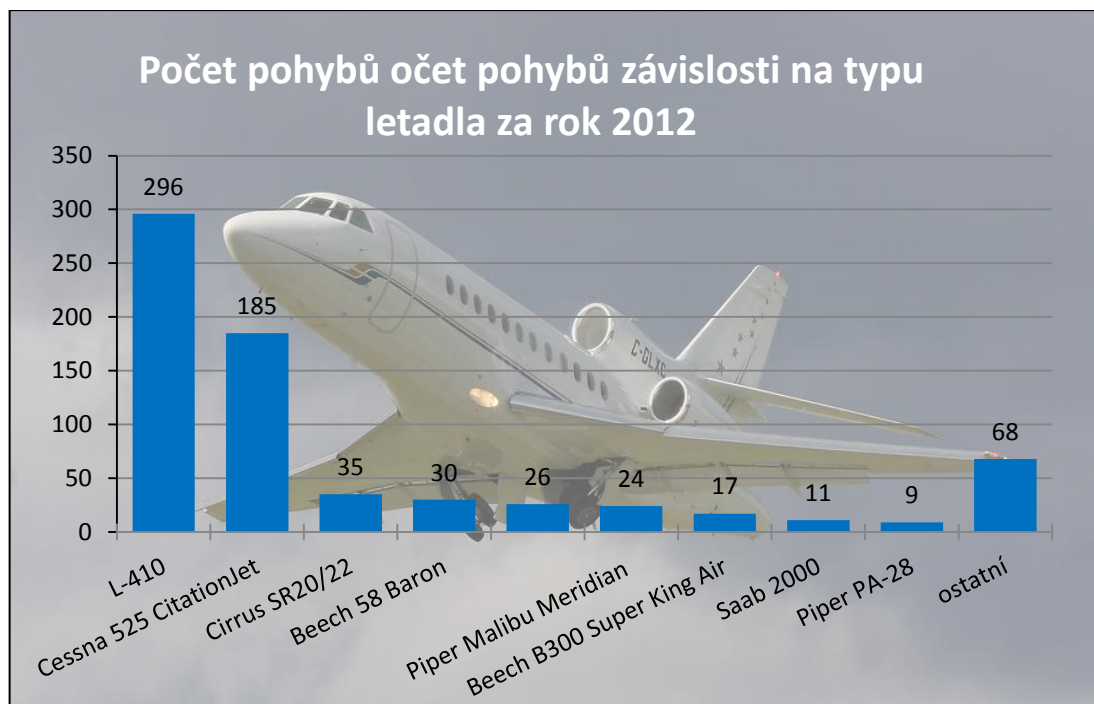
Tabulka 4-2 Číselné vyjádření počtu IFR pohybů, [17]

2010	2011	2012
<i>Celkový počet</i>		
565	645	701
<i>Nejvyšší počet pohybů/měsíc</i>		
<i>Září</i>	<i>Březen</i>	<i>Březen</i>
69	83	92
<i>Nárůst vzhledem k roku 2010 v %</i>		
-	o 14,16%	o 24,1%

Pro tvorbu odletových tratí je třeba určit tzv. kritické letadlo, které bude dané tratě využívat. Je nutné stanovit nejrychlejší letadlo, pro nějž musíme spočítat poloměry zatáček společně s ochrannými prostory dané tratě, a naopak letadlo s nejhoršími výkonnostními charakteristikami, pro které se bude stanovovat minimální výška nad překážkami společně s návrhovým gradientem stoupaní (viz další kapitoly). Nyní je vhodné seznámit se s letadly využívajícími toto letiště. Počet IFR pohybů v závislosti na typu letadla je zobrazen v grafu 4-2.

V grafu jsou znázorněny nejčastější typy letadel, které tvořily provoz řídicí se pravidly letu podle přístrojů na letišti Kunovice v roce 2012. Zde je možno vyčíst, že největší podíl na tvorbě IFR provozu má letoun české výroby L-410 vyrábějící se ve firmě Aircraft Industries a.s se sídlem v Kunovicích. Vzápětí za místním letounem provozujícím se především v Rusku a Africe se drží letoun firmy Cessna s označením 525 CitationJet, Citation CJ1, CJ2 a další generace tohoto typu. Jedná se o letadlo z kategorie Business Jet sloužící především k provozování privátních letů do různých destinací. Tato letadla v České republice využívají firmy jako ABS Jet nebo Travel Service.

Letadla typu Citation jsou známa svými vysokými výkonnostními charakteristikami. Lze je tedy označit za kritické typy letadel disponující vysokou cestovní a stoupací rychlostí. Naopak za nejméně výkonnostní letadla označíme letadla typu C172 nebo Piper PA-28, která rovněž označíme za kritické typy, a to vzhledem k nízkým stoupacím rychlostem.



Graf 4-2 Počet IFR pohybů v závislosti na typu letadla za rok 2012, [17]

4.6.1 Kategorie letadel

Vzhledem k velkému množství typů letadel je téměř nereálné brát v úvahu jednotlivé charakteristiky každého typu letadla, neboť každý typ má své specifické vlastnosti. Pro usnadnění tvorby letových postupů jsou letadla členěna do jednotlivých kategorií. Konstrukteři se řídí kategoriemi letadel vycházejícími z rychlosti v okamžiku přeletu nad prahem dráhy, která je rovna pádové rychlosti při maximální povolené přistávací hmotnosti letadla v přistávací konfiguraci, vynásobená koeficientem 1,3.

$$V_{at} = 1,3 \cdot V_{so} \quad (4-1)$$

Předpis doc 8168 volume I stanovuje celkem pět kategorií letadel (viz tabulka 4-3). Šestá kategorie H je vyhrazena pro vrtulníky a v tabulce není záměrně uvedena, [6].

Tabulka 4-3 Kategorie letadel podle rychlosti V_{at} , [6]

Kategorie	od rychlosti nebo více než		do rychlosti nebo méně než	
	IAS [km/h]	IAS [kt]	IAS [km/h]	IAS [kt]
A	-	-	169	91
B	169	91	224	121
C	224	121	261	141
D	261	141	307	166
E	307	166	391	211

Existuje ještě rozdělení na jednotlivé kategorie, a to konkrétně podle délky rozpětí křídel a vnějšího rozchodu kol hlavního podvozku. Tyto kategorie slouží provozovatelům nebo konstruktérům letišť k zajištění bezpečného pohybu různých typů letadel po letišti. Nesouvisí tedy s letovými postupy, a tak dále nebudou rozebírány.

Z předešlé statistiky (viz graf 4-2) jsem dospěl k závěru, že letiště v Kunovicích budou využívat především letadla kategorie C, a ne vyšší. Konstrukce jednotlivých odletových úseků tak bude založena na této kategorii. V případě využití tohoto letiště v budoucnu bude muset pilot akceptovat rychlosti uvedené v odletových mapách (*SID chart*), které budou stanovené pro kategorii C.

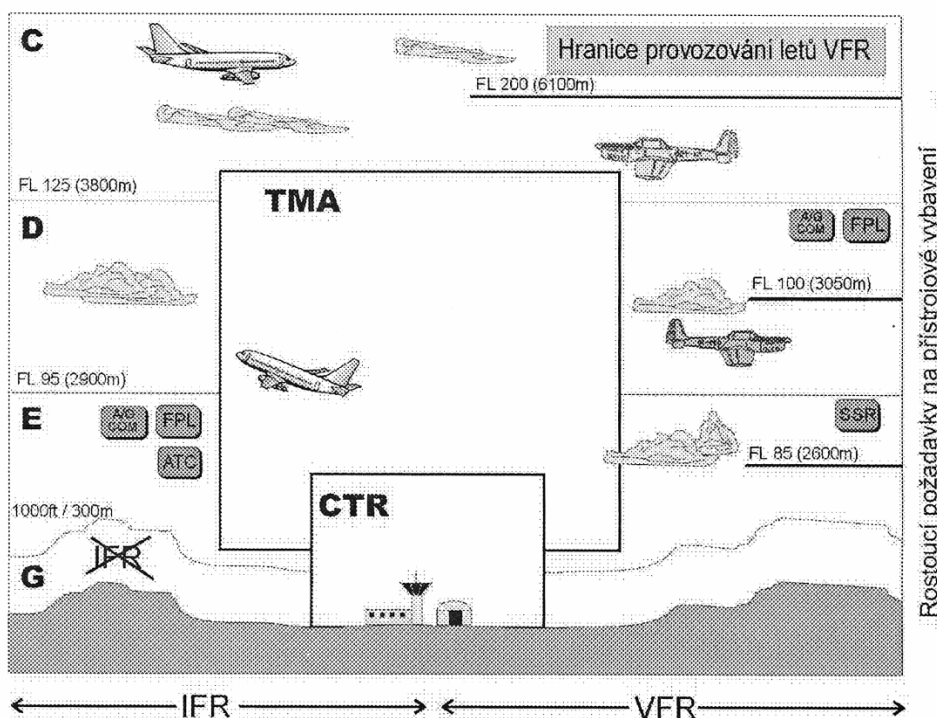
4.7 Vzdušný prostor České Republiky

Vzdušným prostorem letiště rozumíme vertikální a horizontální rozdělení atmosféry na dílčí části od povrchu Země až po stanovené výšky vyjádřené v letových hladinách. Laicky řečeno se jedná o virtuální vzdušné krabice navazující na sebe a pokrývající prostor jednotlivých letových informačních oblastí (FIR). Mezi základní rozdělení tohoto prostoru v letectví patří tzv. řízený a neřízený prostor. Dále se podle ICAO vzdušný prostor rozděluje do různých tříd, ve kterých platí určitá pravidla (viz kapitola 4.7.1). Prostory se navíc liší i provozem letadel a svým účelem. Příkladem tohoto členění mohou být prostory v blízkosti letiště (CTR/ATZ), dále TMA, FIR či různé zakázané prostory atd.

4.7.1 Třídy vzdušného prostoru

ICAO stanovilo celkem 7 vzdušných tříd. Tyto třídy jsou označovány písmeny A až G, přičemž každá vzdušná třída je specifická svými určitými pravidly. ICAO tyto třídy pouze doporučuje a je na každém státě, jak provede rozdělení svého vzdušného prostoru. Daný stát by měl přihlédnout k provozu ve své letové informační oblasti a podle toho tak logicky stanovit rozdělení vzdušného prostoru. Tím nám vzniká nejednotnost rozdělení vzdušných prostorů v jednotlivých státech podle vzdušných tříd, [9]. Seznam všech tříd vzdušného prostoru je ve formě tabulky uveden v příloze 12.

Česká Republika disponuje rozdělením vzdušného prostoru do celkem čtyř tříd - C, D, E, G (viz obr. 4-3).



Obr. 4-3 Struktura vzdušného prostoru v České republice, [9]

Jak již bylo napsáno výše, v ČR se setkáváme se čtyřmi třídami vzdušného prostoru.

Třída C vzdušného prostoru zahrnuje:

- TMA Praha,
- vzdušný prostor nad FL 95 do FL 660.

Třída D vzdušného prostoru zahrnuje:

- CTR/TMA všech letišť s výjimkou TMA Praha.

Třída E vzdušného prostoru zahrnuje:

- prostor mimo CTR/TMA nad 1000 ft AGL do FL 95.

Třída G vzdušného prostoru zahrnuje:

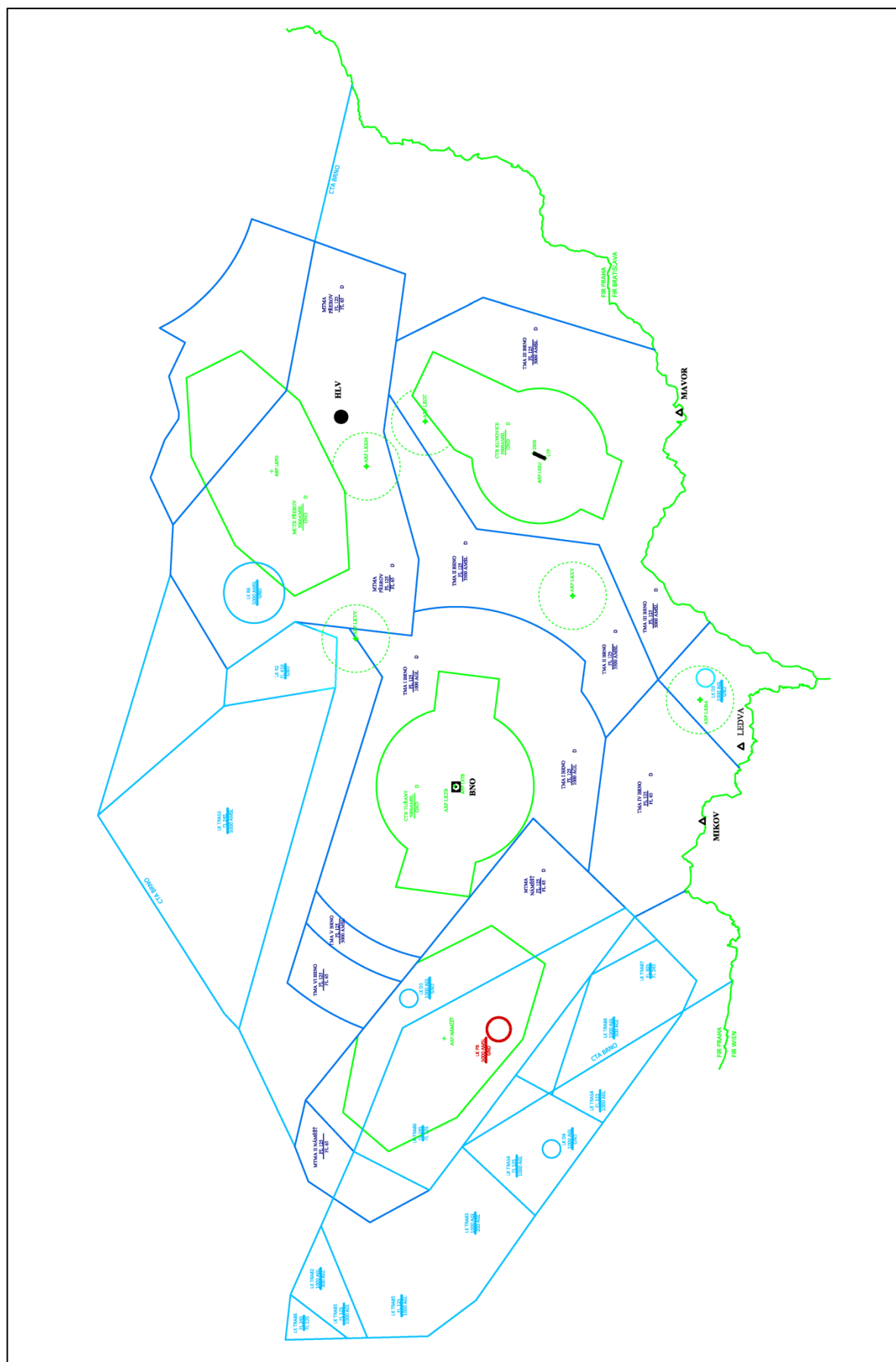
- s výjimkou CTR vzdušný prostor od země do 1000 ft AGL, [11].

4.7.2 Vzdušný prostor letiště Kunovice a jeho blízkého okolí

Vzdušný prostor letiště Kunovice spadá do třídy D, ovšem jenom tehdy, když je poskytována služba řízení letového provozu (prostor CTR). V případě, že letiště disponuje zónou ATZ, kde se poskytuje pouze letištní letová informační služba (AFIS), vzdušný prostor má charakter třídy G, jelikož tento prostor spadá do kategorie neřízených prostorů (viz kapitola 4.2 Současný stav).

V okolí CTR (vzdušný prostor D) se rozléhá vzdušný prostor G do 1000 ft AGL a E od 1000 ft AGL do 5000 ft AMSL, který plynule svou horní hranicí navazuje na TMA III Brno (třídy D) (viz obr. 4-4). Zde se vyskytuje jeden problém, se kterým musíme jako konstruktéři odletových tratí počítat. Severozápadním směrem od letiště se rozpíná pohoří Chřiby s nejvyšším vrcholem Brdo (586,7 m n. m.), které společně s meteorologickými vlivy tvoří ideální podmínky pro sportovní létání. V blízkosti tohoto pohoří se také vyskytují letiště Otrokovice, Kroměříž nebo Kyjov. Výsledkem je velké množství pohybů kluzáků především v tomto prostoru. Ve většině případů tato letadla nejsou ve spojení se stanovišti poskytujícími službu řízení letového provozu (APP Brno, popřípadě TWR Kunovice), protože v těchto třídách se obousměrné spojení nevyžaduje (viz příloha 12), [11].

Je tedy nutné tvarovat odletovou trať takovým způsobem, aby se odlétávající letadla z letiště v Kunovicích vyhnula tomuto prostoru. Tím se zajistí zejména vyšší bezpečnost odlétávajícím letadlům, plynulost a jednoduchost toku letového provozu.



Obr. 4-4 Vzdušný prostor v okolí letiště Kunovice, [27]

5 Konstrukce RNAV odletových tratí

Každé letiště má publikované své postupy při odletu letadel. Tyto odletové postupy nazýváme „*standardní odletové trasy*“ (*Standard Instrument Departures*). Odletové postupy založené na RNAV navigaci poté jednoduše nazýváme „*RNAV standardní odletové trasy*“, anglicky „*RNAV Standard Instrument Departures*“ (RNAV SID). Standardní odletová trať začíná okamžikem, kdy letadlo dosáhne po vzletu výšky 16 ft (5 m) nad úrovní RWY, a končí v hlášeném bodě RNAV tratě. Současné konvenční tratě poté končí na definovaném radionavigačním zařízení (VOR, NDB atd.). Vzhledem k různým výkonům letadel uvažujeme dosažení výšky 16 ft na odletovém konci dráhy (DER). Nyní je vhodné si připomenout faktory, které sehrávají zásadní roli při tvorbě RNAV-1 odletových tratí. Je tedy nutné vzít v úvahu:

- významné překážky a konfigurace terénu v okolí letiště,
- požadavky služeb řízení letového provozu,
- požadavky na omezení hluku, [6].

Dále by RNAV-1 odletová trať měla být:

- bez většího počtu zatáček (jednoduchost tratě),
- co možná nejkratší (ekonomika provozu),
- separována od dalších tratí, aby nedošlo v žádném úseku tratě ke konfliktu s letadly letícími na jiných tratích,
- sestavena pomocí fly-by bodů.

Výsledná odletová trať by měla být kombinací těchto tří základních faktorů a dalších požadavků sepsaných výše. Avšak v reálných podmínkách je velice problematické skloubit všechny tyto požadavky dohromady. Konstrukteři jsou vystaveni tlaku především ze strany řízení letového provozu, provozovatele letiště, leteckých společností a v neposlední řadě lidí žijících v blízkosti letiště.

Vzhledem k velikosti letiště v Kunovicích a provozu na něm je vhodné sestavit tratě tak, aby plně vyhovovaly požadavkům služeb řízení letového provozu a aby byla zabezpečena minimální výška od překážek, které se v okolí letiště vyskytují. Na současných konvenčních odletových tratích nejsou aplikovány žádné hlukové postupy, tudíž ani při konstrukci nových RNAV odletových tratí nebudu brát ohled na požadavky vztahující se k omezení hluku na jednotlivých tratích. Nyní bych si dovolil citovat pana Ing. Tomáše Duku, který napsal: „*Nejedná se o žádný Frankfurt nebo Heathrow, proto to udělejte co nejjednodušší tak, aby to vyhovovalo hlavně řídicím letového provozu v Brně.*“, [18].

5.1 Typy odletových tratí

Předpis doc 8168 volume I nám definuje celkem dva typy odletových tratí:

- a) přímý odlet,
- b) odlet se zatáčkou.

Přímým odletem se rozumí takový odlet, při kterém směr odletové tratě svírá úhel maximálně $\pm 15^\circ$ s prodlouženou osou dráhy a předpokládá se, že letadlo na daném úseku tratě získá radionavigační informaci maximálně do vzdálenosti 20 km (10,8 NM). Takový odlet se stanovuje kdekoliv, kde je to možné, [6].

Naopak odlet se zatáčkou se stanovuje v případech, kdy není možné provést přímý odlet. Tedy ve všech případech, kdy je zapotřebí po vzletu provést zatáčku s odchylkou více jak 15° . Dalším důvodem, proč volit odlet se zatáčkou, je vyhnout se významné překážce, která zasahuje do ochranného prostoru dané tratě, nebo nasměrovat danou trať na hlášený bod, jenž navazuje na letové trasy daného FIRu, anebo vyžadují to postupy řízení letového provozu. V tomto případě se musí dodržet určitá pravidla, [6].

Těmito pravidly jsou:

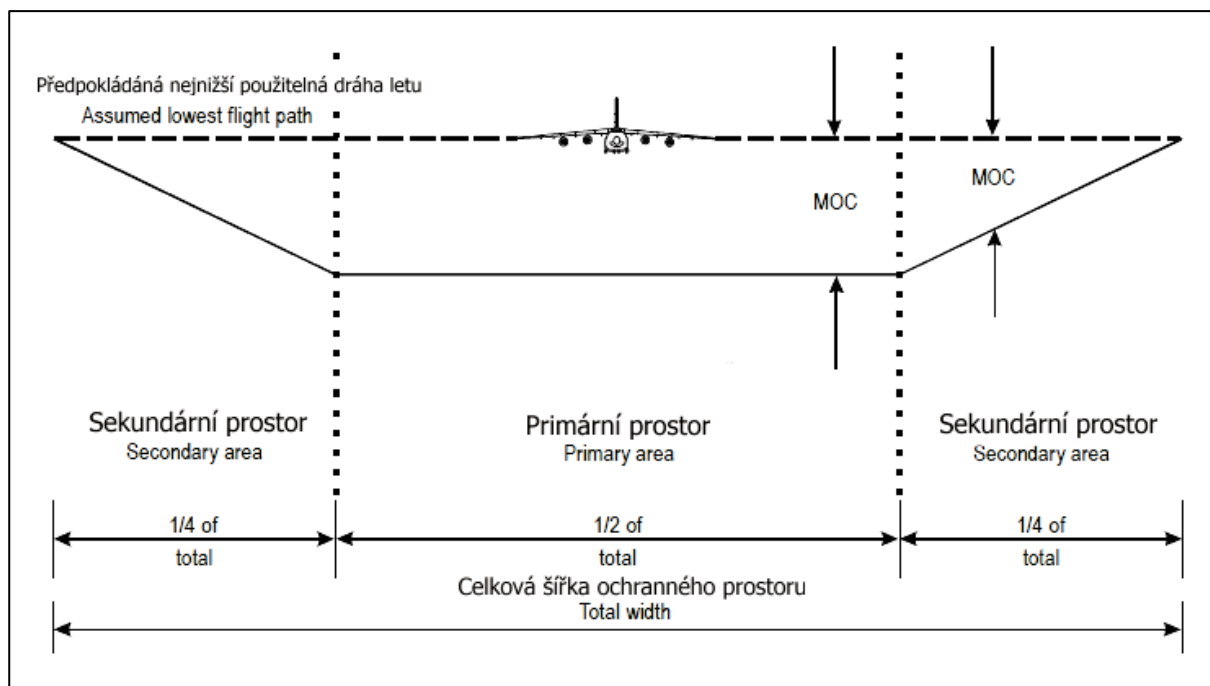
- zatáčka musí být zahájena min. 120 m (394 ft) nad výškou DER,
- minimální výška nad překážkami musí být větší nebo rovna 90 m, [6].

Jedná-li se o RNAV standardní přístrojové odlety se zatáčkou, tak první WPT na této trati musí být v souladu s těmito požadavky. Předpis také předpokládá, že piloti budou po celou dobu letu po odletové trati vylučovat známý nebo předpokládaný vliv větru. V případě, že letadlo bude vedeno pomocí kurzů zadaných dispečery (vektorování radarem), vylučování větru se zde ze strany pilotů nepředpokládá.

Pozn.: Postup pro odlet je stanoven pro každou dráhu, na níž se předpokládá použití odletů podle přístrojů. Tyto postupy jsou poté zaneseny do odletových map (Standard departure chart - instrument) a publikovány v AIPu daného státu. Příklad odletové mapy je zobrazen v příloze 6.

5.2 Ochranný prostor odletové tratě

Každá odletová trať má definovaný svůj ochranný prostor, jehož šířka se liší v závislosti na použitém zdroji radionavigačního vedení. Čím přesnější pak bude radionavigační vedení letadla po dané trati, tím bude i užší ochranný prostor dané tratě a tím dojde i ke zvýšení kapacity vzdušného prostoru. Ochranný prostor odletových tras se dělí na primární a sekundární prostor, přičemž sekundární prostor navazuje na prostor primární. V primárním prostoru je zachována minimální výška nad překážkami (MOC) v plném rozsahu. Naopak v sekundárním prostoru se MOC lineárně snižuje směrem od jeho vnitřní hrany až na nulu (směrem k vnější hraně) viz obr. 5-1 umístěný na další straně, [6].



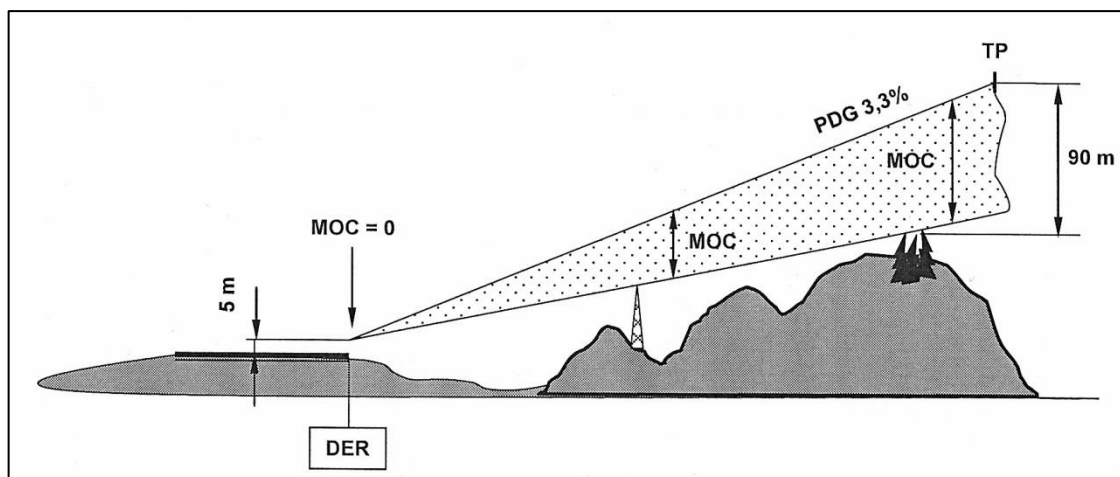
Obr. 5-1 Ochranný prostor tratě, [6]

Tyto prostory byly zavedeny na základě výpočtu pravděpodobnosti výskytu letadla od publikované tratě. Pokud tedy bude letadlo přímo na trati, pravděpodobnost bude rovna číslu 1. V případě, že se letadlo odchýlí od trati, pravděpodobnost se bude snižovat až na nulu. V závislosti výskytu letadla od plánované tratě se celý ochranný prostor rozděluje na čtvrtiny. V praxi se letadlo v poslední čtvrtině ochranného prostoru (sekundární prostor) vyskytne pouze výjimečně, [12].

5.2.1 Minimální výška nad překážkami (MOC)

S ochrannými prostory jednotlivých tratí souvisí i minimální výšky nad překážkami. Z anglického překladu *Minimum Obstacle Clearance* (MOC) se jedná o minimální vzdálenost mezi jakoukoliv překážkou spadající do ochranného prostoru dané tratě a letícím letadlem. MOC nám tedy tvoří spodní bezpečnou hranici na dané trati. Pokud úřad nestanoví jinak, tak u konstrukce odletových nebo příletových tratí není stanovena pevná hodnota MOC, jako například u traťových letů, kde let musí být proveden v hladině, která je nejméně 300 m (1000 ft) nad nejvyšší překážkou v okruhu 8 km podle předpisu L2 (MOC je rovna 300 m).

U odletových tratí minimální výška nad překážkami lineárně roste z nuly (místo odletového konce dráhy - DER) až na stanovenou hodnotu MOC, která je požadována pro další část letu pomocí návrhového gradientu stoupání (PDG), viz obr. 5-2. Nesmíme zapomenout, že „za letadlo po vzletu“ považujeme takové letadlo, které se nachází ve výšce 5 m (16 ft) nad DER, [6].



Obr. 5-2 Minimální výška nad překážkami, [12]

5.2.2 Minimální nadmořská výška pro radarové vektorování (MRVA)

V AIPu každého státu jsou uvedeny minimální nadmořské výšky pro radarové vektorování (*Minimum Radar Vectoring Altitudes*), které slouží řídicím letového provozu k tomu, aby mohli odklonit jednotlivá letadla letící po publikovaných tratích tak, aby byly zajištěny minimální výšky nad překážkami a nebyla tak ohrožena bezpečnost letů. Odklonění od publikované trati řídicí letového provozu provádí zejména v blízkosti letiště, kde je obvykle vyšší hustota letového provozu, a to zejména v závislosti na dodržení požadovaných rozestupů mezi letadly a bezpečnosti a plynulosti letového provozu.

Minimální nadmořské výšky pro radarové vektorování zajišťují každému letadlu bezpečnou výšku nad nejvyšší překážkou v daném sektoru, a řídicí letového provozu podle nich provádějí radarové vektorování. Tato výška je stanovena v určitých sektorech, jež jsou tvořeny kruhovými výsečemi a definovanou vzdáleností, přičemž jednotlivé sektory jsou vztaženy k anténě primárního nebo sekundárního radaru. Tyto mapy se sestavují pro každé letiště, které disponuje službou řízení letového provozu. V dnešní době jsou tyto výšky součástí radarové mapy, která je zobrazena na obrazovce radaru, takže řídicí letového provozu přesně vidí, v jakém sektoru se letadlo nachází společně s MRVA, [12].

U letů, které jsou řízeny stanovištěm APP Brno, se řídicí letového provozu musí řídit mapou minimálních nadmořských výšek v prostoru CTR Tuřany a TMA/CTA Brno, chce-li dané letadlo odklonit od plánované trati. Tato mapa je zobrazena v příloze 10.

Je potřeba zmínit se také o tzv. zimní a letní mapě MRVA. Vzhledem k rozdílným teplotám v zimě a létě úřad pro civilní letectví stanovil hodnoty MRVA, které jsou platné vždy pro zimní období od 15. listopadu do 15. března. Tyto hodnoty jsou vyšší než hodnoty stanovené pro letní období, [11].

Podíváme-li se na mapu MRVA určenou pro letiště v Brně a Kunovicích, zjistíme, že nejvyšší minimální nadmořská výška pro radarové vektorování činí 4900 ft (západně od CTR LKKU). Směrem na východ od letiště je MRVA snížena na 3200 ft. Z toho plyne hned několik poznatků pro tvorbu odletových tratí.

- 1) Dosáhne-li letadlo po vzletu této výšky, je bezpečně chráněno od překážek v celém sektoru, pro které je MRVA publikována.
- 2) Pokud mluvíme o dodržení MOC, tak nad touto výškou stanovovat ochranné prostory odletové tratě není nutné, neboť již nemají smysl. Předpis nám to ovšem nedovoluje především kvůli dalšímu bodu, a tak se ochranné prostory stanovují vždy u každé tratě.
- 3) Vyskytuje-li se v blízkosti odletové tratě jiná trať, je zapotřebí dodržet separaci těchto tratí. Teoreticky je nutné přesně stanovit ochranné prostory pouze v případě horizontální separace. Je třeba je určit pro kritický typ letadla na každé trati. Ovšem i v případě vertikální separace je nezbytné ochranné prostory stanovit (viz bod 2).
- 4) Konstrukce ochranného prostoru zatáček se odvíjí od rychlostí kritického typu letadla. Vzhledem k rozdílným rychlostem letadla v jednotlivých fázích letu bude pro konstrukci ochranného prostoru zatáčky brána rychlost letadla při počátečním stoupání. Tedy do nadmořské výšky 5000 ft (*Initial climb*).

5.2.3 Návrhový gradient stoupání (PDG)

Vzhledem k souvislosti s minimální výškou nad překážkami, a tím i s tvorbou ochranného prostoru odletových tratí, je nyní vhodné popsat si návrhový gradient stoupání a stanovení jeho hodnoty. Jak již bylo psáno výše, od PDG se odvíjí MOC, a tím i celá skladba odletové tratě, protože do ochranného prostoru nesmí zasáhnout jediná překážka.

Gradientem stoupání rozumíme geometrický sklon úseku odletové tratě vyjádřený v procentech nebo úhel mezi vodorovnou plochou RWY a odletovou tratí vyjádřený ve stupních. Označíme-li tento úhel α , pak $\tan \alpha$ bude roven gradientu stoupání (PDG), [6].

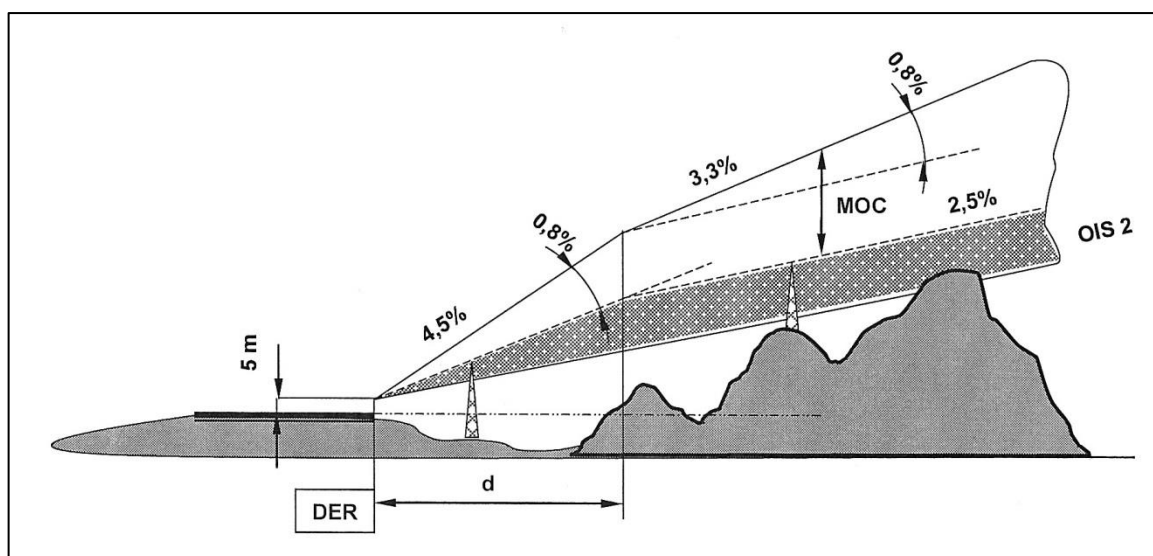
$$\tan \alpha = \frac{PDG}{100} \quad (5-1)$$

Nejnižší hodnota návrhového gradientu stoupání byla stanovena na hodnotu 3,3 %. Tento geometrický sklon vyhovuje všem kategoriím letadel schopných IFR letů, neboť tato hodnota je stanovena předpisem a konstruktéři letadel s ní musí počítat, pokud chtějí, aby bylo letadlo schopno odletu podle přístrojů. Není-li určeno jinak, nebo není-li uveden jiný gradient stoupání na Standard departure chart – instrument, je vždy brán v úvahu gradient 3,3 %. Tento gradient je založen na:

- a) rovině pro identifikaci překážek (OIS) o gradientu 2,5 % nebo gradientu ovlivněném nejkritičtější překážkou pronikající skrz rovinu, podle toho, co je vyšší,
- b) 0,8 % minimální výšce nad překážkami MOC (viz obr. 5-3), [6].

V okamžiku, kdy je zapotřebí zvýšit návrhový gradient stoupání, je nutné tento gradient uvést v odletových mapách a v leteckých informačních příručkách daného státu (AIP). Pro stanovení hodnoty PDG musíme vždy počítat s kritickým typem letadla. V našem případě půjde o letadla s nejhoršími výkonovými charakteristikami (C172, Piper PA-28). V případě, že se vyskytne v přímém směru odletu jedna kritická překážka, mluvíme o tzv. přímém odletu s jednou překážkou, jestliže se vyskytnou dvě nejvyšší (kritické) překážky v přímém směru, jde o tzv. přímý odlet se dvěma překážkami. V případě výskytu vyššího počtu překážek lze postupovat takovým způsobem, který je zobrazen na obr. 5-3. Ve většině případů se už při výskytu jedné kritické překážky setkáme se stanovením jednotlivých postupů charakterizujících odlet se zatáčkou, [12].

Není-li nutné dále stoupat požadovaným zvýšeným návrhovým gradientem tak, aby byla zabezpečena MOC (na obrázku níže se jedná o 4,5 %), automaticky se předpokládá přechod na PDG, který je roven základní hodnotě odpovídající 3,3 %.



Obr. 5-3 Postup pro zvýšení PDG, [12]

Při tvorbě odletových tratí se začíná analýzou terénu v blízkosti letiště ve směru, kterým zamýšlená odletová trať povede. Poté se navrhne požadovaný gradient stoupání tak, aby byly dodrženy minimální výšky nad překážkami.

5.2.4 Šířka ochranného prostoru RNAV odletových tratí

Šířka ochranného prostoru je závislá na využití radionavigačních zařízení. Čím je přesnější zdroj navigačního vedení letadla po trati, tím užší je ochranný prostor. Konstrukce

odletových tratí s využitím prostorové navigace, kde primárním zdrojem signálu bude družicová navigace, vyžaduje navigační výkonnost RNAV-1 nebo RNP. Předpis doc 8169 volume II nám stanovuje hodnoty příčných (XTT) a podélných tolerancí (ATT), ze kterých se počítá polovina šířky ochranného prostoru RNAV odletové trati ($\frac{1}{2} A/W$). Tyto hodnoty jsou vypočteny a uvedeny v tabulce 5-2. Jedna polovina šířky ochranného prostoru ($\frac{1}{2} A/W$) a podélná tolerance (ATT) je také závislá na vzdálenosti od ARP a DER. Jejich celková hodnota se u specifikace RNAV-1 mění (zvyšuje) ve vzdálenosti 15 NM od DER a 30 NM od ARP pod úhlem 15° na každou stranu (viz obr 5-4) podle vzorců 5-2 a 5-3, [7].

$$\frac{1}{2} A/W = 1,5 \cdot XTT + BV \quad (5-2)$$

$$ATT = 0,8 \cdot XTT \quad (5-3)$$

, kde:

$\frac{1}{2} A/W$ je $\frac{1}{2}$ šířky ochranného prostoru (area semi-width),
 XTT je příčná tolerance (Cross-track tolerance),
 ATT je podélná tolerance (Along-track tolerance),
 BV jsou dodatečné rezervy (Buffer Value), [7].

Tabulka 5-1 Hodnoty XTT a BV u specifikace RNAV-1, [7]

Hodnoty / vzdálenost	SID < 15 NM ARP	SID < 30 NM ARP	SID > 30 NM ARP
XTT	1 NM	1 NM	2 NM
BV	0,5 NM	1 NM	2 NM

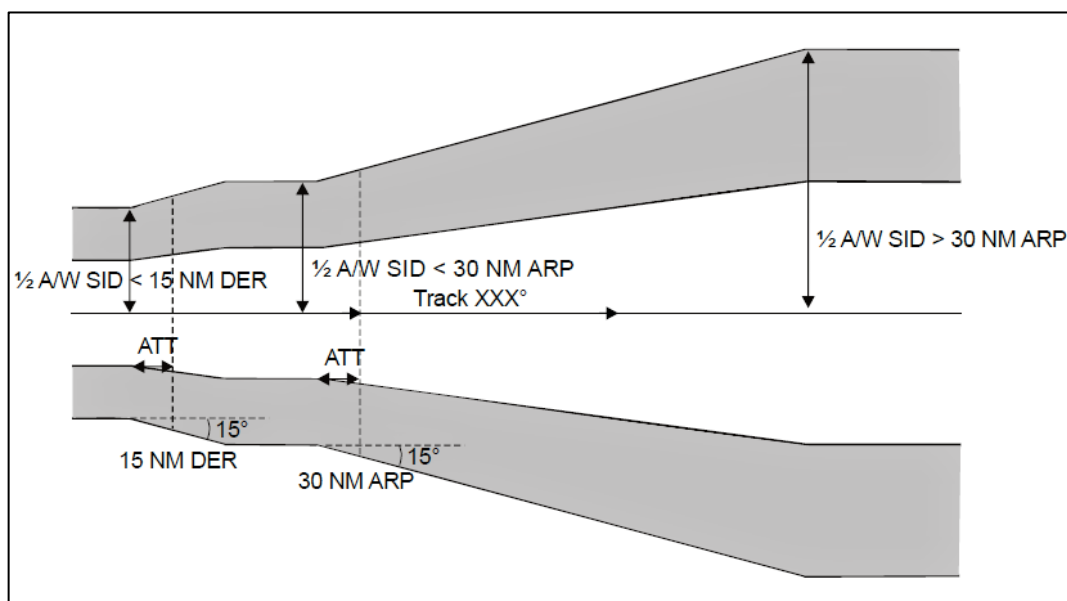
Tabulka 5-2 Šířka ochranného prostoru v závislosti na vzdálenosti od DER, [7]

SID < 15 NM ARP			SID < 30 NM ARP			SID > 30 NM ARP		
XTT	ATT	$\frac{1}{2} A/W$	XTT	ATT	$\frac{1}{2} A/W$	XTT	ATT	$\frac{1}{2} A/W$
1,0	0,8	2,0	1,0	0,8	2,5	2,0	1,6	5,0

Vzhledem k tomu, že se v mé práci nevyskytuje žádný přímý odlet, budou dále popsány ochranné prostory pouze odletů se zatáčkou.

V místě DER sahá šířka ochranného prostoru kolmo na osu RWY až do vzdálenosti 150 metrů na každou stranu. Od tohoto bodu se poté ochranný prostor rozpíná pod úhlem 15° až do hodnoty, která odpovídá $\frac{1}{2} A/W$ prvního WPT. V tomto prostoru se až do vzdálenosti 1,9 NM od DER vyskytuje pouze primární prostor, kde musí být zajištěna MOC v celém jeho rozsahu. Od 1,9 NM od DER plynule navazuje na primární prostor i prostor sekundární. Ve vzdálenosti 15 NM od DER se zvětšuje šířka ochranného prostoru pod úhlem 15° až na

definovanou hodnotu $\frac{1}{2} A/W$ pro tuto vzdálenost (z 2 NM na 2,5 NM). Analogicky je tomu i ve vzdálenosti 30 NM od ARP (viz obr 5-4). Konstrukce ochranného prostoru odletu se zatáčkou bude podrobně popsána a vysvětlena v kapitole 7, [7].



Obr. 5-4 Změna šířky ochranného prostoru tratě v závislosti na vzdálenosti od DER, [7]

5.3 Parametry a výpočty odletové tratě

Každá odletová trať je charakterizována svými parametry a následnými výpočty. Některé parametry byly popsány v předešlé podkapitole (5.2 Ochranný prostor odletové tratě). Jednalo se hlavně o návrhový gradient PDG a šířku ochranného prostoru odletové tratě. Nyní si popíšeme další důležité parametry odletové tratě, které jsou založeny na jednotlivých výpočtech, jež definuje doc 8168 volume II. Mezi tyto parametry zahrnujeme:

- pravou vzdušnou rychlost TAS,
- rychlost zatáčení,
- poloměr zatáčky,
- minimální stabilizační vzdálenost,
- minimální vzdálenost mezi dvěma WPT,
- pomocné konstrukce pro stanovení ochranných prostorů zatáčky, [7].

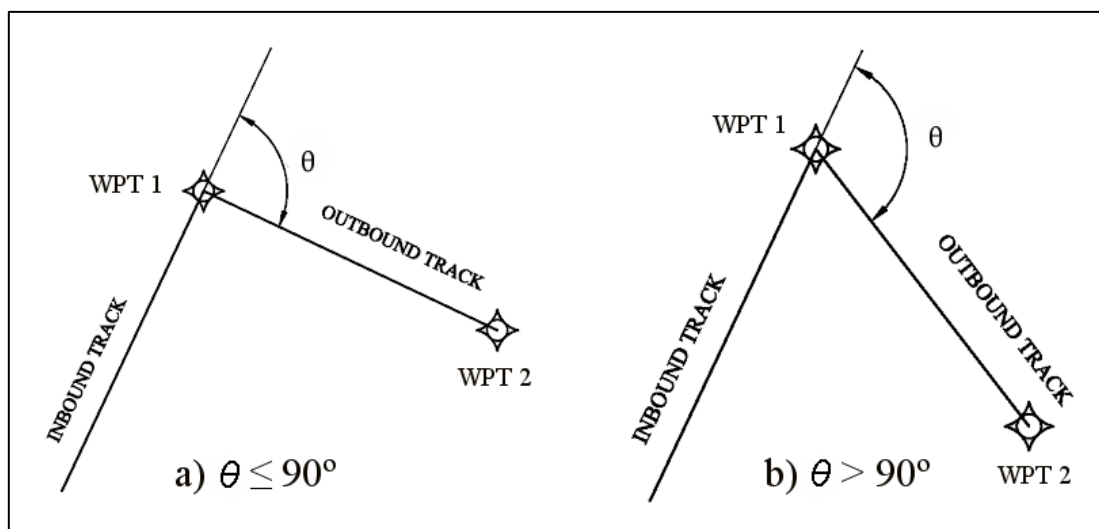
Pozn.: Všechny tyto parametry jsou stanoveny pro každý WPT odletové tratě.

5.3.1 Vstupní veličiny

Výpočty jednotlivých výše uvedených parametrů jsou založeny na vstupních veličinách, které si nyní popíšeme.

a) Úhel zatáčky (Turn angle)

Jedná se o úhel mezi příletovou (*inbound track*) a odletovou (*outbound track*) částí tratě v daném WPT. Tento úhel si označíme řeckým písmenem θ (viz obr. 5-5). Pro konstrukci ochranného prostoru zatáčky je úhel α velice důležitý parametr, neboť při změně o více než 90° ($\theta > 90^\circ$) je konstrukce ochranného prostoru zatáčky jiná a ochranný prostor je plošně větší než při $\theta \leq 90^\circ$.



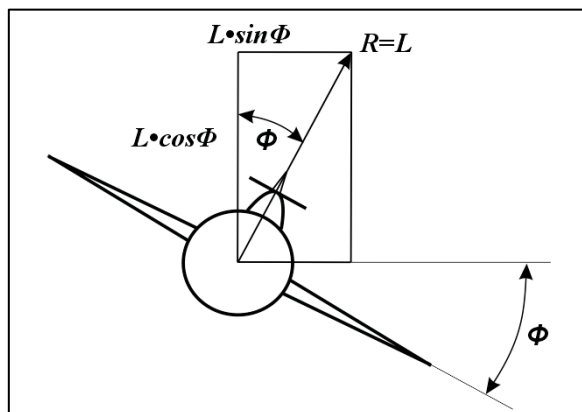
Obr. 5-5 Změna tratě letu, [7]

b) Úhel náklonu (Bank angle)

Jedná se o úhel mezi vertikální složkou vztlaku ($L \cdot \cos \Phi$) a výslednou aerodynamickou silou R , která je v ustálené horizontální zatáčce rovna vztlakové síle L . Tento úhel si označíme jako úhel ϕ (příčný sklon letadla), viz obr. 5-6. Při konstrukci ochranného prostoru zatáčky volíme hodnotu úhlu náklonu v závislosti na výšce daného bodu nad povrchem Země. Doc 8168 volume II nám definuje hodnoty úhlu náklonu v závislosti na výšce v bodě točení (WPT). Hodnoty jsou uvedeny v následující tabulce 5-3.

Tabulka 5-3 Úhel náklonu, [7]

Úhel náklonu	Výška
15°	do 1000 ft
20°	1000 – 3000 ft
25°	nad 3000 ft



Obr. 5-6 Úhel náklonu

c) Teplotní rozdíl ΔT (Temperature difference)

K výpočtu pravé vzdušné rychlosti potřebujeme znát odchylku od Mezinárodní standardní atmosféry (ISA). Tato odchylka pro Českou republiku činí $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$. V následujících vzorcích bude tato hodnota figurovat jako ΔT .

$$\Delta T = (ISA + 15\text{ }^{\circ}\text{C}) \quad (5-4)$$

d) IAS

Základem pro výpočet ochranných prostorů zatáček je i vstupní pravá vzdušná rychlost (TAS), která vychází z indikované rychlosti (IAS). Tato rychlost je pro každé letadlo rozdílná a je definována výrobcem letadla pro jednotlivé fáze letu. Pro konstrukci ochranných prostorů zatáčky je tedy nutné vzít v potaz rychlost IAS nejrychlejšího letadla, které bude dané letiště využívat. Doc 8168 volume II definuje maximální rychlosti pro konstrukci ochranných prostorů zatáček jednotlivých kategorií letadel v různých fázích letu. V následující tabulce 5-4 jsou uvedeny maximální rychlosti pro kategorie letadel A-E. Vzhledem k tomu, že vzdušný prostor Kunovic se nachází ve třídě D, kde je pod FL 100 povolena maximální rychlost 250 kt IAS, budou všechny ochranné prostory počítány s maximální možnou pravou vzdušnou rychlostí (TAS), přičemž základem bude rychlost 250 kt IAS pod FL 100 a 265 kt IAS nad touto letovou hladinou.

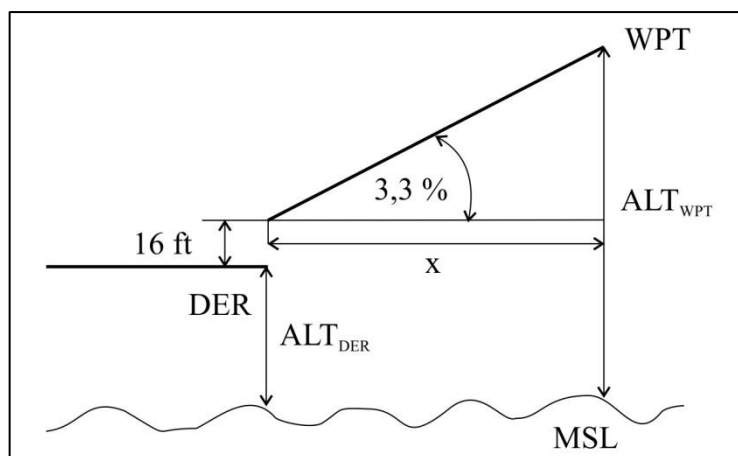
Tabulka 5-4 Maximální rychlosti pro odlet, [7]

Kategorie letadla	A	B	C	D	E
Max. rychlost [kt]	121	165	265	292	303

e) Nadmořská výška v daném WPT (Altitude in WPT)

Pro výpočet TAS je také nutné znát nadmořskou výšku v daném bodě točení (WPT), jež se určí jako součet nadmořské výšky v místě DER, která je pět metrů (16 ft), a výšky vypočítané pomocí návrhového gradientu (viz následující rovnice 5-4).

$$ALT_{WPT} = ALT_{DER} + 16\text{ ft} + \frac{PDG(3,3)}{100} \cdot \text{vzdálenost WPT od DER (x)} \quad (5-5)$$



Obr. 5-7 Nadmořská výška ve WPT

5.3.2 Parametry odletové tratě

a) Pravá vzdušná rychlost TAS

Jak již bylo napsáno výše, TAS musíme nutně znát k výpočtu ochranných prostorů zatáčky. V případě, že se jedná o bod fly-by, je TAS potřebná k výpočtu vzdálenosti od WPT pro zahájení točení. Rychlost TAS závisí na indukované vzdušné rychlosti IAS a výšce H , ve které letadlo letí nebo ve které je potřebný výpočet této rychlosti. Rychlost TAS se vypočítá z následujícího vzorce:

$$TAS = \frac{IAS \cdot 171233 \cdot [(288 \pm \Delta T) - 0,00198H]^{0,5}}{(288 - 0,00198H)^{2,628}} \quad (5-6)$$

, kde:

- TAS je pravá vzdušná rychlost,
- IAS je indikovaná rychlost na palubě letadla,
- ΔT je odchylka od ISA (ISA+15 °C),
- H je nadmořská výška bodu ve ft, [7].

b) Rychlost zatáčení

K výpočtu následujících parametrů je vhodné si vypočíst rychlost zatáčení. Tuto rychlost definuje doc 8168 volume II dvěma způsoby v závislosti na jednotkách vstupních veličin. Vzhledem k tomu, že se v letectví používají ve většině případů NM a ft, uvedeme si pouze následující vzorec:

$$R = \frac{(3431 \cdot \tan \phi)}{\pi \cdot V} \quad (5-7)$$

, kde:

- R je rychlost zatáčení (rate of turn), [°/s],
- ϕ je úhel náklonu (bank angle),
- V je rychlost letadla TAS v daném bodě v kt, [7].

c) Poloměr zatáčky

Poloměr zatáčky se počítá vždy pro kritické letadlo, neboť vychází z TAS a rychlosti zatáčení. Vypočtený poloměr má logicky také vliv na šířku ochranného prostoru zatáčky. Tento poloměr se vypočítá dle následujícího vztahu

$$r = \frac{V}{20 \cdot \pi \cdot R} \quad (5-8)$$

, kde:

- r je poloměr zatáčky (turn radius),
- V je rychlost letadla TAS v daném bodě v kt,
- R je rychlost zatáčení, [7].

d) Minimální stabilizační vzdálenost

Jedná se o vzdálenost, kterou letadlo uletí od WPT do doby, kdy je přesně usazeno na dané trati letu a připraveno například k další změně kurzu. Tato vzdálenost je

rozhodující k výpočtu minimální vzdálenosti mezi dvěma WPT viz dále. Minimální stabilizační vzdálenost se liší podle toho, zda je daný bod fly-by nebo bod flyover viz obr. 5-8. Vzhledem k tomu, že se odletová trať převážně tvoří z bodů fly-by, popíšeme si nyní pouze detailní konstrukci tohoto bodu.

Minimální stabilizační vzdálenost je tvořena vzdáleností $L1$ a $L2$, viz obr. 5-9. Tyto vzdálenosti definuje doc 8168 volume II. Vzdálenost $L1$ je vzdálenost mezi začátkem točení zatáčky a daným bodem fly-by. Vzdálenost $L2$ je definována jako pětisekundové zpoždění zapříčiněné postupnou změnou úhlu náklonu letadla až na požadovaný náklon (0° nebo jiný) při dané rychlosti TAS, [7].

Výpočty vzdáleností $L1$ a $L2$ jsou uvedeny v následujících vzorcích:

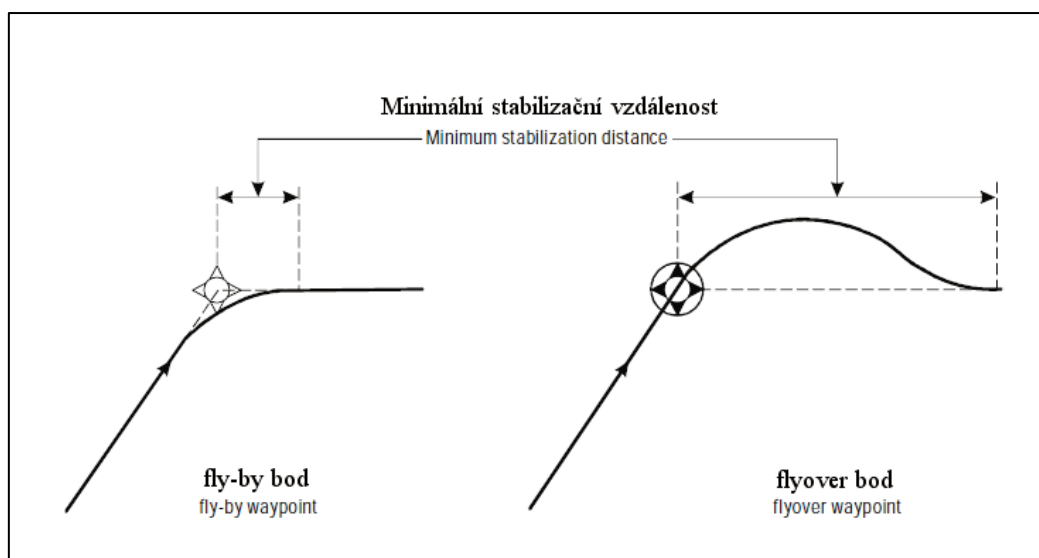
$$L1 = r \cdot \tan \theta \cdot 0,5 \quad (5-9)$$

$$L2 = \frac{c \cdot V}{3600} \quad (5-10)$$

, kde:

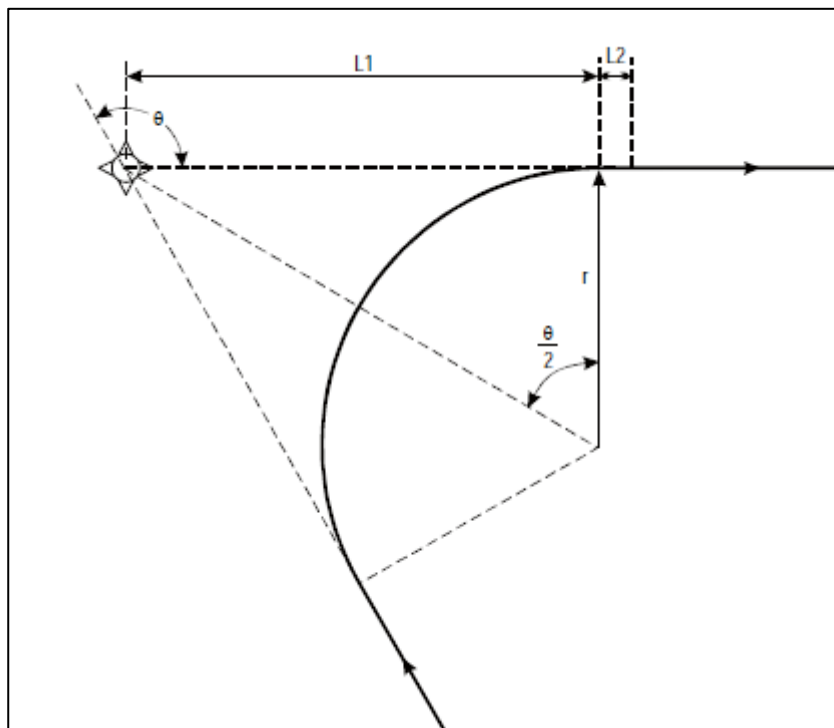
- $L1$ je vzdálenost mezi WPT (fly-by) a začátkem točení v NM,
- $L2$ je vzdálenost s pěti-sekundovým zpožděním potřebným k ukončení náklonu v NM,
- c je 5sekundové zpoždění k ukončení náklonu (bank establishment time),
- r je poloměr zatáčky v NM (turn radius),
- θ je úhel zatačení (turn angle),
- V je pravá vzdušná rychlost v daném bodě v kt, [7].

Pozn. U bodu flyover je hodnota c větší, neboť i celková změna dráhy letu je větší.



Obr. 5-8 Minimální stabilizační vzdálenost, [7]

Při změně kurzu o více než 50° je minimální stabilizační vzdálenost definována podle jednotlivých úhlů náklonu letadla (15° , 20° nebo 25°) v závislosti na dané fázi letu. V případě, že změna dráhy letu bude menší než 50° , je nutné pro výpočet minimální stabilizační vzdálenosti vždy počítat s hodnotou změny kurzu 50° a ne menší, [7].



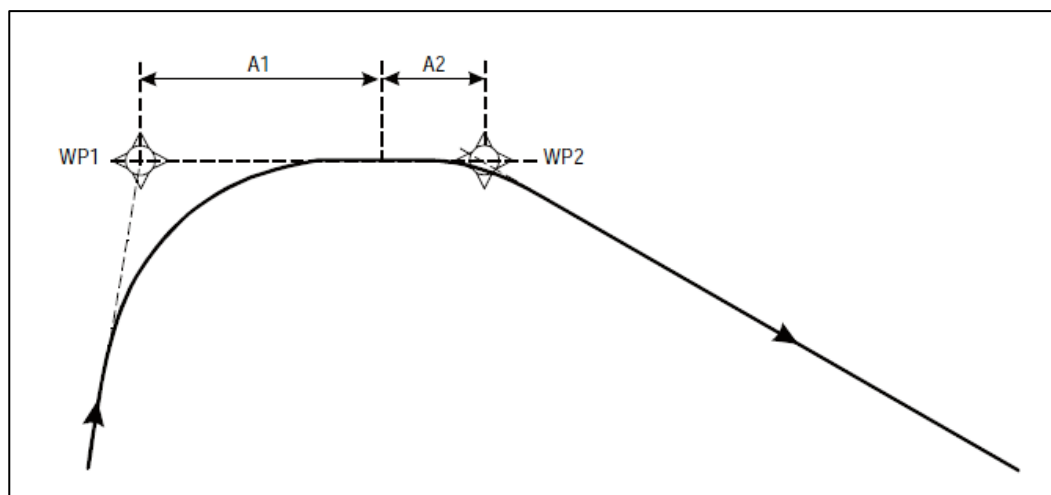
Obr. 5-9 Minimální stabilizační vzdálenost bodu fly-by, [7]

e) Minimální vzdálenost mezi dvěma WPT

Pro konstruktéry nejen odletových tratí je tato informace velice důležitá. Jedná se o minimální vzdálenost mezi dvěma WPT. Tato vzdálenost se liší v závislosti na použitém bodu (fly-by nebo flyover a jejich kombinaci), neboť vychází z minimální stabilizační vzdálenosti jednotlivých bodů. Není tedy možné stanovit dva WPT, jejichž vzdálenost bude menší než vzdálenost rovná minimální stabilizační vzdálenosti těchto bodů. Z toho plyne, že součet minimální stabilizační vzdálenosti jednotlivých bodů (WPT 1 a WPT 2) musí být vždy menší než vzdálenost mezi body samotnými, avšak tato věta je pravdivá pouze za těchto podmínek:

- mluvíme-li o vzdálenosti mezi dvěma fly-by body,
- mluvíme-li o vzdálenosti mezi prvním bodem flyover a druhým bodem fly-by.

V případě dvou bodů flyover nebo prvním bodem fly-by a druhým bodem flyover, bereme v úvahu pouze minimální stabilizační vzdálenost prvního bodu, která musí být vždy menší než vzdálenost mezi těmito body. Na obr. 5-10 je zobrazena minimální vzdálenost mezi dvěma fly-by body, kde hodnoty $A1$ a $A2$ reprezentují minimální stabilizační vzdálenost prvního a druhého fly-by bodu.



Obr. 5-10 Minimální vzdálenost mezi dvěma fly-by body, [7]

f) Pomocné konstrukce pro stanovení ochranných prostorů zatáčky

Jak již bylo napsáno dříve, každá trať má přesně definovaný svůj primární a sekundární prostor. Tento ochranný prostor se v zatáčce zvětšuje vzhledem k tomu, že letadlo mění svoji dráhu letu, a právě při tomto manévru se můžou vyskytnout i větší odchylky od předdefinované tratě. Dále nesmíme opomenout požadavek předpisu, tj. že v celém ochranném prostoru zatáčky musí být dodržena MOC minimálně 90 m od nejvyšší překážky, která se v daném ochranném prostoru vyskytuje. Ke konstrukci ochranného prostoru zatáčky se využívá takzvaných větrných spirál (*wind spirals*) nebo zjednodušené metody kreslení hraničních kruhů (*bounding circles*).

1) Wind spirals

Tuto metodu lze použít pro konstrukci ochranných prostorů jakékoliv zatáčky. Je mnohem přesnější než metoda kreslení hraničních kruhů. Ke konstrukci vnější hranice ochranného prostoru jsou použity spirály, které jsou odvozeny od poloměru zatáčky, jenž je vypočten z TAS, a úhlu náklonu za podmínek bezvětří. Větrná spirála je založena na výpočtu efektu větru (*wind effect*) pro každý specifický interval viz rovnice 5-11. Tento interval je stanoven na 30°. Chceme-li dosáhnout přesnějších výsledků a plynulejší konstrukce vnější hranice ochranného prostoru, je nutno tento interval snížit. Tedy použít více spirál, [7].

$$E_{\theta} = \frac{\theta}{R} \cdot \frac{w}{3600} \quad (5-11)$$

,kde

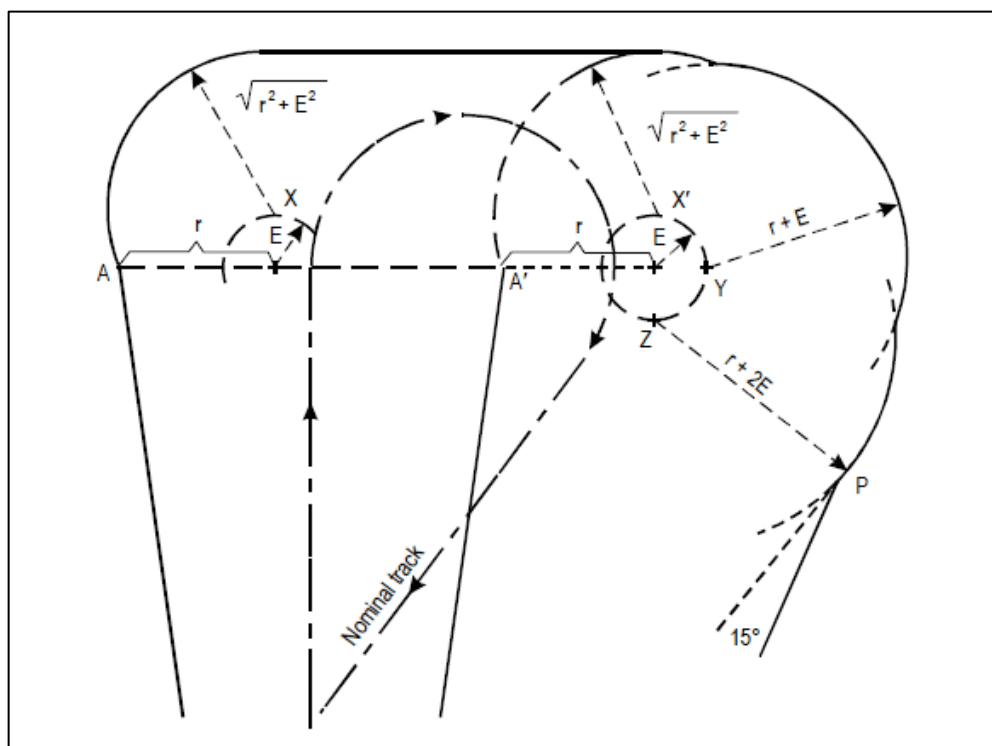
- E_{θ} je větrný efekt (wind effect),
- w je rychlost větru, která při konstrukci odletové tratě je rovna 30 kt,
- R je rychlost zatáčení,
- θ je úhel změny kurzu (interval po 30°), [7].

Detailní konstrukce je popsána v doc 8168 volume II (*Part I — Section 2, Chapter 3*). Metodu wind spirals nalezneme v příloze 8.

Pozn.: Pro konstrukci odletové tratě je také možno využít 95 % všesměrový vítr místo výpočtu E_θ .

2) Metoda kreslení hraničních kruhů

Tato metoda je jednodušší, ale také méně přesnější, co se týče konstrukce vnější hranice ochranného prostoru zatáčky. Můžeme ji použít pouze tam, kde příletová trať k danému WPT svírá s odletovou tratí stejného WPT úhel 90° . Tato metoda je založena na výpočtu E_θ (wind effect) a poloměru zatáčky. Popis konstrukce je znázorněn na obrázku 5-11.



Obr. 5-11 Metoda hraničních kruhů, [7]

5.4 Konstrukce zatáček a ochranných prostorů bodů fly-by

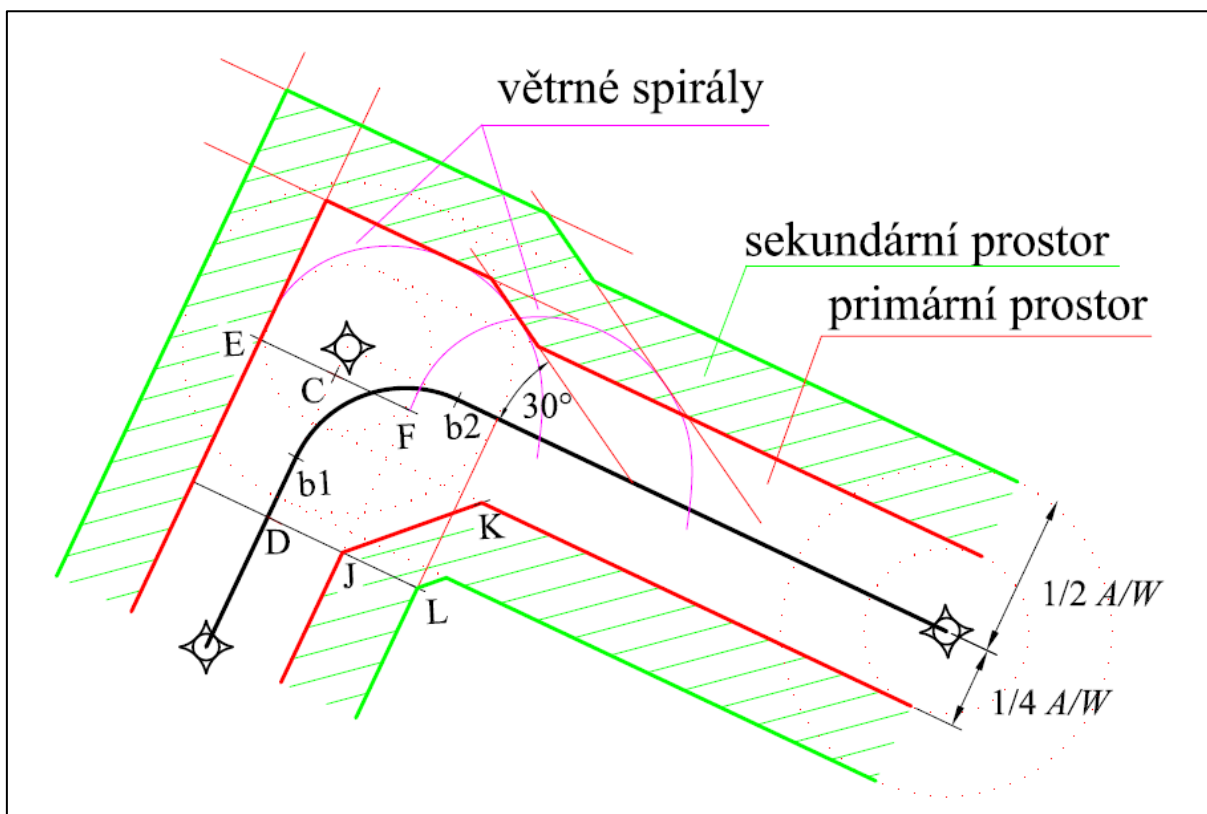
Nyní, když jsme se seznámili s jednotlivými parametry odletových tratí a popsali si způsoby jejich výpočtů, je vhodné stručně si popsat konstrukci samotné odletové tratě sestavené z bodů fly-by. Konstrukce celých tratí včetně zatáček a jejich ochranných prostorů jsou realizovány pomocí návodu od Eurocontrolu (*Guidance Material for the Design of Terminal Procedures for Area Navigation*). Konstrukce odletových tratí sestavených pomocí bodů flyover nebo v kombinaci s body fly-by zde nebude rozebírána a to vzhledem k faktu, že body flyover nejsou v mých návrzích použity.

Základem pro sestavení tratě pomocí bodů fly-by je výpočet vzdálenosti $L1$ jednotlivých fly-by bodů. Ve vzdálenosti $L1$ vyneseme na příletovou a odletovou trať od daných WPT bodů body $b1$ a $b2$, které nám charakterizují počátek a konec zatáčky. Průnikem dvou kružnic se středy v bodech $b1$ a $b2$ o poloměru zatáčky r dostaneme střed zatáčky S . Z tohoto bodu vyrýsujeme kružnici o poloměru zatáčky r . Oblouk, který dostaneme mezi body $b1$ a $b2$, nám charakterizuje zatáčku bodu fly-by. Pro konstrukci zatáček dalších bodů na trati postupujeme analogicky. Vždy je nutné vypočítat i minimální vzdálenost mezi jednotlivými fly-by body a druhý bod umístit ve vzdálenosti větší než je ona zmiňovaná vzdálenost. Letadlo se tak stihne usadit na požadované trati letu a připravit se na další změnu tratě (zatáčku), [2].

Vnější ochranné prostory zatáček jsou tvořeny na základě metody větrných spirál. Konstrukce hranic ochranných prostorů je mírně odlišná pro zatáčky větší než 90° . My si stručně popíšeme konstrukci ochranného prostoru pro zatáčky menší nebo rovny úhlu 90° . Je nutné vypočítat pomocné vzdálenosti c a d , pro něž platí:

$$c = L1 - \left(ATT + \frac{6}{3600} \cdot IAS \right), \quad (5-12)$$

$$d = L1 + ATT. \quad (5-13)$$



Obr. 5-12 Konstrukce ochranných prostorů zatáček, [2]

Je-li hodnota c záporná, bude bod C umístěn za WPT na prodloužené příletové trati (*inbound track*). Bude-li hodnota kladná, umístíme bod C ve vzdálenosti c před WPT na příletové trati. Bod D umístíme ve vzdálenosti d před WPT. Z bodů D a C vedeme kolmice na příletovou

trat' až do míst, kde se nám protnou s primární hranou ochranného prostoru, která je rovnoběžná s danou tratí. Kolmice vedená z bodu D nám protne vnitřní hranici primárního ochranného prostoru v bodě J . Z tohoto bodu vedeme přímkou pod polovičním úhlem než je úhel zatáčky ($\theta/2$) až do doby, kdy přímka protne vnitřní hranici primárního prostoru, která je rovnoběžná s odletovou tratí (*outbound track*). Tento průsečík nazveme bodem K . Vnitřní hranice sekundárního ochranného prostoru je rovnoběžná s vnitřní primární hranicí a začíná od bodu L . Kolmice vedená z bodu C nám protne vnitřní hranici primárního ochranného prostoru v bodě E a F . Z těchto bodů vytvoříme větrné spirály. Tečny k těmto spirálám nám označují vnější hranici primárního ochranného prostoru zatáčky společně s přímkou, která svírá úhel 30° s odletovou tratí a je tečná ke vzdálenější spirále. Vnější hranice ochranného sekundárního prostoru je rovnoběžná s vnější hranicí primárního prostoru. Vše je patrné z obrázku 5-12 vytvořeného v programu AutoCAD. Ochranný prostor mezi DER a prvním bodem včetně zatáčky je trochu odlišný. Konstrukce tohoto prostoru včetně detailního rozboru dané tratě bude popsána v kapitole 7, [2].

Pozn.: Všechny potřebné výpočty k jednotlivým odletovým tratím jsou uvedeny v příloze 4.

5.5 Analýza překážek v okolí letiště a odletových tratí

Při tvorbě odletových tratí je zapotřebí stanovit požadovaný gradient stoupaní, který se odvíjí od toho, zda některá z překážek protne či neprotne ochranný prostor dané tratě. Je tedy nutné provést analýzu všech možných kritických překážek v okolí letiště a navrhovaných odletových tratí. Seznam těchto překážek lze omezit na prostor, v němž letadlo s nejhorsími výkonnostními parametry bude stále v dané oblasti pod hranicí MRVA. Jestliže se toto letadlo bude nacházet v nadmořské výšce vyšší než je hranice MRVA v dané oblasti, bude bezpečně chráněno od všech překážek v tomto prostoru.

Mezi překážky řadíme vrcholy jednotlivých kopců a pohoří, rozhledny, stožáry, antény vysílačů apod. V případě, že se jedná o zalesněný vrchol, je nutné k nadmořské výšce vrcholu připočíst i průměrnou výšku stromů, která je rovna zhruba 20 m (70 ft). U rozhleden a stožárů je třeba připočíst jejich výšky k nadmořské výšce vrcholů, na kterých se nachází.

Při pohledu na turistickou mapu České republiky zjistíme, že severozápadně od letiště se nachází pohoří Chřiby s nejvyšším vrcholem Brdo 587 m. n. m. Východně od letiště se rozpíná pohoří s chráněnou krajinnou oblastí Bílé Karpaty. Především v těchto prostorech je třeba najít kritické překážky pro jednotlivé tratě, neboť letadlo je po vzletu poměrně nízko nad zemí a pokračuje směrem nad zvyšující se terén. Seznam jednotlivých překážek, které by mohly zasáhnout do ochranných prostorů nově navržených RNAV odletových tratí, je sepsán v tabulce 5-5 umístěné na další straně.

Tabulka 5-5 Seznam nejvyšších překážek v blízkosti zamýšlených tratí, [23]

Druh překážky	Nadmořská výška	Zeměpisné souřadnice	Oblast
Vysílače Topolná	1480 ft	N49°7'18.97" E17°30'42.43"	Ve směru vzletu
Rozhledna rovina	1270 ft	N49°4'17.59" E17°30'47.69"	Severovýchodně do letiště
Zalesněný vrchol Zadní Vrch	1460 ft	N49°15'37.823" E17°38'10.283"	Severně letiště
Zalesněný vrchol Hrádek	1762 ft	N49°19'33.441" E17°38'17.513"	
Rozhledna Brdo	2005 ft	N49°10'14.457" E17°18'29.625"	Pohoří Chříby
Vysílač Jílová	1850 ft	N49°10'49.325" E17°21'13.859"	
Zalesněný vrchol Komínek	1562 ft	N49°6'50.157" E17°20'23.899"	
Velká Javořina	3450 ft	N48°51'27" E17°40'30"	CHKO Bílé Karpaty
Rozhledna Velký Lopeník	3061 ft	N48°55'0.5" E17°46'57.247"	
Rozhledna Korytná	2000 ft	N48°54'51.94" E17°40'17.932"	
Zalesněný vrchol Lesná	2300 ft	N48°53'50.971" E17°38'57.061"	

Pozn.: Překážky uvedené výše jsem vyhledal z turistických map společnosti mapy.cz [23].

6 Návrh RNAV-1 odletových tratí z RWY 03C

V této kapitole si popíšeme návrhy odletových tratí z dráhy 03C na výstupní body MAVOR, HLV, MIKOV, BNO, popřípadě TUMKU. Tyto body navazují na letové tratě spodního vzdušného prostoru České republiky. Veškeré body použité v návrhu jsou body fly-by. Body typu flyover se umísťují kvůli tomu, aby letadlo zahájilo zatáčku až za tímto bodem. Důvody ke zvolení bodu flyover mohou být různé. Například významná překážka na trati nebo hlukově významná oblast, které je nutno se vyhnout. V našem případě s body flyover nebudeme pracovat (rozebráno dále). Zpracoval jsem celkem tři varianty v závislosti na jednotlivých požadavcích kladených z různých stran. Ve všech třech variantách jsem použil náklon 15° pro zatáčky menší nebo rovný změně úhlu o 50° . Rozbor jednotlivých variant včetně jejich výhod či nevýhod je zpracován níže.

Všechny výpočty jsem provedl v programu MS Excel 2010. Návrhy odletových tratí byly zpracovány v programu AutoCAD 2011 od firmy Autodesk za pomoci webové stránky GPS Visualizer.com, [20]. Podkladem pro tvorbu tratí byla vypůjčená šablona vytvořená Ing. Petrem Veselým, která obsahuje prostory, ARP body a část hranice České Republiky v okolí letiště Kunovice (viz příloha 11), [27]. Šablona, výpočty a návrhy odletových tratí jsou přiloženy v přílohách.

V příloze 1 nalezneme návrhy odletových tratí jednotlivých variant v zeměpisných směrech. Vzhledem k tomu, že v letectví se zeměpisné souřadnice téměř nepoužívají, provedl jsem přepočty jednotlivých tratí podle aktuální deklinace a vytvořil varianty, ve kterých mají jednotlivé tratě magnetický směr. Tyto varianty jsou uvedeny v příloze 2.

V příloze 3 můžeme nalézt přesné zeměpisné souřadnice virtuálních RNAV bodů, které jsou rozdělené v rámci jednotlivých variant 1, 2 a 3.

V příloze 4 jsou uvedeny tabulky se vstupními a vypočtenými hodnotami, které jsou potřebné pro konstrukci dané tratě. V tabulkách nalezneme i výpočty pomocných hodnot, jež jsou potřebné pro tvorbu primárních a sekundárních ochranných prostorů zatáček daných odletových tratí.

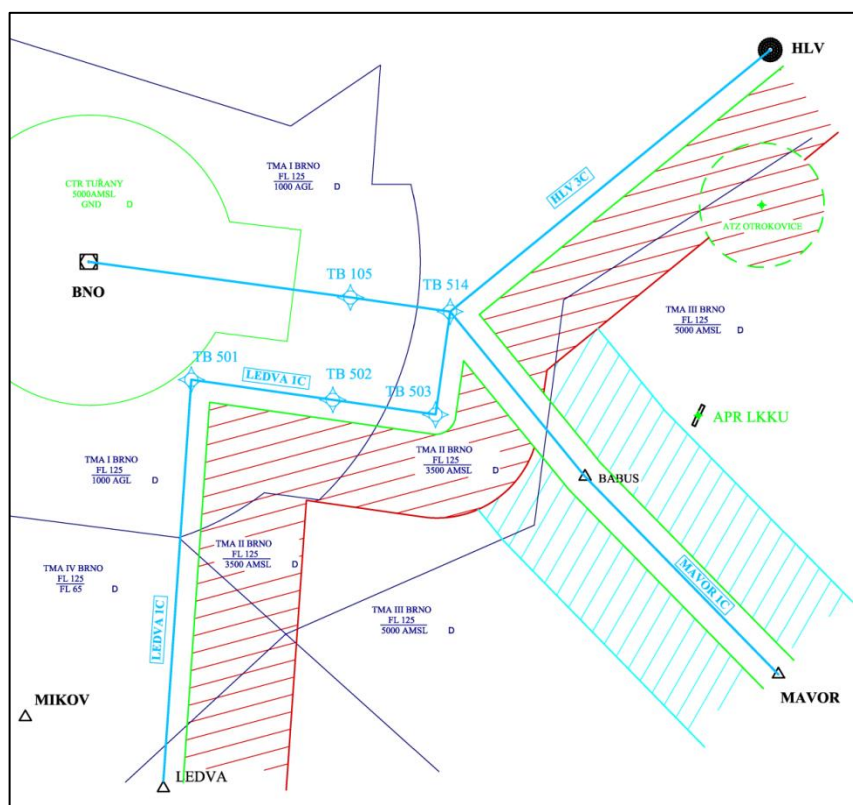
6.1 Požadavky na odletové tratě

Pomocí prostorové navigace lze libovolně sestavit z Kunovic odletovou trať, samozřejmě za předpokladu dodržení výše uvedených požadavků. Navíc musím vzít na vědomí především požadavky stanoviště ŘLP v Brně Tuřanech, jelikož tyto tratě mají za úkol zjednodušit odlet letadel z Kunovic jak řídícím letového provozu, tak i pilotům letadel.

Vzhledem k významné překážce v ose dráhy (vysílače Topolná) je nutné zvýšit návrhový gradient. Dále je nutné zajistit to, aby daná trať nezasáhla do ATZ zóny letiště Otrokovice a do okolních TMA (letadlo se musí pohybovat pouze v TMA Brno). Nedílnou součástí

tvorby RNAV tratí z Kunovic je dodržení horizontální separace od příletových tratí směřujících do Brna na dráhu 28. Jedná se o tratě s názvy LEDVA 1C a HLV 3C, které by měly být platné od května roku 2013. Tuto separaci je však někdy velmi problematické dodržet. Zvláště u tratě směřující na BNO tento požadavek dodržet nelze a separaci budou muset provést řídicí letového provozu například změnou letových hladin. Dle předpisů je horizontální separace mezi dvěma RNAV-1 tratěmi rovna 7 NM. Avšak může být snížena. Případem je právě TMA Brno, kde je horizontální radarový rozestup díky primárnímu radaru snížen z 5 NM až na 3 NM. Z předešlých kapitol víme, že odchylka letadla od tratě RNAV-1 je rovna ± 1 NM v 95 % celkové doby letu. RNAV-1 tratě v TMA Brno jsou považovány za separované, je-li mezi nimi minimální horizontální vzdálenost 5 NM. Trať směřující na HLV by měla být co nejvíce shodná se současnou tratí. Dnes existuje mezi Otrokovickými a Brnem koordinační dohoda. Vzhledem k velmi komplikovanému vyhnutí se ATZ zóně Otrokovice je nutné dodržet obdobnou trať, aby se nemusela měnit současná koordinační dohoda.

Horizontální podoba odletových tratí z dráhy 03C je omezena oblastí, jež je znázorněna na obr. 6-1. V oblasti, která není šrafována, lze libovolně vést odletovou trať z Kunovic, přičemž dodržíme požadovanou horizontální separaci od příletových tratí směřujících na letiště do Brna a ATZ zóny Otrokovice. Z obrázku je patrné, že nelze dodržet horizontální separaci od příletové tratě MAVOR 1C, neboť tato trať bude vždy křížit mnou navrhnuté odletové tratě. Zde bude nejvýhodnější provést vertikální separaci tak, aby byl zajištěn minimální rozestup mezi letadly (1000 ft pro rozestup dvou IFR letů, a 500 ft mezi lety IFR a VFR). Ostatní odletové tratě budou z větší části horizontálně separovány od příletových tratí do Brna. Předpokládá se, že tam, kde horizontální separace nebude dodržena, bude letadlo v dostatečné nadmořské výšce a možné sblížení se s letadly usazených na příletových tratích bude méně pravděpodobné.



Obr. 6-1 vymezená oblast pro dodržení horizontálních separací

Pozn.: Příletové tratě na dráhu 28 v Brně jsou uvedeny v příloze 7.

Virtuální body, podle nichž bude sestavena odletová trať, budou popsány prvními dvěma písmeny *KU* a trojčíferným číslem umístěným za tato písmena. Číslo je vhodné volit od hodnoty 360 a výš. Čísla od nuly do 360 se nedoporučují, protože je lze jednoduše zaměnit s kurzem letu. Pro odlet použijí čísla začínající číslicí 6, aby nedošlo k záměně s body, které tvoří příletové tratě do Kunovic a Brna. Tyto body začínají číslicí 4 v případě příletových tratí do Kunovic a číslicí 5, mluvíme-li o příletových tratích směřujících do Brna. První WPT na odletových tratích z dráhy 03C bude s názvem *KU601*.

Při navrhování odletových tratí je také nutno počítat s magnetickou deklinací. V AIPu České Republiky je hodnota deklinace pro letiště v Kunovicích 3° E. Tento údaj byl změřen v roce 2005. Vzhledem k tomu, že magnetická deklinace se během let mění, neboť magnetický pól nemá pevně danou svou polohu, rozhodl jsem se použít aktuální deklinaci, která je platná k datu 1. 1. 2013. Tato deklinace, podle webových stránek Národního geofyzikálního datového centra sídlícího v Coloradu, je pro letiště Kunovice rovna $3,92^\circ$ E s roční změnou $0,12^\circ$ E. Změny hodnot magnetické deklinace v jednotlivých letech v porovnání s letištěm v Brně jsou zobrazeny v příloze 5, [11, 26].

6.2 První bod tratě

Nyní si rozebereme úvahu o umístění prvního bodu tratě jednotlivých tratí. Tento bod by měl být společný pro všechny odletové tratě, abychom dodrželi jednoduchost skladby odletových tratí. Předpis nám říká, že na každém otočném bodě trati (WPT) musí být splněna podmínka, že letadlo je chráněno od všech překážek ve vymezeném ochranném prostoru nejméně 90 metrů. To nás nutí přesunout nejvyšší překážku, která se v daném ochranném prostoru zatáčky nachází, do prvního WPT (*KU601*), kde je nutné dodržet nadmořskou výšku minimálně 1780 ft (součet 1480 ft - výška překážky a 300 ft - 90 metrů), aby byla dodržena výše napsaná podmínka. Teď je vhodné se zamyslet nad vzdáleností mezi DER a prvním traťovým bodem. Dále také nad tím, jaký druh bodu použijeme.

Druh prvního bodu

Víme, že čím dále tento bod umístíme od odletového konce dráhy, tím bude zapotřebí nižšího návrhového gradientu. Vhodné by bylo umístit zde bod flyover a stanovit podmínku *to pass KU601 at 1780 ft or above*. Avšak také musíme vzít v úvahu minimální stabilizační vzdálenost mezi prvním a druhým WPT, která se odvíjí především od rychlosti TAS v prvním bodě a úhlu zatáčky. Vzhledem k tomu, že při odletu na MIKOV potřebujeme dodržet separaci od HLV 3C, můžeme umístit druhý WPT maximálně do vzdálenosti cca 4,5 NM od prvního bodu točení (uvažujeme-li se zatáčkou o 90° , v případě vyššího úhlu se vzdálenost bude prodlužovat). Tato vzdálenost reprezentuje podstatně nižší hodnotu než by byla minimální vzdálenost mezi těmito body (flyover - fly-by). Vzhledem k tomu, že navíc chceme

dodržet podmínku toho, aby byl první bod společný pro všechny odletové tratě, můžeme rovnou na první bod typu flyover zapomenout.

Zvolíme-li si první bod jako bod fly-by, dosáhneme při daném úhlu zatáčky, rychlosti TAS a úhlu náklonu letadla daleko nižší hodnoty minimální stabilizační vzdálenosti, a tím i pro mě omezující minimální vzdálenosti mezi těmito body. V našem případě jde o hodnotu nižší než vzdálenost mezi prvním a druhým WPT. Nezapomeňme, že u bodu fly-by letadlo zahájí zatáčku před tímto bodem. Jestliže stanovíme v prvním bodě rychlost na 180 kt IAS, bod točení (TP) se nám poté bude posouvat od WPT v závislosti na velikosti úhlu zatáčení. Čím větší bude úhel zatočení, tím bude větší vzdálenost bodu od WPT, kde letadlo zahájí zatáčku (TP). Zde je nutné zamyslet se nad vzdáleností prvního WPT, aby nám letadlo nezačalo točit například nad městem, popřípadě hned za ním. Při zahájení zatáčky za městem dosáhneme výrazně nižšího hluku než v případě točení letadla nad městem. Tohle je jedna z rozumných myšlenek, kdy není zapotřebí zpracovat hlukové postupy, neboť mám v plánu letadlo směřovat přímo přes město zvýšeným gradientem se zatáčkou dostatečně vzdálenou od posledních domů v Uherském Hradišti.

Vzdálenost prvního bodu

Maximální vzdálenost umístění prvního bodu nám limituje ATZ zóna letiště Otrokovice. Grafickou metodou jednoduše zjistíme, že první bod nelze umístit dále než do vzdálenosti 5,9 NM od DER. Město Uherské Hradiště nás naopak limituje minimální vzdáleností. Podle mého názoru by bylo optimální, kdyby letadlo točilo asi 3 NM od DER. V případě bodu fly-by je nutno k této vzdálenosti připočítat vzdálenost L1, abychom dostali vzdálenost prvního WPT. V zatáčce je také možno navrhnout různé úhly náklonu letadla. To má výrazný vliv na hodnotu L1, která se výrazně snižuje se zvětšujícím se úhlem náklonu. Vzhledem k těmto úvahám a nutnosti dodržet požadavek předpisů a výšky 1780 ft na daném WPT jsem zpracoval následující 3 varianty umístění prvního bodu odletových tratí.

1. Varianta

Bod umístím do vzdálenosti 5 NM od DER. Letadlo provede zatáčku o 90° s úhlem náklonu 15° a bude stoupat PDG 4 % až po druhý WPT (KU602). U odletu na HLV lze omezit PDG do nadmořské výšky 1800 ft. Od prvního nebo druhého bodu lze stoupat s PDG 3,3 %.

2. Varianta

Bod umístím do vzdálenosti 5 NM od DER. Letadlo provede zatáčku o 90° s úhlem náklonu 20° a bude stoupat PDG 5 % do nadmořské výšky 3000 ft nebo 1800 ft, popřípadě s návrhovým gradientem 4 % do nadmořské výšky 1800 ft. Záleží na odletové trati. Tato varianta má oproti první výhodu v tom, že letadlo začne točit zatáčku o 0,5 NM později. Tedy ještě dále od města, avšak celková délka letu bude shodná s první variantou.

3. Varianta

Bod umístím do vzdálenosti 5,7 NM od DER. Při odletu směrem na západ letadlo provede zatáčku o 111° s úhlem náklonu 15° a bude stoupat PDG 5 % až do nadmořské výšky 1800 ft. Ostatní odletové trasy jsou také založeny na návrhovém gradientu 5 % do nadmořské výšky 1800 ft. U odletů směrem na západ poletí letadlo po první zatáčce magnetickým kurzem 270° . Z této varianty plynou některé výhody, které jsou popsány v detailním rozboru jednotlivých tratí.

Z uvedených úvah a rozborů jednotlivých variant jsem po konzultaci s p. Petrem Havranem a p. Jaroslavem Vašíkem navrhl jednotlivé odletové tratě na výstupní body se společným umístěním prvního WPT v různých vzdálenostech od odletového konce dráhy 03C, které jsou uvedeny ve výše popsaných variantách. Detailněji jsou jednotlivé tratě popsány níže.

Podrobný postup včetně pomocných hodnot a kompletních výpočtů jednotlivých parametrů odletových tratí je rozebrán v kapitole 7 na mnou vybrané odletové trati. Ostatní tratě mají analogický postup.

6.3 Odlety – varianta 1

Tyto odlety jsou založeny především na myšlence co nejvíce snížit počáteční gradient stoupaní tak, aby byly dodrženy veškeré požadavky kladené na konstrukci RNAV-1 odletových tratí. Tento gradient jsem stanovil na hodnotu 4 %. V zatáčkách, kde letadlo změní svoji trať o méně než 50° vzhledem k předchozí trati, je počítáno s náklonem pouze 15° . Grafické řešení odletových tratí varianty 1 je uvedeno v přílohách 1 a 2.

Odlet na MIKOV

Trať na MIKOV je vedena tak, aby nezasáhla do prostorů příletových tratí do Brna. Je tedy od těchto tratí horizontálně separována. Letadlo poletí na bod KU601, kde v předstihu zahájí zatáčku o 90° s náklonem 15° , a bude pokračovat kurzem 291° na bod KU602. Počáteční gradient stoupaní je nastaven na 4 % až po bod KU602. Od tohoto bodu lze stoupat gradientem 3,3 %. Dále letadlo bude pokračovat podle trasy, která je graficky zobrazena v příloze 2. V první zatáčce je rychlost omezena na 180 kt IAS, ve druhé zatáčce jsem ji stanovil maximálně na 210 kt IAS. Tyto maximální rychlosti jsem určil po konzultaci s piloty business jetů a s řídícími letového provozu. Pro letadla kategorie C je téměř nulová pravděpodobnost, že by tyto rychlosti by mohly být překročeny. Ostatní zatáčky jsou konstruovány na maximální povolenou rychlost 250 kt pod FL 100 a nad FL 100 na maximální odletovou rychlost pro kategorii C (265 kt). Podle provozu lze letadlo na dané trati zkrátit na jednotlivé body. Předpokládané zkrácení trati bude z bodu KU602 přímo na MIKOV. Nebo lze hned po vzletu poslat letadlo přímo na MIKOV (po nastoupení minimální výšky pro radarové vektorování).

Odlet na BNO

Letadlo bude po vzletu pokračovat kurzem dráhy směrem na KU601. V určité vzdálenosti před bodem začne točit zatáčku o 90° s náklonem 15° přímo na bod KU602 (kurz 291°). Počítá se s tím, že letadlo bude stoupat počátečním gradientem 4 % až po bod KU602, kde zahájí zatáčku o 24° s náklonem 15° směrem doleva na bod KU514. Od bodu KU602 se předpokládá stoupání s gradientem 3,3 %. Tuto trať nelze horizontálně separovat od příletové tratě HLV 3C. Po přeletění bodu KU602 lze letadlo separovat od přilétávajícího provozu pouze vertikálně nebo změnou kurzu. Maximální rychlost, kterou letadlo musí dodržet v první zatáčce, je stanovena na 180 kt IAS.

Zkrácení tratě se předpokládá z bodu KU601 přímo na BNO, popřípadě na KU514.

Odlet na HLV

Letadlo bude po vzletu pokračovat kurzem dráhy směrem na KU601, kde zahájí zatáčku směrem doleva s náklonem 15°, a bude pokračovat přímo na nesměrový radiomaják HLV. Počáteční gradient stoupání je nastaven na hodnotu 4 % až do nadmořské výšky 1800 ft. Rychlost v první zatáčce není nařízena, ale počítá se s 180 kt IAS. Tato trať vede přes ATZ zónu Otrokovice a jen minimálně se liší od současné trati. Dnes je sjednána koordinační dohoda, která zůstane platná nadále i po zavedení této tratě. Při odletu na HLV se neuvažuje o možném zkrácení tratě.

Odlet na MAVOR

Po vzletu bude letadlo pokračovat kurzem dráhy na bod KU601. V dostatečné vzdálenosti před tímto bodem (okolo 3,05 NM při rychlosti 180 kt IAS) zahájí zatáčku směrem doprava na bod KU603 s náklonem 15°. Od tohoto bodu letadlo poletí přímo na výstupní bod MAVOR. Až po bod KU603 bude letadlo stoupat gradientem 4 %, který zajistí dodržení minimální výšky nad překážkami. Zatáčka zahájená před bodem KU601 je omezena na rychlost 180 kt IAS. Maximální rychlost ve druhé zatáčce jsem stanovil na hodnotu 230 kt IAS.

Zkrácení tratě se předpokládá až po dosažení MRVA, kdy letadlo bude točit pravou zatáčku přímo na MAVOR.

Tabulka 6-1 RNAV SID – RWY 03C, varianta 1

Označení Designation	Trat' Track	Poznámky Remarks
<u>MIKOV 1A</u> MIKOV ONE ALPHA DEPARTURE	Stoupat ve směru vzletu na KU601 (fly-by); točit doleva tratí 291° na KU602 (fly-by); točit doleva tratí 208° na KU401 (fly-by); točit doleva tratí 201° na KU402 (fly-by); točit doprava tratí 232° na KU604 (fly-by); točit doprava tratí 253° na KU605 (fly-by); točit doleva tratí 180° na MIKOV. Climb straight ahead to KU601 (fly-by); turn left track 291° to KU602 (fly-by); turn left track 208° to KU401 (fly-by); turn left track 201° to KU402 (fly-by); turn right track 232° to a KU604 (fly-by); turn right track 253° to KU605 (fly-by); turn left track 180° to MIKOV.	Stoupat min. 4 % po KU602. Rychlost v zatáčce KU601 omezena na MAX 180 kt IAS. Rychlost v zatáčce KU602 omezena na MAX 210 kt IAS. MNM ACS 4 % to KU602. Turn speed at KU601 limited to MAX 180 kt IAS. Turn speed at KU602 limited to MAX 210 kt IAS.
<u>BNO 1A</u> BNO ONE ALPHA DEPARTURE	Stoupat ve směru vzletu na KU601 (fly-by); točit doleva tratí 291° na KU602 (fly-by); točit doleva tratí 255° na KU514 (fly-by); točit doprava tratí 274° na BNO VOR/DME. Climb straight ahead to KU601 (fly-by); turn left track 291° to KU602 (fly-by); turn left track 255° to KU514 (fly-by); turn right track 274° to BNO VOR/DME.	Stoupat min. 4 % po KU602. Rychlost v zatáčce KU601 omezena na MAX 180 kt IAS. MNM ACS 4 % to KU602. Turn speed at KU601 limited to MAX 180 kt IAS.
<u>HLV 1A</u> HLV ONE ALPHA DEPARTURE	Stoupat ve směru vzletu na KU601 (fly-by); točit doleva tratí 001° na HLV NDB. Climb straight ahead to KU601 (fly-by); turn left track 001° to HLV NDB.	Stoupat min. 4 % po 1800 ft AMSL MNM ACS 4 % to 1800 ft AMSL
<u>MAVOR 1A</u> MAVOR ONE ALPHA DEPARTURE	Stoupat ve směru vzletu na KU601 (fly-by); točit doprava tratí 111° na KU603 (fly-by); točit doprava tratí 185° na MAVOR. Climb straight ahead to KU601 (fly-by); turn right track 111° to KU603 (fly-by); turn right track 185° to MAVOR.	Stoupat min. 4 % po KU603. Rychlost v zatáčce KU601 omezena na MAX 180 kt IAS. Rychlost v zatáčce KU603 omezena na MAX 230 kt IAS. MNM ACS 4 % to KU603. Turn speed at KU601 limited to MAX 180 kt IAS. Turn speed at KU603 limited to MAX 230 kt IAS.

Pozn.: Spojení po vzletu /Communication after take off: Zůstat na FREQ KUNOVICE VĚŽ až do pokynu přechodu na / remain on FREQ KUNOVICE TOWER until instruction for change to BRNO RADAR / BRNO APPROACH 120,550.

6.4 Odlety – varianta 2

Tyto odlety jsou velmi podobné těm, které jsem popsal ve variantě 1. Výhoda této varianty je především ta, že letadlo začne točit první zatáčku o 0,5 NM později, než je tomu v předchozí variantě. Dále je zvýšena rychlost v bodě KU602 z 210 kt IAS na 230 kt IAS. Gradient stoupání zůstává nezměněn oproti současnému publikovanému gradientu (PDG = 5 %). Grafické řešení odletových tratí varianty 2 je uvedeno v přílohách 1 a 2.

Odlet na MIKOV

Trať je opět vedena tak, aby nezasáhla do prostorů vymezených pro příletové tratě do Brna a aby zde navíc byla dodržena minimální vzdálenost 3 NM od prostorů jednotlivých tratí. Letadlo po vzletu pokračuje na otočný bod KU601, kde zahájí levou zatáčku o 90° s náklonem 20° při maximální rychlosti 180 kt IAS směrem na KU602. Zde zahájí zatáčku o 84° s náklonem 20° a bude pokračovat přímo na bod KU401, který bude pravděpodobně shodný s bodem příletové trati na RWY 03C. Rychlost v této zatáčce je zvýšena až na 230 kt IAS. Počáteční gradient stoupání jsem stanovil na 5 % až do dosažení nadmořské výšky 3000 ft. Dále bude letadlo pokračovat přes bod KU402 rovnoběžně s navrhovanou příletovou tratí směřující do Kunovic na RWY 03C na bod KU605, kde levou zatáčkou naváže na odletovou trať z Brna směrem na MIKOV. Všechny další zatáčky od KU401 směrem po MIKOV jsou navrhovány na rychlost 250 kt IAS pod FL 100. Nad touto letovou hladinou se počítá s rychlostí 265 kt IAS. Zkrácení tratě je stejné jako ve variantě 1.

Odlet na BNO

Po vzletu bude letadlo pokračovat kurzem dráhy směrem na KU601. Zde bude provedena levá zatáčka se stejnými parametry jako u odletu na MIKOV (druhá varianta). Letadlo bude pokračovat na KU602, kde zahájí zatáčku o 24° s náklonem 15° na bod KU514. Odtud letadlo poletí přímo na BNO. Maximální rychlost v první zatáčce je stanovena na hodnotu 180 kt IAS. Počáteční gradient stoupání je stanoven stejně jako v předchozím případě. Tedy 5 % do nadmořské výšky 3000 ft. Možné zkrácení tratě je shodné s variantou 1.

Odlet na HLV

Letadlo bude po vzletu pokračovat se sníženým gradientem 4 % do nadmořské výšky 1800 ft směrem na bod KU601. Od tohoto bodu bude letadlo pokračovat levou zatáčkou přímo na HLV, zde je již počítáno s gradientem 3,3 %. Rychlost v bodě KU601 není omezena, ale předpokládá se maximálně 180 kt IAS. S možným zkrácením tratě řídicími letového provozu se neuvažuje. Nevýhoda této tratě spočívá v tom, že vede přímo přes ATZ zónu Otrokovice. Zde může být odlétávající letadlo v konfliktu s provozem v této zóně (především kluzáky), neboť ATZ zóna sahá až do výšky 4000 ft nad vztažným bodem letiště Otrokovice.

Druhá varianta odletu na HLV je velice nepravděpodobná, avšak je vhodné se o ní alespoň zmínit. Řeší především nedostatek výše popsané odletové trati. Zde bude letadlo kopírovat

ATZ zónu Otrokovice. Vzhledem k velkému množství zatáček se s touto tratí příliš nepočítá a v budoucnu nejspíš nebude ani v obdobné formě realizována.

Odlet na MAVOR

Letadlo bude stoupat kurzem dráhy na společný bod pro všechny odletové tratě KU601, kde zahájí zatáčku o 90° s náklonem 20° směrem na bod KU603. Zde bude s náklonem 20° letadlo točit pravou zatáčkou přímo na bod MAVOR. Rychlost v druhé zatáčce je stanovena až na 250 kt IAS. Do nadmořské výšky 1800 ft se počítá s gradientem stoupaní 5 %. Od tohoto bodu lze dále snížit gradient až na hodnotu 3,3 %. Možné zkrácení tratě je stejné jako v případě odletu na MAVOR ve variantě 1.

Tabulka 6-2 RNAV SID – RWY 03C, varianta 2

Označení Designation	Trat' Track	Poznámky Remarks
<u>MIKOV 1B</u> MIKOV ONE BRAVO DEPARTURE	Stoupat ve směru vzletu na KU601 (fly-by); točit doleva tratí 291° na KU602 (fly-by); točit doleva tratí 208° na KU401 (fly-by); točit doleva tratí 201° na KU402 (fly-by); točit doprava tratí 232° na KU604 (fly-by); točit doprava tratí 253° na KU605 (fly-by); točit doleva tratí 180° na MIKOV. Climb straight ahead to KU601 (fly-by); turn left track 291° to KU602 (fly-by); turn left track 208° to KU401 (fly-by); turn left track 201° to KU402 (fly-by); turn right track 232° to a KU604 (fly-by); turn right track 253° to KU605 (fly-by); turn left track 180° to MIKOV.	Stoupat min. 5 % po 3000 ft AMSL. Rychlost v zatáčce KU601 omezena na MAX 180 kt IAS. Rychlost v zatáčce KU602 omezena na MAX 230 kt IAS. MNM ACS 5 % to 3000 ft AMSL. Turn speed at KU601 limited to MAX 180 kt IAS. Turn speed at KU602 limited to MAX 230 kt IAS.
<u>BNO 1B</u> BNO ONE BRAVO DEPARTURE	Stoupat ve směru vzletu na KU601 (fly-by); točit doleva tratí 291° na KU602 (fly-by); točit doleva tratí 255° na KU514 (fly-by); točit doprava tratí 274° na BNO VOR/DME. Climb straight ahead to KU601 (fly-by); turn left track 291° to KU602 (fly-by); turn left track 253° to KU514 (fly-by); turn right track 274° to BNO VOR/DME.	Stoupat min. 5 % po 3000 ft AMSL. Rychlost v zatáčce KU601 omezena na MAX 180 kt IAS. MNM ACS 5 % to 3000 ft AMSL. Turn speed at KU601 limited to MAX 180 kt IAS.

Tabulka 6-2 RNAV SID – RWY 03C, varianta 2

HLV 1B HLV ONE BRAVO DEPARTURE	Stoupat ve směru vzletu na KU601 (fly-by); točit doleva tratí 001° na HLV NDB. Climb straight ahead to KU601 (fly-by); turn left track 001° to HLV NDB.	Stoupat min. 4 % po 1800 ft AMSL. MNM ACS 4 % to 1800 ft AMSL.
HLV 1D HLV ONE DELTA DEPARTURE	Stoupat ve směru vzletu na KU601 (fly-by); točit doprava tratí 055° na KU611 (fly-by); točit doleva tratí 360° na KU612 (fly-by); točit doleva tratí 324° na HLV NDB. Climb straight ahead to KU601 (fly-by); turn right track 055° to KU611 (fly-by); turn left track 360° to KU612 (fly-by); turn left track 324° to HLV NDB.	Stoupat min. 4 % po 1800 ft AMSL. MNM ACS 4 % to 1800 ft AMSL.
MAVOR 1B MAVOR ONE BRAVO DEPARTURE	Stoupat ve směru vzletu na KU601 (fly-by); točit doprava tratí 111° na KU603 (fly-by); točit doprava tratí 185° na MAVOR. Climb straight ahead to KU601 (fly-by); turn right track T111° to KU602 (fly-by); turn right track 185° to MAVOR.	Stoupat min. 5 % po 1800 ft AMSL. Rychlost v zatáčce KU601 omezena na MAX 180 kt IAS. MNM ACS 5 % to 1800 ft AMSL. Turn speed at KU601 limited to MAX 180 kt IAS.

Pozn.: Spojení po vzletu /Communication after take off: Zůstat na FREQ KUNOVICE VĚŽ až do pokynu přechodu na / remain on FREQ KUNOVICE TOWER until instruction for change to BRNO RADAR / BRNO APPROACH 120,550.

6.5 Odlety – varianta 3

Odlety jsou převážně založeny na počátečním gradientu 5 %. Odletové tratě směřující západním směrem jsou vedeny odlišně než v předchozích variantách. To má několik výhod, které dělají tuto variantu nejzajímavější, a pravděpodobně by právě tato varianta mohla být v budoucnu realizována, popřípadě její obdoba. Mezi výhody patří například to, že jednotlivé tratě se více vyhýbají ATZ zóně Otrokovice a především severní oblasti, která je velice zahuštěná a je problematické zde jednotlivé tratě horizontálně separovat. Odlety na HLV a MAVOR jsou shodné s předešlými návrhy. Největší změny oproti předešlým variantám jsou patrné na odletových tratích na BNO a MIKOV. V celé variantě je aplikováno omezení rychlosti pouze na první bod KU601, kde je počítáno s rychlostí 180 kt IAS a návrhovým gradientem 5 % do nadmořské výšky 1800 ft. Grafické řešení odletových tratí varianty 3 je uvedeno v přílohách 1 a 2.

Odlet na MIKOV

Letadlo bude po vzletu pokračovat kurzem dráhy na KU601, zde zahájí zatáčku směrem doleva s náklonem 20° na kurz 270° a bude pokračovat na KU602, kde levou zatáčkou poletí přímo KU402, opět s náklonem 20° . Odtud bude pokračovat na KU604 a přes KU605 levou zatáčkou přímo MIKOV. Letadlo na celé trase bude horizontálně separované od příletových tras do Brna vyjma příletu přes bod MAVOR. Zde není jiná možnost, protože se tyto trasy kříží, a je možno aplikovat pouze vertikální separaci změnou letových hladin, případně i změnou kurzu. Rychlost v první zatáčce je omezena na 180 kt IAS. Ostatní zatáčky jsou omezeny rychlostí 250 kt pod FL 100. Nad touto letovou hladinou se počítá s maximální rychlostí 265 kt IAS. Počáteční gradient stoupaní je nastaven na 5 % až do nadmořské výšky 1800 ft.

U této odletové tratě se předpokládá její možné zkrácení řídicími letového provozu a to z bodu KU602 přímo na MIKOV nebo přímo z prvního bodu KU601 směrem na MIKOV.

Odlet na BNO a TUMKA

Letadlo bude po vzletu pokračovat na bod KU601, kde zahájí zatáčku o 111° s náklonem 20° , a poletí kurzem 270° přímo na KU602. Rychlost je v první zatáčce omezena na 180 kt IAS. V bodě KU602 bude letadlo pokračovat mírně levou zatáčkou na bod KU514, který je shodný s bodem TB 514 (RNAV bod přiblížení na LKTB). Odtud bude točit pravou zatáčkou přímo BNO. Rychlost zde není omezena. Druhou možností je, že letadlo v bodě KU602 zahájí zatáčku doprava na kurz 283° s náklonem 15° a poletí přímo na bod TUMKA. V této variantě může letadlo pokračovat přímo na bod TUMKA bez toho, aniž by vletlo do prostoru MTMA Přerov. Avšak z důvodu velké vzdálenosti mezi body TUMKA a KU602 se nepředpokládá, že by tato trať byla v budoucnu realizována. Při odletech na BNO a TUMKU se počítá s gradientem 5 % až do nadmořské výšky 1800 ft, dále už jen s PDG 3,3 %.

Řídicí letového provozu bude pravděpodobně letadla zkracovat hned po vzletu přímo na BNO. A to hned, jakmile letadlo naváže spojení se stanovištěm APP v Brně (frekvence BRNO RADAR 120,550) a bude se nacházet ve výšce vyšší než je MRVA.

Odlet na HLV

Po vzletu bude letadlo pokračovat kurzem dráhy směrem na KU601. Odtud mírně levou zatáčkou přímo na HLV. Rychlost na KU601 není omezena, ale počítá se s rychlostí 180 kt IAS a úhlem náklonu 15° . Počáteční gradient stoupaní je roven 5 % až do nadmořské výšky 1800 ft. Nevýhodou této tratě je to, že vede přímo přes ATZ zónu Otrokovice. Díky současné odletové trati, která vede také přes tuto ATZ zónu, byla vytvořena koordinační dohoda mezi Otrokovicemi a Brnem. Vyhnout se ATZ zóně Otrokovice je velmi komplikované, a proto je nutné dodržet obdobnou trať, aby se nemusela měnit současná koordinační dohoda. Především při provozu kluzáků v této zóně je povinností člověka sedící na věži v Otrokovicích počínat si tak, aby vše bylo v souladu s touto koordinační dohodou.

Navrhovaná trať je pouze o 1° vlevo od současné trati. Nebude tedy nutné tuho dohodu nijak měnit.

Odlet na MAVOR

Letadlo bude po vzletu pokračovat kurzem dráhy směrem na bod KU601. Zde zahájí zatáčku o 90° směrem doprava s náklonem 20° na kurz 111° přímo na bod KU603, jenž je vzdálen od KU601 4,5 NM. Zde letadlo zahájí pravou zatáčku přímo na bod MAVOR. Rychlost v první zatáčce je omezena na 180 kt IAS. Letadlo bude stoupat s počátečním návrhovým gradientem 5 % do nadmořské výšky 1800 ft. Předpokládá se, že řidiči letového provozu v závislosti na okolním provozu letadlo po vzletu zkrátí přímo levou zatáčkou na MAVOR. To však řidiči mohou udělat až v okamžiku, kdy bude letadlo nad výškou korespondující s MRVA nebo když si budou jisti, že v okolí se nevyskytuje žádná nebezpečná překážka.

Tabulka 6-3 RNAV SID – RWY 03C, varianta 3

Označení Designation	Trať Track	Poznámky Remarks
<u>MIKOV 1C</u> MIKOV ONE CHARLIE DEPARTURE	Stoupat ve směru vzletu na KU601 (fly-by); točit doleva tratí 270° na KU602 (fly-by); točit doleva tratí 201° na KU402 (fly-by); točit doprava tratí 232° na KU604 (fly-by); točit doprava tratí 253° na KU605 (fly-by); točit doleva tratí 180° na MIKOV. Climb straight ahead to KU601 (fly-by); turn left track 270° to KU602 (fly-by); turn left track 201° to KU402 (fly-by); turn right track 232° to a KU604 (fly-by); turn right track 253° to KU605 (fly-by); turn left track tratí 180° to MIKOV.	Stoupat min. 5 % po 1800 ft AMSL. Rychlost v zatáčce KU601 omezena na MAX 180 kt IAS. MNM ACS 5 % to 1800 ft AMSL. Turn speed at KU601 limited to MAX 180 kt IAS.
<u>BNO 1C</u> BNO ONE CHARLIE DEPARTURE	Stoupat ve směru vzletu na KU601 (fly-by); točit doleva tratí 270° na KU602 (fly-by); točit doleva tratí 260° na KU514 (fly-by); točit doprava tratí 274° na BNO VOR/DME. Climb straight ahead to KU601 (fly-by); turn left track 270° to KU602 (fly-by); turn left track 260° to KU514 (fly-by); turn right track 274° to BNO VOR/DME.	Stoupat min. 5 % po 1800 ft AMSL. Rychlost v zatáčce KU601 omezena na MAX 180 kt IAS. MNN ACS 5 % to 1800 ft AMSL. Turn speed at KU601 limited to MAX 180 kt IAS.

Tabulka 6-3 RNAV SID – RWY 03C, varianta 3

<u>TUMKA 1C</u> TUMKA ONE CHARLIE DEPARTURE	Stoupat ve směru vzletu na KU601 (fly-by); točit doleva tratí 270° na KU602 (fly-by); točit doprava tratí 283° na TUMKA. . Climb straight ahead to KU601 (fly-by); turn left track 270° to KU602 (fly-by); turn right track 283° to TUMKA.	Stoupat min. 5 % po 1800 ft AMSL. Rychlost v zatáčce KU601 omezena na MAX 180 kt IAS. MNM ACS 5 % to 1800 ft AMSL. Turn speed at KU601 limited to MAX 180 kt IAS.
<u>HLV 1C</u> HLV ONE CHARILE DEPARTURE	Stoupat ve směru vzletu na KU601 (fly-by); točit doleva tratí 001° na HLV NDB. Climb straight ahead to KU601 (fly-by); turn left track 001° to HLV NDB.	Stoupat min. 5 % po 1800 ft AMSL. MNM ACS 5 % to 1800 ft AMSL.
<u>MAVOR 1C</u> MAVOR ONE CHARLIE DEPARTURE	Stoupat ve směru vzletu na KU601 (fly-by); točit doprava tratí 111° na KU603 (fly-by); točit doprava tratí 185° na MAVOR. Climb straight ahead to KU601 (fly-by); turn right track 111° to KU602 (fly-by); turn right track 185° to MAVOR.	Stoupat min. 5 % po 1800 ft AMSL. Rychlost v zatáčce KU601 omezena na MAX 180 kt IAS. MNM ACS 5 % to 1800 ft AMSL. Turn speed at KU601 limited to MAX 180 kt IAS.

Pozn.: Spojení po vzletu /Communication after take off: Zůstat na FREQ KUNOVICE VĚŽ až do pokynu přechodu na / remain on FREQ KUNOVICE TOWER until instruction for change to BRNO RADAR / BRNO APPROACH 120,550.

6.6 Shrnutí odletových tratí

Odlety řešené v této práci jsou pouze odlety s navigační specifikací RNAV-1, jejichž odchylka od nominální tratě činí maximálně ± 1 NM v 95 % celkové doby letu. Ve všech variantách se počítá s maximální rychlostí v první zatáčce 180 kt IAS. Vzhledem k tomu, že letiště v Kunovicích nejčastěji využívají letadla kategorie C, nepředpokládá se, že budou mít na prvním bodě větší rychlost než právě 180 kt IAS. Rychlosti na dalších bodech jsou omezeny v závislosti na jednotlivých variantách. Obecně platí, že pod FL 100 je rychlost omezena na 250 kt IAS a nad touto hladinou jsou zatáčky navrhovány na maximální rychlost 265 kt IAS (odpovídá max. odletové rychlosti pro kategorii C). Dále jsou všechny zatáčky se změnou kurzu menší než 50° konstruovány s náklonem 15°. Letadlo může samozřejmě začít točit i s vyšším náklonem, to je ale málo pravděpodobné, především kvůli komfortu cestujících na palubě a dalším faktorům. Při návrhu tratí jsem vzal v potaz i hlukově citlivé oblasti. Avšak vzhledem k poloze letiště a města Uherské Hradiště nelze letadlo vést mimo

tyto oblasti. Hluk, který letadlo vytváří při vzletu, tak bohužel negativně ovlivní všechny organismy žijící v této oblasti. Jednoduchým řešením, jak tomuto předejít, může být zvýšení počátečního gradientu stoupání například na hodnotu okolo 10 %, jak je tomu například na letišti v Praze a v Brně, nebo snížením indikované rychlosti pro turbovrtulová, popřípadě i proudová letadla. Tuto myšlenku jsem však zavrhl z několika důvodů. Letiště disponuje velmi malým provozem a letadla s nižšími výkonnostními charakteristikami by nebyla schopna dodržet počáteční gradient stoupání. Dalším důvodem je to, že na tomto letišti nejsou aplikovány žádné hlukové postupy.

Z výše popsaných variant tratí bude nejpravděpodobněji realizována varianta 3, případně její poupravená podoba. Tato varianta řeší lepší odlet směrem na MIKOV a BNO. Letadlo lze také vést přímo z KU602 i na hlásný bod TUMKA. Rychlosti v této variantě jsou nejméně omezené. Odletové tratě směřující západním směrem jsou lépe separovány od příletových tratí do Brna a více se vyhýbají už tak docela přehuštěnému prostoru, který se rozpíná severozápadním směrem od letiště Kunovice. Na odletových tratích je aplikován počáteční gradient stoupání 5 % až do dosažení nadmořské výšky 1800 ft. Poté lze stoupat minimálním gradientem, který odpovídá hodnotě 3,3 %. Tato varianta vznikla po dlouhém diskutování s řídicími letového provozu v Brně a Kunovicích. Já se osobně k této variantě přikláním, a to z vzhledem k výše napsaným důvodům. Podle mého názoru jsou právě tyto tratě (tratě varianty 3) optimálně přizpůsobeny pro letadla rychlostní kategorie C a více přispívají ke zvýšení efektivity letu, komfortu cestujících a přehlednosti vzdušné situace pro složky řídicí letový provoz. Dále si myslím, že bude pro piloty jednodušší danou trať zaletět s letadly, která nebudou vybavena systémem FMS, než by tomu bylo v případě ostatních variant.

Varianta 1 je založena na počátečním gradientu stoupání 4 % až po druhý bod odletové tratě. První zatáčka je provedena poměrně nízko nad zemí, což mě nutí ke konstrukci zatáčky s náklonem pouze 15°. V zatáčkách jsou omezeny rychlosti na 180 kt IAS, 210 kt IAS a 230 kt IAS. Důvodem bylo docílit menšího poloměru zatáčky a jejich menších ochranných prostorů. Trať je horizontálně separována od příletové tratě HLV 3C.

Varianta 2 nám zachovává téměř shodný poloměr zatáček a strukturu jednotlivých odletových tratí, jak je navrženo ve variantě 1. Změna je provedena především v rychlostech, úhlu náklonu a zvýšeném gradientu stoupání. Gradient je zvýšen na hodnotu 5 % až do dosažení nadmořské výšky 1800 ft nebo 3000 ft v závislosti na odletové trati. Rychlost je zvýšena na odletové trati MIKOV 1B v bodě KU602 z 210 na 230 kt IAS. V bodě KU603 není aplikováno rychlostní omezení. Úhly náklonu jsou stanoveny na hodnotu 20°. V zatáčkách, ve kterých je změna kurzu méně než 50°, je počítáno s náklonem 15°. V této variantě je vytvořena odletová trať směřující na hlásný bod HLV tak, aby nezasáhla do ATZ zóny Otrokovice. Možnou variantou také bylo vytvořit systém letových tras ve tvaru písmena Y s umístěním prvního bodu ve vzdálenosti 2,5 NM a dalších dvou bodů tak, aby letadlo danou ATZ zónu obletělo. Kvůli častým změnám kurzu hned po vzletu jsem tuto variantu dále nezpracovával, neboť by byla zbytečná a pro piloty zcela nevyhovující.

Další varianty mohou být vytvořeny kombinací jednotlivých tratí z různých variant. Avšak nesplníme podmínku společného prvního bodu pro jednotlivé tratě. Tato podmínka vzešla z řad řídících letového provozu v Brně, protože podle jejich slov by byl daný prostor zbytečně přeplněn jednotlivými virtuálními body a sami řídící by mohli o tratích ztratit přehled.

7 Popis konstrukce odletové tratě MAVOR 1C

Pro každou odletovou trať je zapotřebí nejdříve vytyčit přesné umístění virtuálních bodů. Pomocí vzorců uvedených v kapitole 5 je dále nutné vypočítat a zkonstruovat samotnou nominální trať včetně její ochranných prostorů. Nakonec je nutné stanovit takový gradient stoupání, aby žádná z překážek neprotнула primární a sekundární ochranný prostor, a provést výpočet, který ověří tuto podmínku.

Detailní konstrukce je vztažena na odletovou trať MAVOR 1C. Tato trať je jednou z tratí varianty 3, začíná na odletovém konci dráhy 03C a končí na hlásném bodě MAVOR, jenž navazuje na trať spodního vzdušného prostoru. Trať jsem si vybral především z toho důvodu, že současná konvenční trať vede směrem na radiomaják KUN, kde letadlo v 1800 ft točí levou zatáčkou přes KNE na MAVOR, a je nejvíce odlišná od navrhované trati MAVOR 1C. Navíc k této navrhované odletové trati v současnosti neexistuje žádná konvenční trať. Piloti moderních letadel vybavených FMS systémem letící z RWY 03C na MAVOR po koordinaci věžníka se stanovištěm APP BRNO většinou slyší ve sluchátkách frázi od řídicího letového provozu: „*with right turn proceed direct to MAVOR own navigation*“. Letadla jsou tedy zkracována pravou zatáčkou přímo na bod MAVOR. Navrhovaná odletová trať je tedy v souladu s ustálenou praxí vektorování.

Trať je navržena v programu AutoCAD za pomoci výpočtů řešených v programu MS Excel a GPS Visualizer Calculator. Jednotlivé postupy a výpočty jsou v souladu s předpisem doc 8168 volume II vydaným organizací ICAO a publikací Guidance Material for the Design of Terminal Procedures for Area Navigation (DME/DME, B-GNSS, Baro-VNAV & RNP-RNAV), která byla vydána evropskou organizací EUROCONTROL.

7.1 Konstrukce odletové tratě

První bod s názvem KU601 je umístěn ve směru vzletu ve vzdálenosti 5,7 NM. Bod je typu fly-by, což znamená, že letadlo zahájí zatáčku před tímto bodem. Dále bude pokračovat na fly-by bod KU603 a poté změnou kurzu o 74° pravou zatáčkou přímo na MAVOR. Vzdálenost mezi body KU601 a KU603 jsem stanovil na 4,5 NM.

Nyní si popíšeme jednotlivé výpočty, které je nutné provést pro první a druhý bod, aby mohla být zkonstruována daná nominální trať.

Pozn.: Výpočty nebudou zahrnovat převod rychlosti IAS na TAS.

Výpočty pro KU601 (první bod nominální tratě)

Vstupní parametry:

- rychlost omezena maximálně na 180 kt IAS,
- návrhový gradient stoupání 5 % do nadmořské výšky 1800 ft,

- zatáčka se změnou kurzu 90°,
- úhel náklonu 20°.

Nadmořská výška v KU601:

$$ALT_{WPT} = ALT_{DER} + 16 \text{ ft} + \frac{PDG}{100} \cdot \text{vzdálenost WPT od DER (x)}$$

$$\text{Převod: } 5.7 \text{ NM} = 34634 \text{ ft}$$

Pozn.: Vzhledem k tomu, že máme aplikován PDG 5 % pouze do nadmořské výšky 1800 ft, je nutné vzorec upravit následujícím způsobem:

$$ALT_{KU601} = ALT_{DER} + 16 \text{ ft} + \frac{PDG}{100} \cdot \left(\frac{100}{PDG} \cdot (\text{altitude} - (ALT_{DER} + 16 \text{ ft})) \right) + \\ + \frac{PDG}{100} \cdot \left(\text{vzdálenost WPT od DER (x)} - \left(\frac{100}{PDG} \cdot \text{altitude} \right) \right)$$

$$ALT_{KU601} = 581 + 16 + \frac{5}{100} \cdot \left(\frac{100}{5} \cdot (1800 - (581 + 16)) \right) + \\ + \frac{3,3}{100} \cdot \left(34634 - \left(\frac{100}{PDG} \cdot (1800 - (581 + 16)) \right) \right) = \mathbf{2149 \text{ ft}}$$

Převod IAS na TAS:

- Při rychlosti 180 kt IAS a altitude 2149 ft je **TAS = 190,64 kt**

Rychlost zatáčení:

$$R = \frac{(3431 \cdot \tan \alpha)}{\pi \cdot V}$$

$$R = \frac{(3431 \cdot \tan 90)}{\pi \cdot 190,64} = \mathbf{2,0851 \text{ } ^\circ/\text{s}}$$

Poloměr zatáčky:

$$r = \frac{V}{20 \cdot \pi \cdot R}$$

$$r = \frac{190,64}{20 \cdot \pi \cdot 2,0851} = \mathbf{1,4552 \text{ NM}}$$

Vzdálenost L1, L2 a minimální stabilizační vzdálenost:

$$L1 = r \cdot \tan \theta \cdot 0,5$$

$$L1 = 1,4552 \cdot \tan 90 \cdot 0,5 = \mathbf{1,4552 \text{ NM}}$$

$$L2 = \frac{c \cdot V}{3600}$$

$$L2 = \frac{5 \cdot 190,64}{3600} = \mathbf{0,2648 \text{ NM}}$$

Minimální stabilizační vzdálenost $A_{KU601} = L1 + L2$

$$A_{KU601} = 1,4552 + 0,2648$$

$$A_{KU601} = \mathbf{1,7199 NM}$$

Výpočty pro KU603 (druhý bod nominální tratě)

Nadmořská výška v KU603:

$$ALT_{KU603} = ALT_{DER} + 16 \text{ ft} + \frac{PDG}{100} \cdot \text{vzdálenost WPT od DER (x)} + ALT_{KU601}$$

$$ALT_{KU603} = 581 + 16 + \frac{3,3}{100} \cdot 27343 + 2149 = \mathbf{3051 ft}$$

Převod IAS na TAS:

➤ Při rychlosti 250 kt IAS a altitude 3051 ft je **TAS = 268,4038 kt**

Rychlost zatáčení:

$$R = \frac{(3431 \cdot \tan \alpha)}{\pi \cdot V}$$

$$R = \frac{(3431 \cdot \tan 75)}{\pi \cdot 268,4038} = \mathbf{1,4810^\circ/s}$$

Poloměr zatáčky:

$$r = \frac{V}{20 \cdot \pi \cdot R}$$

$$r = \frac{268,4038}{20 \cdot \pi \cdot 1,4810} = \mathbf{2,8844 NM}$$

Vzdálenost L1, L2 a minimální stabilizační vzdálenost:

$$L1 = r \cdot \tan \theta \cdot 0,5$$

$$L1 = 2,8844 \cdot \tan 74 \cdot 0,5 = \mathbf{2,1736 NM}$$

$$L2 = \frac{c \cdot V}{3600}$$

$$L2 = \frac{5 \cdot 268,4038}{3600} = \mathbf{0,3728 NM}$$

Minimální stabilizační vzdálenost $A_{KU603} = L1 + L2$

$$A_{KU603} = 2,1736 + 0,3728$$

$$A_{KU603} = \mathbf{2,5464 NM}$$

Ověření minimální vzdálenosti mezi body KU601 a KU603:

$$A_{KU601} + A_{KU603} \leq 4,5 NM$$

$$1,7199 + 2,5464 \leq 4,5 NM$$

$$\mathbf{4,2663 \leq 4,5 NM}$$

➤ podmínka platí, vzdálenost mezi body může být rovna 4,5 NM.

Konstrukce nominální tratě včetně ochranných prostorů je zobrazena na obrázku 7-1 a všechny prvky konstrukce jsou vztaženy k pravému zeměpisnému severu, nikoliv k magnetickému severu.

7.2 Konstrukce ochranných prostorů odletové tratě

Pro konstrukci ochranných prostorů je nutné znát jednotlivé šířky primární a sekundární oblasti pro odletové tratě s navigační specifikací RNAV-1. Tyto šířky jsou uvedeny v tabulce 5-2 (viz kapitola 5.2.4). Dále je nutné vypočítat vzdálenosti bodů *c* a *d* pro body KU601 a KU603. Konstrukce ochranného prostoru v zatáčce je provedena pomocí metody větrných spirál. Výpočet větrného efektu je založen na rychlosti větru 30 kt v celkem 6 intervalech měnících se po 30° (od 0° až do hodnoty 180°). Kvůli zdlouhavému postupu výpočtu zde uvedu pouze vypočtené hodnoty větrného efektu v jednotlivých intervalech pro body KU601 a KU603. Tyto hodnoty jsou sepsány v tabulce 7-1.

Postup konstrukce ochranných prostorů je popsán v kapitole 5. Nominální trať, včetně ochranných prostorů, je znázorněna na obrázku 7-1. Sekundární prostor je šrafován zelenou barvou, hranice primárního prostoru je znázorněna červenými čarami. Zelenými čarami jsou znázorněny hranice sekundárního prostoru a nominální trať je zobrazena černou čarou.

Výpočty vzdáleností *c* a *d* pro KU601 (první bod nominální tratě)

$$c = L1 - \left(ATT + \frac{6}{3600} \cdot IAS \right)$$

$$c = 1,4552 - \left(0,8 + \frac{6}{3600} \cdot 180 \right)$$

$$c = 0,355 \text{ NM}$$

- Bod *c* umístíme ve vzdálenosti 0,355 NM od KU601, směrem k DER.

$$d = L1 + ATT$$

$$d = 1,4552 + 0,8$$

$$d = 2,255 \text{ NM}$$

- Bod *d* umístíme ve vzdálenosti 2,255 NM od KU601, směrem k DER.

Výpočty vzdáleností *c* a *d* pro KU603 (druhý bod nominální tratě)

$$c = L1 - \left(ATT + \frac{6}{3600} \cdot IAS \right)$$

$$c = 2,1736 - \left(0,8 + \frac{6}{3600} \cdot 250 \right)$$

$$c = 0,957 \text{ NM}$$

- Bod *c* umístíme ve vzdálenosti 0,957 NM od KU603, směrem k bodu KU601.

$$d = L1 + ATT$$

$$d = 2,1736 + 0,8$$

$$d = 2,974 \text{ NM}$$

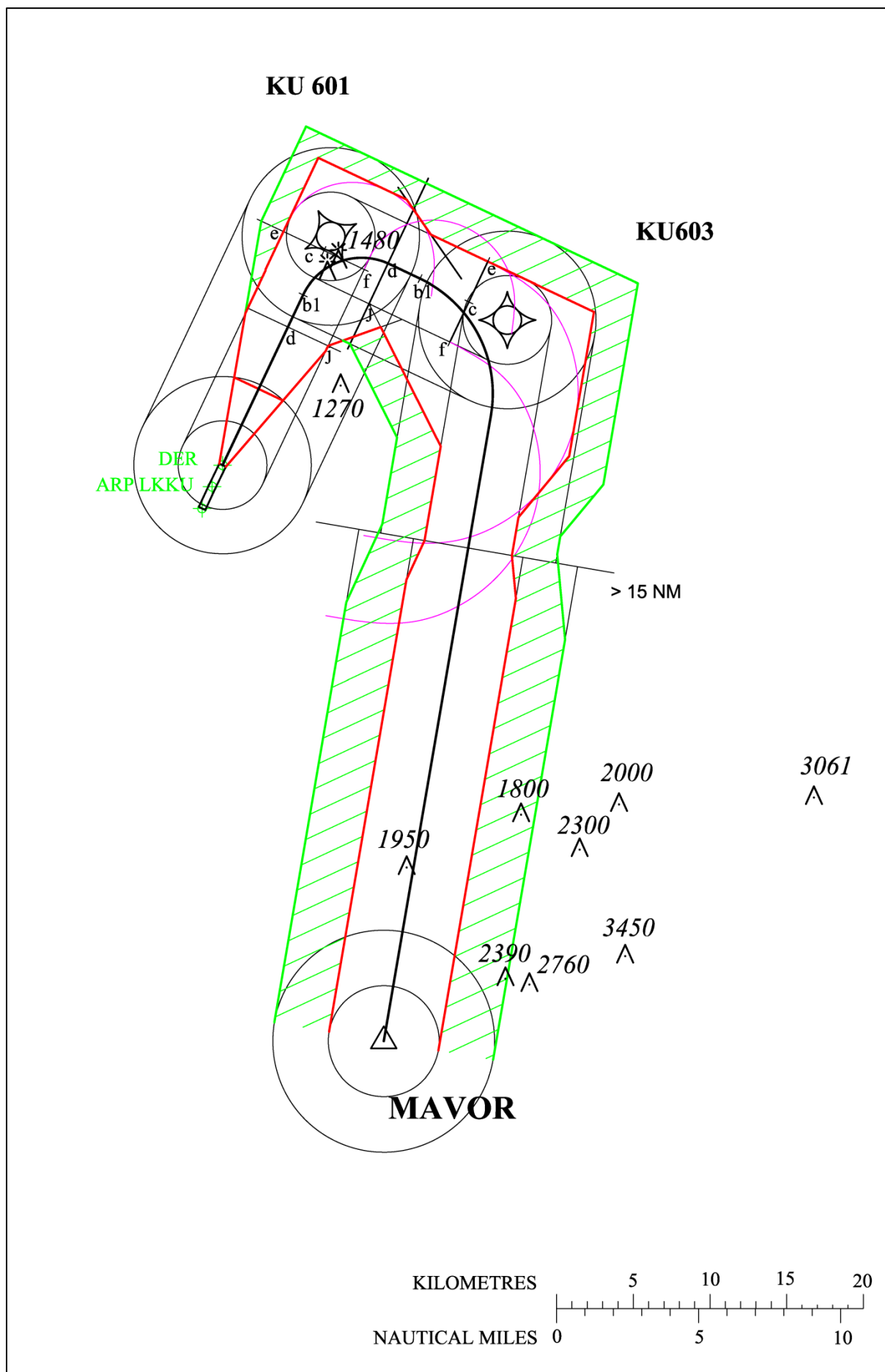
- Bod *d* umístíme ve vzdálenosti 2,974 NM od KU603, směrem k bodu KU601.

Výpočty potřebné k metodě větrných spirál pro KU601 a KU603

Jednotlivé výpočty jsou sepsány v následující tabulce 7-1. Větrné spirály byly konstruovány v souladu s předpisem doc 8168 volume II.

Tabulka 7-1 Výpočet hodnot potřebných pro konstrukci větrné spirály

Větrná spirála / WIND SPIRAL							
	WIND Effect						Úhel natočení
	E_{θ}						$\alpha = \arcsin w/V$
Interval	30°	60°	90°	120°	150°	180°	-
KU601	0.12	0.24	0.36	0.48	0.60	0.72	9.05
KU603	0.17	0.34	0.51	0.68	0.84	1.01	6.42



7.3 Ověření minimální výšky nad překážkami

Nyní je nutné provést kontrolní výpočet toho, zda žádná z překážek nezasahuje do ochranného prostoru navrhované tratě. Bylo nezbytné vyhledat nejvyšší možné překážky, které se vyskytují v ochranném prostoru dané tratě. Tyto překážky jsou sepsány v tabulce 7-2. Za kritickou překážku označím vysílače Topolná, neboť se vyskytují v ose dráhy, a letadlo zde provádí pravou zatáčku směrem na bod KU603. Zde je nutné dodržet minimální výšku na prvním bodě 1780 ft (letadlo musí provést zatáčku 300 ft nad nejvyšší překážkou v ochranném prostoru zatáčky). Počáteční gradient je proto stanoven na hodnotu 5 % až do výšky 1800 ft. V tabulce jsou tudíž sepsány pouze překážky vyšší než 1800 ft, protože právě tyto překážky mohou být dalším důvodem ke změně gradientu. V našem případě bude letadlo vždy výš, než je součet výšky překážky a minimální výšky nad ní. Toto ověření lze provést výpočtem nebo grafickou metodou.

Pozn.: Výpočet je vždy přesnější, avšak k určení hrubého gradientu počátečního stoupání se používá častěji grafická metoda.

Tabulka 7-2 Detailní seznam kritických překážek pro SID MAVOR 1C, [23]

Druh překážky	Nadmořská výška	Zeměpisné souřadnice	Vzdálenost od DER (D)
Vysílače Topolná	1480 ft	N49°7'18.97" E17°30'42.43"	5,7 NM (34634 ft)
Zalesněný vrchol	1800 ft	N48°54'38.463" E17°36'56.851"	20,4 NM (123953 ft)
Vrchol Suchovský Háj	1950 ft	N48°53'26.872" E17°33'2.527"	22 NM (133675 ft)
Vrchol Šibenický Vrch	2390 ft	N48°50'56.528" E17°36'24.837"	24,1 NM (146434 ft)
Vrchol Čapek	2760 ft	N48°50'48.764" E17°37'13.68"	24,2 NM (147042 ft)

7.3.1 Ověření výpočtem

Výška překážky vysílače Topolná

$$H_{A1} = 1480 \text{ ft}$$

Požadovaná výška nad překážkou – vysílače Topolná:

$$H_p = 300 \text{ ft} \rightarrow \text{požadavek předpisů}$$

Minimální výška letu nad překážkou – vysílače Topolná:

$$H_{min} = H_{A1} + H_p$$

$$H_{min} = 1480 + 300 = \mathbf{1780 \text{ ft}}$$

Výpočet počátečního gradientu stoupání:

$$PDG = \frac{H_{min} - (H_{DER} + 16)}{D} \cdot 100$$

$$PDG = \frac{1780 - (581 + 16)}{34634} \cdot 100 = 3,415 \%$$

- Z důvodů popsaných v kapitole 6, volím gradient 5 % (PDG_1) do nadmořské výšky 1800 ft. Výškou 1800 ft zajistím MOC nad vysílači Topolná. Od této výšky bude letadlo stoupat gradientem 3,3 %.
- Tyto hodnoty označíme jako hodnoty zvolené:

$$PDG_1 = 5 \%$$

$$PDG_2 = 3,3 \%$$

$$H_{ZV} = 1800 \text{ ft}$$

Výška letu nad prvním bodem a překážkou - vysílače Topolná:

$$H_{AF} = \frac{PDG_1}{100} \cdot D + H_{DER} + 16$$

$$H_{AF} = \frac{5}{100} \cdot 34634 + 581 + 16 = \mathbf{2330 \text{ ft}}$$

Ověřovací podmínka:

$$H_{AF} \geq H_{min}$$

$$2330 \geq 1780$$

- Podmínka platí

Nyní nám zbývají ověřit ještě 4 překážky. To lze udělat dvěma způsoby. Můžeme si zvolit kritickou překážku a spočítat, jestli nezasáhne do ochranných prostorů, anebo výpočet provedeme pro každou překážku zvlášť. Vzhledem k tomu, že vrchol Čapek nezasahuje horizontálně do ochranných prostorů, lze tuto překážku z těchto výpočtů zcela vypustit. Počet překážek se nám tedy zredukoval na 3. Ověřovací výpočet provedu pro každou překážku zvlášť.

Zalesněný vrcholVýška překážky zalesněný vrchol:

$$H_{A2} = 1800 \text{ ft}$$

Požadovaná výška nad překážkou - zalesněný vrchol:

$$D_0 = \frac{H_{zv} - (H_{DER} + 16)}{PDG_1} \cdot 100$$

$$D_0 = \frac{1800 - (581 + 16)}{5} \cdot 100 = \mathbf{24060 \text{ ft}}$$

Pozn.: počáteční vzdálenost D_0 je ve všech následujících výpočtech stejná.

$$H_p = 0,008 \cdot (D - D_0)$$

$$H_p = 0,008 \cdot (123953 - 24060) = \mathbf{800 \text{ ft}}$$

Pozn.: Zde je nutné od vzdálenosti D odečíst vzdálenost $D_0 = 3,96 \text{ NM}$ (24060 ft), neboť nová rovina OIS začíná ve vzdálenosti právě 3,96 NM od DER (viz graf 7-1).

Minimální výška letu nad překážkou - zalesněný vrchol:

$$H_{min} = H_{A2} + H_p$$

$$H_{min} = 1800 + 800 = \mathbf{2600 \text{ ft}}$$

Výška letu nad překážkou - zalesněný vrchol:

$$H_{AF} = \frac{PDG_2}{100} \cdot (D - D_0) + H_{zv}$$

$$H_{AF} = \frac{3,3}{100} \cdot (123953 - 24060) + 1800 = \mathbf{5097 \text{ ft}}$$

Ověřovací podmínka:

$$H_{AF} \geq H_{min}$$

$$5097 \geq 2600$$

➤ Podmínka platí

Zalesněný vrchol Suchovský Háj

Výška překážky Suchovský Háj:

$$H_{A3} = 1950 \text{ ft}$$

Požadovaná výška nad překážkou - Suchovský Háj:

$$H_p = 0,008 \cdot (D - D_0)$$

$$H_p = 0,008 \cdot (133675 - 24060) = \mathbf{877 \text{ ft}}$$

Minimální výška letu nad překážkou - Suchovský Háj:

$$H_{min} = H_{A2} + H_p$$

$$H_{min} = 1950 + 877 = \mathbf{2827 \text{ ft}}$$

Výška letu nad překážkou - Suchovský Háj:

$$H_{AF} = \frac{PDG_2}{100} \cdot (D - D_0) + H_{zv}$$

$$H_{AF} = \frac{3,3}{100} \cdot (133675 - 24060) + 1800 = \mathbf{5417 \text{ ft}}$$

Ověřovací podmínka:

$$H_{AF} \geq H_{min}$$

$$5417 \geq 2827$$

➤ Podmínka platí

Zalesněný vrchol Šibenický VrchVýška překážky Šibenický Vrch:

$$H_{A3} = 2390 \text{ ft}$$

Požadovaná výška nad překážkou - Šibenický Vrch:

$$H_p = 0,008 \cdot (D - D_0)$$

$$H_p = 0,008 \cdot (146434 - 24060) = \mathbf{980 \text{ ft}}$$

Minimální výška letu nad překážkou - Šibenický Vrch:

$$H_{min} = H_{A2} + H_p$$

$$H_{min} = 2390 + 980 = \mathbf{3370 \text{ ft}}$$

Výška letu nad překážkou - Šibenický Vrch:

$$H_{AF} = \frac{PDG_2}{100} \cdot (D - D_0) + H_{zv}$$

$$H_{AF} = \frac{3,3}{100} \cdot (146434 - 24060) + 1800 = \mathbf{5840 \text{ ft}}$$

Ověřovací podmínka:

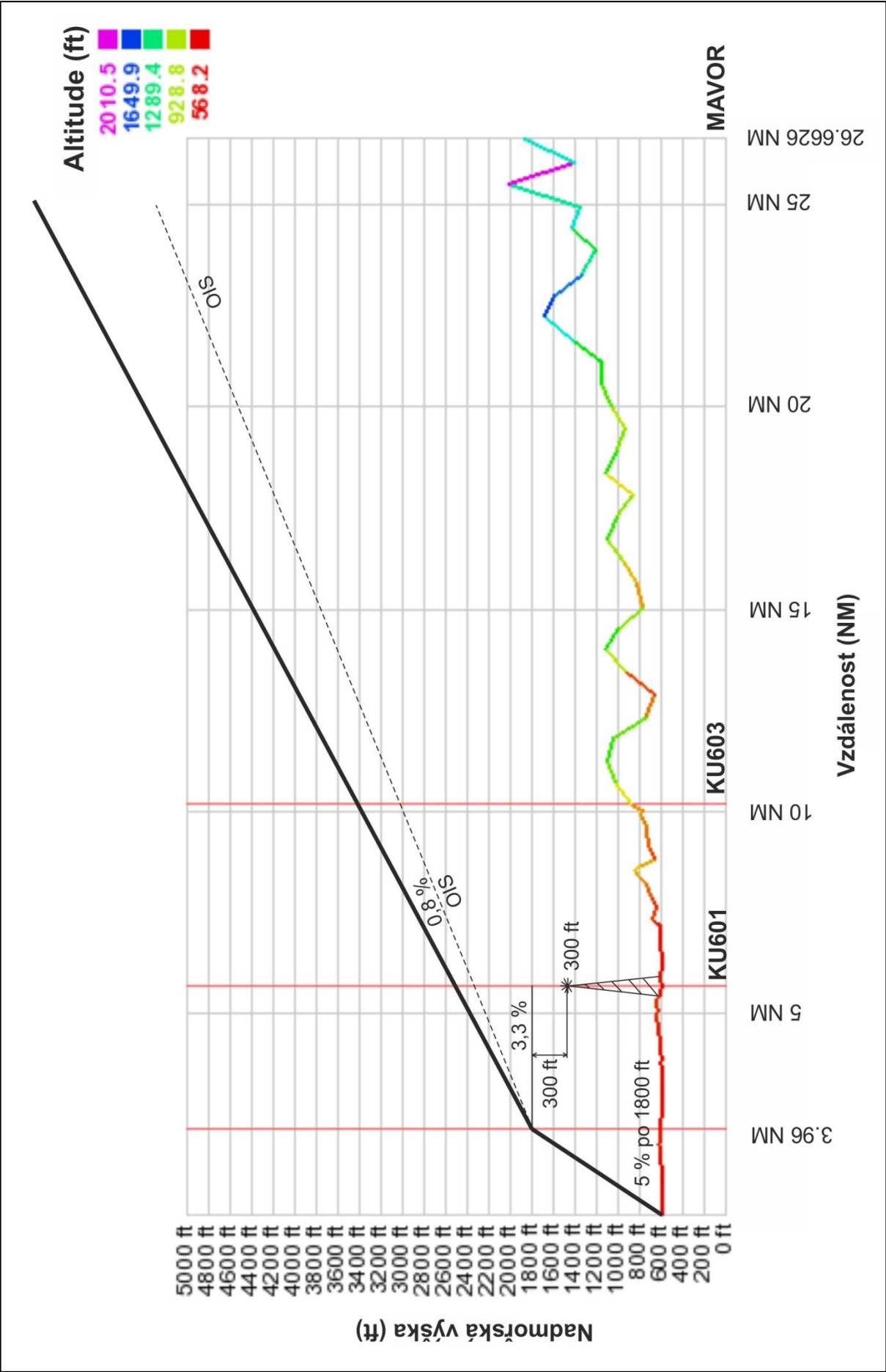
$$H_{AF} \geq H_{min}$$

$$5840 \geq 3370$$

➤ Podmínka platí**7.3.2 Ověření pomocí grafické metody**

U této metody je zapotřebí zjistit výškový profil terénu pod nominální tratí a jejími ochrannými prostory. Je tedy nutné mít k dispozici všechny elevační data dané části terénu. K tomu slouží různé programy. V mém případě jsem použil webové stránky gpsvisualizer.com, kde jsou daná data s odhadovanou přesností 90 m, [20]. Tedy zhruba $\pm 300 \text{ ft}$. Na grafu 7-1 je pod nominální tratí zobrazen pouze výškový profil, nejedná se o zobrazení v celém ochranném prostoru. Výškový profil v celém ochranném prostoru by měl charakter 3D rastru, nikoliv křivky znázorněné na následujícím grafu (7-1). Tato grafická metoda mi sloužila k hrubému navrhnutí PDG.

V grafu je na ose y vynesena nadmořská výška po 200 ft. Na ose x je poté vynesena vzdálenost od DER v námořních mílích. Svislé červené čáry v grafu značí průmět jednotlivých WPT směrem k povrchu Země. V grafu je také naznačena kritická překážka, kvůli které bylo nutno stanovit vyšší gradient stoupání. Tento gradient jsem vzhledem k současnému stavu ponechal na hodnotě 5 %, přičemž by šel snížit až na hodnotu 3,415 %. Mezi důvody, proč jsem nechal PDG na hodnotě 5 %, patří například snížení hlukové zátěže. Výškový profil (křivka v grafu) je tvořen hodnotami, které jsou získané z NASA SRTM3 databáze.



Graf 7-1 Výškový profil terénu pod nominální trati MAVOR 1C, [20]

8 Závěr

V blízké budoucnosti bude nutné nahradit starší typy radionavigačních zařízení za nové přesnější. Této modernizaci se nevyhne ani letiště v Kunovicích, proto je třeba se touto problematikou zabírat již nyní. Zabýval jsem se proto návrhem nových jednotlivých RNAV-1 odletových tratí z dráhy 03C. Pro splnění úkolu jsem se musel blíže seznámit s tímto letištěm. Teoretická část se zabývá nejen historií letiště a jeho umístěním, ale i všemi ostatními možnými vlivy, které musíme brát v potaz při konstrukci tratí. Především se jedná o požadavky uvedené v předpisu doc 8168 volume II, řídících letového provozu a dalších zainteresovaných uživatelů. Velkou oporou pro tvorbu jednotlivých tratí včetně ochranných prostorů mi byl z velké části dokument Guidance Material for the Design of Terminal Procedures for Area Navigation vydaný evropskou organizací Eurocontrol. Stavba nových tratí bude do budoucna nutná, vzhledem ke zvyšující se frekvenci letadel v prostoru TMA Brno.

Všeobecně je konstrukce veškerých tratí, včetně těch odletových, složitou záležitostí. Je velmi těžké zavděčit se všem uživatelům, kteří budou tratě využívat nebo kteří s nimi přijdou do styku. Je však nutné si uvědomit, že každý návrh s sebou nese své výhody i nevýhody. A proto umění konstruktérů těchto tratí nespočívá pouze v jejich samotné konstrukci, nýbrž v hledání kompromisů mezi nimi a optimálního řešení pro daný vzdušný prostor.

V práci jsou řešeny pouze návrhy odletových tratí. Tratě jsou navrhovány tak, aby vyhověly požadavkům, které jsou na ně kladeny z různých stran. Po procesech plánování a konstrukce, které jsou obsaženy v této práci, jsou další nedílnou součástí nutnou k dokončení celé realizace daných odletových tratí procesy validace a implementace. Jednotlivé validace a implementace mají za úkol provést pracovníci divize plánování a rozvoje letových navigačních služeb, přesněji řečeno pracovníci oddělení letových postupů, kteří na to mají potřebné softwarové vybavení. Proto jsem do své práce tyto procesy nezahrnul.

Letiště Kunovice disponuje dvěma pojízďecími drahami, jejichž výjezdy jsou umístěny na prahu RWY 21C, a při vzletu z dráhy 03C je nutné provést *backtrack* po RWY. Na konci RWY nebo v její libovolné délce (záleží na potřebné délce vzletu pro daný typ letadla) se musí letadlo otočit a teprve poté je připraveno ke vzletu z RWY 03C. Tato skutečnost bude mít nejspíše za následek to, že na dané tratě nebudou kladeny tak vysoké požadavky, jako je tomu například v Praze či Brně.

Při návrhu odletových tratí z dráhy 03C jsem počítal i s možnými variantami příletových a odletových tratí, které budou v nejbližší době zpracovány na opačnou dráhu. Dále jsem vzal v potaz příletové tratě směřující na letiště do Brna a okolní vzdušný prostor letiště Kunovice. Výsledkem bylo vytvoření celkem tří variant, které maximálně využívají kapacitu vzdušného prostoru v TMA Brno a minimálně ovlivňují již zavedené či plánované RNAV-1 tratě včetně jednotlivých ATZ zón. Tratě jsou vedeny mimo významně osídlené oblasti, aby hluk vytvářený letadly měl co nejmenší dopad na životní prostředí. Výjimku tvoří oblast okolo Uherského Hradiště, kde letadlo po vzletu směřuje přímo nad město. Ačkoliv se to nezdá,

jedná se o nejvýhodnější způsob odletu. Ale i tak lze vzniklou hlukovou zátěž eliminovat, a to tím, že zvýšíme počáteční gradient stoupání na hodnotu okolo 10-12 %. Při aplikaci tohoto gradientu se počáteční záměr nikterak nezmění a výsledná trať bude téměř shodná s tratěmi, které jsem navrhl.

RNAV-1 tratě, které budou zavedeny na letišti v Kunovicích, jsou výhodnější z několika důvodů. Díky zvýšené přesnosti navigačního vedení letadla po dané trati se zvýší kapacita vzdušného prostoru TMA Brno, čímž se sníží zátěž nejen řídicích letového provozu, ale i pilotů. Po konzultaci s odborníky z ŘLP v Brně se nejlépe jeví varianta číslo 3, která si zachovává jednotlivé výhody RNAV-1 tratí a zároveň splňuje konkrétní požadavky letiště v Kunovicích a jeho okolí. Tato varianta by mohla být po úspěšné validaci a implementaci v blízké době realizována. Všechny mé návrhy jsou přiloženy v přílohách a doplněny o potřebné výpočty.

9 Seznam použitých zdrojů

Právní zákony, předpisy a publikace

- [1] Česká republika. AIC 1/12 : Koncepce rozvoje navigačního prostředí České republiky v období do roku 2020. In Letecká informační služba ŘLP ČR, s.p.. 2012, 4 s.
- [2] EUROCONTROL Guidance Material for the Design of Terminal Procedures for Area Navigation (DME/DME, B-GNSS, Baro-VNAV & RNP-RNAV). 3thedition Brusel: EUROCONTROL, 2003. 271 p.
- [3] EUROCONTROL. *Introducing Performance Based Navigation (PBN) and Advanced RNP (A-RNP)* [online]. 2010 [cit. 2013-01-21]. Dostupné z: <<http://www.ecacnav.com/downloads/Introducing%20PBN&A-RNP%20print.pdf>>
- [4] EUROCONTROL. *RNAV Approaches* [online]. 2010 [cit. 2013-01-21]. Dostupné z: <<http://www.ecacnav.com/downloads/RNAV%20Approaches%20Leaflet.pdf>>
- [5] CHARTING NOTICE: Type A or Type B Note on RNAV SID and STAR Procedures. In: *CHARTING NOTICE* [online]. 2005 [cit. 2013-01-21]. Dostupné z: <http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/enroute/rvsm/documents/Charting_Notice_RNAV_SIDS_STARS.pdf>
- [6] ICAO: Doc 8168 Procedures for Air Navigation Services – Aircraft Operations – Volume I – Flight procedures. 5thedition Montréal: ICAO, 2006. 368 p.
- [7] ICAO: Doc 8168 Procedures for Air Navigation Services – Aircraft Operations – Volume II – Constructions of Visual and Instrument Flight Procedures. 5thedition Montréal: ICAO, 2006. 783 p.
- [8] ICAO: Doc 9613 Performance-based Navigation (PBN) Manual. 3rdedition Montréal: ICAO, 2008. 294 p. ISBN 978-92-9231-198-8
- [9] KULČÁK, Ludvík. *Air Traffic Managemet*. Brno: CERM, 2002, 314 s. ISBN 80-720-4229-7.

- [10] NAVIGATION APPLICATION & NAVAID INFRASTRUCTURE STRATEGY FOR THE ECAC AREA UP TO 2020. In: *ECAC strategy and implemantion plan* [online]. 2. vyd., 15 May 2008 [cit. 2013-01-21]. Dostupné z: <<http://www.ecacnav.com/downloads/NAV%20Application%20+%20NAVAID%20Infrastructure%20Strategy%2015MAY08%20Agreed%20at%20SCG-8.pdf>>
- [11] Řízení letového provozu ČR, Letecká informační služba. AIP ČR: Letecká informační příručka České republiky. Jeneč: LIS RLP ČR, s. p., 2012.
- [12] SOLDÁN, Vladimír. *Letové postupy a provoz letadel*. 1. vyd. Jeneč: Letecká informační služba Řízení letového provozu České republiky, 2007, 214 s. ISBN 978-80-239-8595-5.
- [13] ZVOLÁNEK, J. *Návrh RNAV SID a STAR tratí pro letiště Brno Tuřany*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 82 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Slavomír Vosecký, CSc.
- [14] ŽÁDOST O ZAPSÁNÍ E8 /RNAV-1/P-RNAV/ DO PROVOZNÍ SPECIFIKACE K AOC. In: *ŽÁDOST O ZAPSÁNÍ E8 /RNAV-1/P-RNAV/ DO PROVOZNÍ SPECIFIKACE K AOC* [online]. Rev.1. Praha, 8. 10. 2012 [cit. 2013-01-21]. Dostupné z: <www.caa.cz/file/6281_1_1/>

Elektronické zdroje

- [15] Airlines.net [online]. 2013 [cit. 2013-04-02]. Dostupné z: <<http://www.arliners.net/>>
- [16] *Aircraft Industries - LET, LETADLO, KUNOVICE, AIRPORT* [online]. [2006] [cit. 2013-01-21]. Dostupné z: <<http://www.let.cz/index.php>>
- [17] BŘUSKA, Martin. *RE: FE: Statistika LKKU* [elektronická pošta]. Příjemce: <tom.dostal@atlas.cz>. 19. února 2013; 13:16 SEČ [cit. 2013-04-02]. Osobní komunikace
- [18] DUKA, Tomáš. *Diplomová práce Kunovice* [elektronická pošta]. Příjemce: <tom.dostal@atlas.cz>. 1. března 2013; 09:06 SEČ [cit. 2013-04-10]. Osobní komunikace
- [19] *EUROCONTROL Navigation Domain* [online]. © 2002-2013 [cit. 2013-01-21]. Dostupné z: <<http://www.ecacnav.com/>>
- [20] *GPS Visualiser* [online]. © 2003-2013 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <<http://www.gpsvisualizer.com/>>

- [21] Kunovické letiště oslavilo významné výročí. *Lectví.cz :: Letecký informační server* [online]. 2003, 1. 9. 2003 [cit. 2013-01-21]. Dostupné z: <<http://www.lectvi.cz/lectvi/Article3151.html>>
- [22] Letové provozní služby. *Řízení letového provozu* [online]. 2013 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: <http://www.rlp.cz/generate_page.php?page_id=460>
- [23] *Mapy.cz* [online]. © 2001 - 2013 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <<http://www.mapy.cz/>>
- [24] Navigation Programs - History - Satellite Navigations Contribution to RNAV/RNP. *FAA* [online]. 2009, 08/17/09 [cit. 2013-01-21]. Dostupné z: <http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techo/na/servicess/history/rnav/index.cfm>
- [25] Navigation Programs - Satellite Navigation. *FAA* [online]. 2013+, 01/15/13 [cit. 2013-01-21]. Dostupné z: <http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techo/na/servicess/gnss/approaches/index.cfm>
- [26] NGDC Geomagnetic Calculator. *NOAA National Geophysical Data Center (NGDC): National oceanic and atmospheric administration* [online]. 2013 [cit. 2013-05-03]. Dostupné z: <<http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/#declination>>
- [27] VESELÝ, Petr. *Šablona CTA BRNO* [flashdisk]. Brno, 2013. Rozpracovaná disertační práce Petra Veselého. Nepublikováno

10 Seznam zkratek

Anglické zkratky:

ACC	Area Control Centre	Oblastní služba řízení
AFIS	Aerodrome Flight Information Service	Letištní letová informační služba
AIC	Aeronautical Information Circular	Letecký informační oběžník
AIP	Aeronautical Information Publication	Letecká informační příručka
ALR	Alerting	Pohotovost (druh zprávy)
APP	Approach Control Office	Přibližovací služba řízení
APV	Approach Procedure with Vertical guidance	Postupy přiblížení s vertikálním vedením
A-RNP	Advanced-RNP	Rozšířené navigační specifikace
ARP	Aerodrome Reference Point	Vztažný bod letiště
ASDA	Accelerate-stop distance available	Použitelná délka přerušeného vzletu
ASC	Ascend to	Stoupejte do
ATIS	Automatic Terminal Information Service	Automatická informační služba v koncové řízené oblasti
ATC	Air traffic control	Řízení letového provozu
ATM	Air Traffic Management	Uspořádání letového provozu
ATS	Air Traffic Service	Letové provozní služby
ATZ	Aerodrome Traffic Zone	Letištní provozní zóna
B-RNAV	Basic-RNAV	Základní prostorová navigace
CNS	Communication navigation surveillance	Komunikace, navigace, přehled o vzdušné situaci
COM	Communication	Komunikace
CTR	Control Zone	Řízený okrsok
DME	Distance Measuring Equipment	Měřič vzdálenosti
ECAC	European Civil Aviation Conference	Evropská konference pro civilní letectví
EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay System	Evropský WASS
EUROCONTROL	European Organisation for the Safety of Air Navigation	Evropská organizace pro bezpečnost leteckého provozu
FIR	Flight Information Region	Letová informační oblast
FIS	Flight Information Service	Letová informační služba
FL	Flight Level	Letová hladina

FMS	Flight Management System	Systém pro řízení a optimalizaci letu
GBAS	Ground-based Augmentation System	Systém rozšiřování možností GPS úpravami pozemních zařízení
GLONASS	Globalnaja navigacionnaja sputnikovaja sistema	Globální navigační systém (Rusko)
GND	Ground	Země
GNNS	Global Navigation Satellite System	Globální družicový navigační systém
GPS	Gobal Positioning System	Globální systém měření polohy
IAF	Initial Approach Fix	Fix počátečního přiblížení
ICAO	International Civil Aviation Organization	Mezinárodní organizace pro civilní letectví
IFR	Instrument Flight Rules	Pravidla pro let podle přístrojů
ILS	Instrument Landing System	Systém přesného přiblížení na přistání
IRS/INS	Inertial Reference System/Inertial Navigation System	Inerční referenční systém/ inerční navigační systém
LDA	Landing distance available	Použitelná délka přistání
LNAV	Lateral Navigation	Směrové vedení letadla
LPV	Localizer Performance with Vertical guidance	Výkonnost směrového majáku s vertikálním vedením
MAPt	Missed approach point	Bod nezdařeného přiblížení
MCTR	Military Control Zone	Vojenský řízený okresek
MLS	Microwave Landing System	Mikrovlnný přistávací systém
MNM	Minimum	Minimální, minimum
MOC	Minimum Obstacle Clearance	Minimální výška nad překážkami
MRVA	Minimum Radar Vectoring Altitude	Minimální výška pro radarové vektorování
MTMA	Military Teminal Control Area	Vojenská koncová řízená oblast
NAV	Navigatin	Navigace
NDB	Non-Directionl Beacon	Všesměrový maják
NM	Nautical Mile	Námořní míle
OM	Outer Marker	Vnější polohové návestidlo
PBN Manual	Performance-based Navigation Manual	Manuál navigační výkonnosti
PCN	Pavement Classification Number	Klasifikační číslo vozovky

PDG	Procedure Design Gradient	Návrhový gradient pro daný postup
P-RNAV/RNAV 1	Precision-RNAV	Přesná prostorová navigace v TMA
RNAV	Random Navigation	Prostorová navigace
RNP	Radio Navigation Performance	Navigační specifikace
RNP APCH	RNP Approach	Navigační specifikace na přiblížení
RWY	Runway	Vzletová a přistávací dráha
SBAS	Satellite-based augmentation system	Systém s družicovým rozšířením
SID	Standart Instrument Departure	Standartní přístrojový odlet
STAR	Standart Terminal Arrival Route	Standartní přístrojové přiblížení
SUR	Surveillance	Přehled o vzdušné situaci
SWY	Stopway	Dojezdová dráha
TMA	Terminal Control Area	Koncová řízená oblast
TODA	Take-off distance available	Použitelná délka vzletu
TORA	Take-off run available	Použitelná délka rozjezdu
TWR	Aerodrome Control Tower	Letištní řídicí věž
USA	United States of America	Spojené státy americké
UTC	Universal Coordinated Time	Koordinovaný světový čas
VFR	Visual fligh Rules	Pravidla pro let za viditelnosti země
VNAV	Vertical Navigation	Vertikální vedení letadla
VOR	VHF Omnidirectional Radio Range	VKV všesměrový radiomaják
WAAS	Wide Area Augmentation System	Systém rozšíření pro velké oblasti
WPT	Waypoint	Virtuální bod na trati

České zkratky:

ČR	Česká Republika
LAA ČR	Letecká amatérská asociace České Republiky
LPS	Letové provozní služby
SLZ	Sportovní letecká zařízení

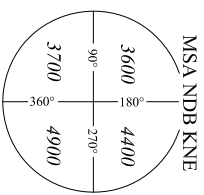
11 Seznam příloh

Příloha 1	Varianty RNAV-1 odletových tratí (zeměpisné kurzy)	Počet stran: 3
Příloha 2	Varianty RNAV-1 odletových tratí (magnetické kurzy)	Počet stran: 3
Příloha 3	Zeměpisné souřadnice virtuálních bodů jednotlivých variant	Počet stran: 1
Příloha 4	Tabulky výpočtů nutných pro konstrukci odletových tratí	Počet stran: 6
Příloha 5	Změny magnetické deklinace	Zdroj: [26], Počet stran: 1
Příloha 6	Současná mapa odletových tratí (SID RWY 03C)	Zdroj: [11], Počet stran: 1
Příloha 7	Současná mapa RNAV-1 příletových tratí letiště v Brno – Tuřany (RNAV STAR RWY 28 LKTB)	Zdroj: [11], Počet stran: 1
Příloha 8	Konstrukce větrné spirály	Zdroj: [7] Počet stran: 1
Příloha 9	Letištní mapa LKKU	Zdroj: [11], Počet stran: 2
Příloha 10	Mapa minimálních výšek pro radarové vektorování v prostoru CTR Tuřany a TMA/CTA Brno	Zdroj: [11], Počet stran: 1
Příloha 11	Šablona vzdušného prostoru CTA Brno a jeho okolí	Zdroj: [27], Počet stran: 1
Příloha 12	Třídy vzdušného prostoru	Zdroj: [9], Počet stran: 1
Příloha 13	Traťová mapa spodního vzdušného prostoru České Republiky (GND – FL 245)	Zdroj: [11], Počet stran: 1

Příloha 1

Varianty RNAV-1 odletových tratí (zeměpisné kurzy)

VARIANTA 1



KUNOVICE TOWER 120,1

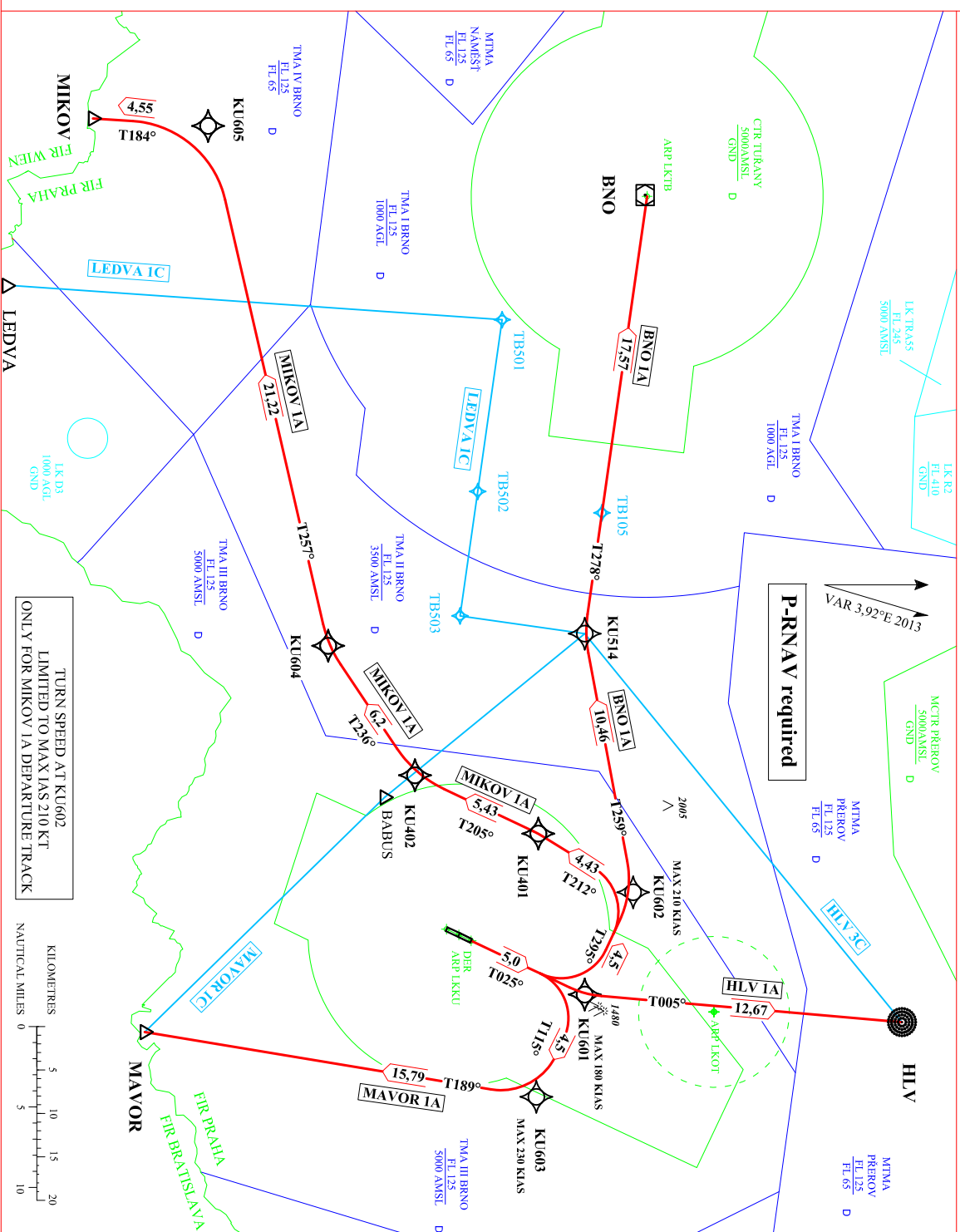
TRANSITION ALTITUDE:
5000FT

BEARINGS, TRACKS AND
RADIALS ARE MAGNETIC
ALTITUDES AND ELEVATIONS
ARE IN FEET
DISTANCES ARE IN NM

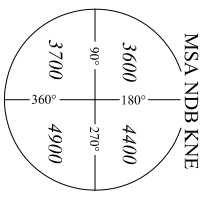
DEPARTURE SPEED LIMIT	
AT KU601	MAX IAS 180 KT
AT KU602 ONLY FOR MIKOV 1A DEPARTURE	MAX IAS 210 KT
AT KU603	MAX IAS 230 KT
BELOW FL 100	MAX IAS 250 KT

STANDARD DEPARTURE CHART
INSTRUMENT (SID) - ICAO

RNAV SID - RWY 03C
KUNOVICE



VARIANTA 2



KUNOVICE TOWER 120,1

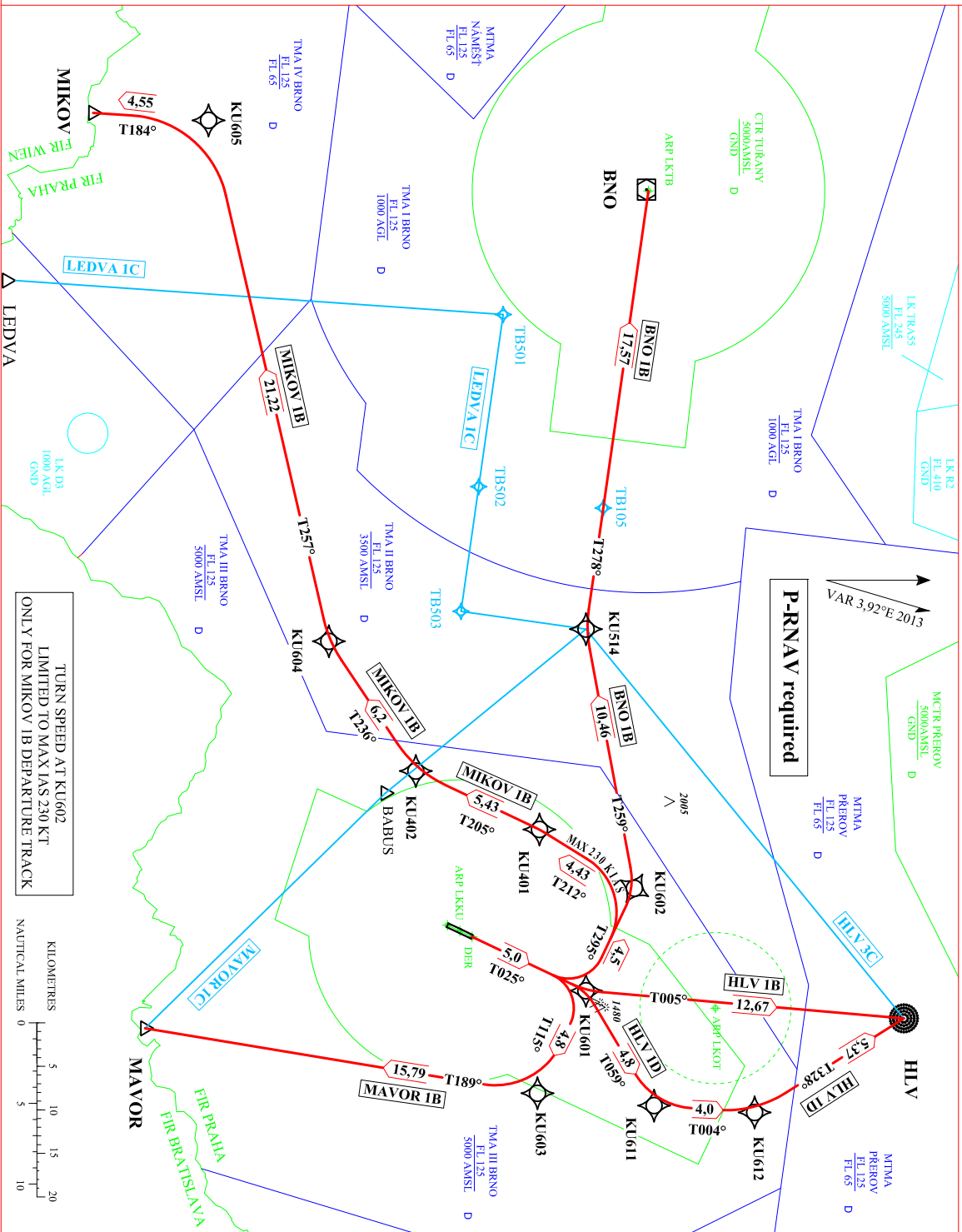
TRANSITION ALTITUDE
5000FT

BEARINGS, TRACKS AND
RADIALS ARE MAGNETIC
ALTITUDES AND ELEVATIONS
ARE IN *FEET*
DISTANCES ARE IN *NM*

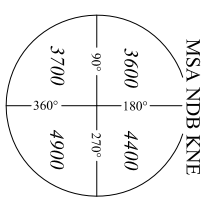
DEPARTURE SPEED LIMIT	
AT KU601	MAX IAS 180 KT
AT KU602 ONLY FOR MIKOV 1B DEPARTURE	MAX IAS 230 KT
BELOW FL 100	MAX IAS 250 KT

STANDART DEPARTURE CHART
INSTRUMENT (SID) - ICAO

RNAV SID - RWY 03C
KUNOVICE



VARIANTA 3



KUNOVICE TOWER 120,1

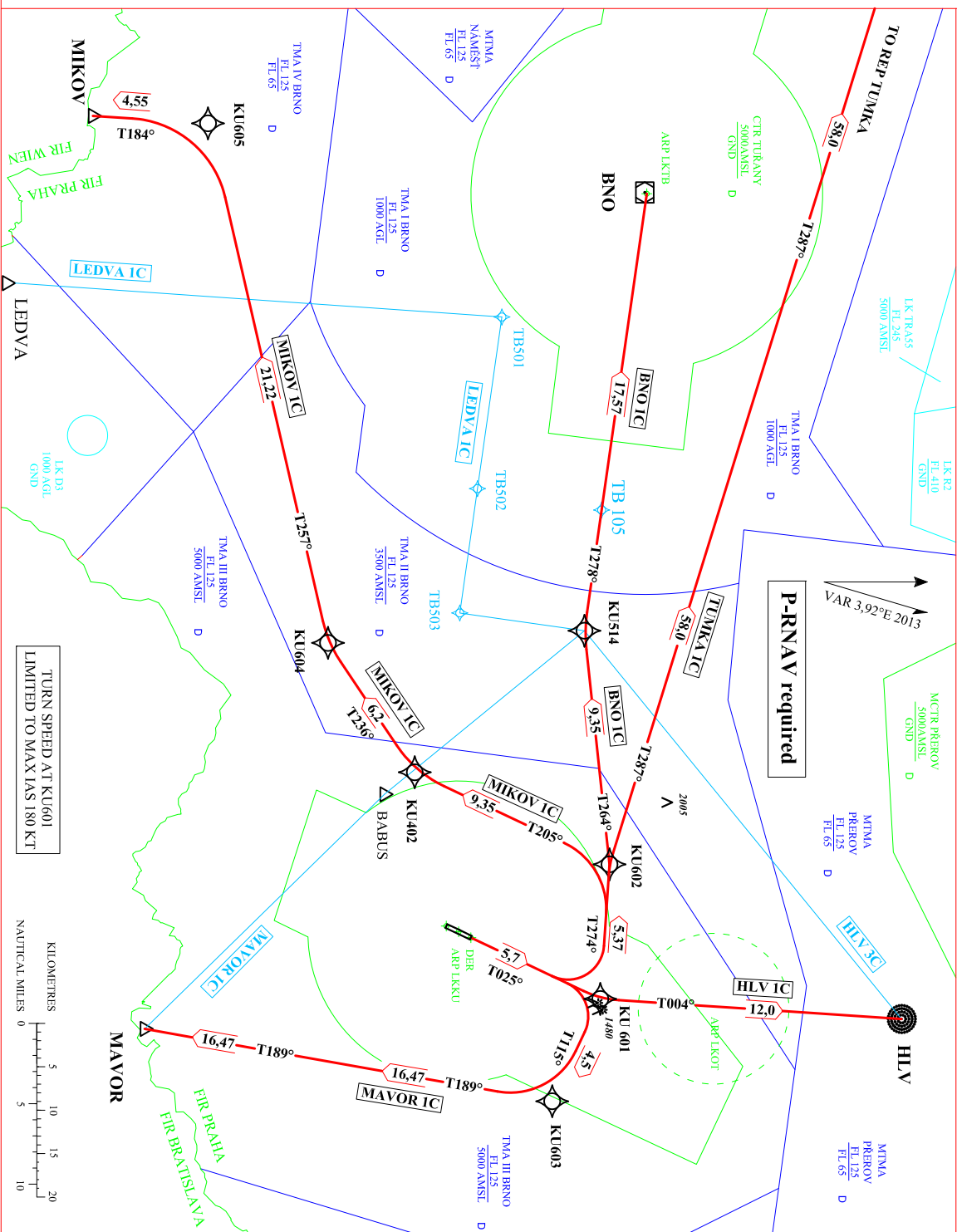
TRANSITION ALTITUDE
5000FT

BEARINGS, TRACKS AND
RADIALS ARE MAGNETIC
ALTITUDES AND ELEVATIONS
ARE IN FEET
DISTANCES ARE IN NM

DEPARTURE SPEED LIMIT	
AT KU601	MAX IAS 180 KT
BELOW FL 100	MAX IAS 250 KT

STANDARD DEPARTURE CHART
INSTRUMENT (SID) - ICAO

RNAV SID - RWY 03C
KUNOVICE



TURN SPEED AT KU601
LIMITED TO MAX IAS 180 KT



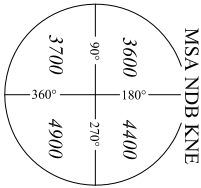
Příloha 2

Varianty RNAV-1 odletových tratí (magnetické kurzy)

STANDARD DEPARTURE CHART
INSTRUMENT (SID) - ICAO

RNAV SID - RWY 03C
KUNOVICE

VARIANTA 1

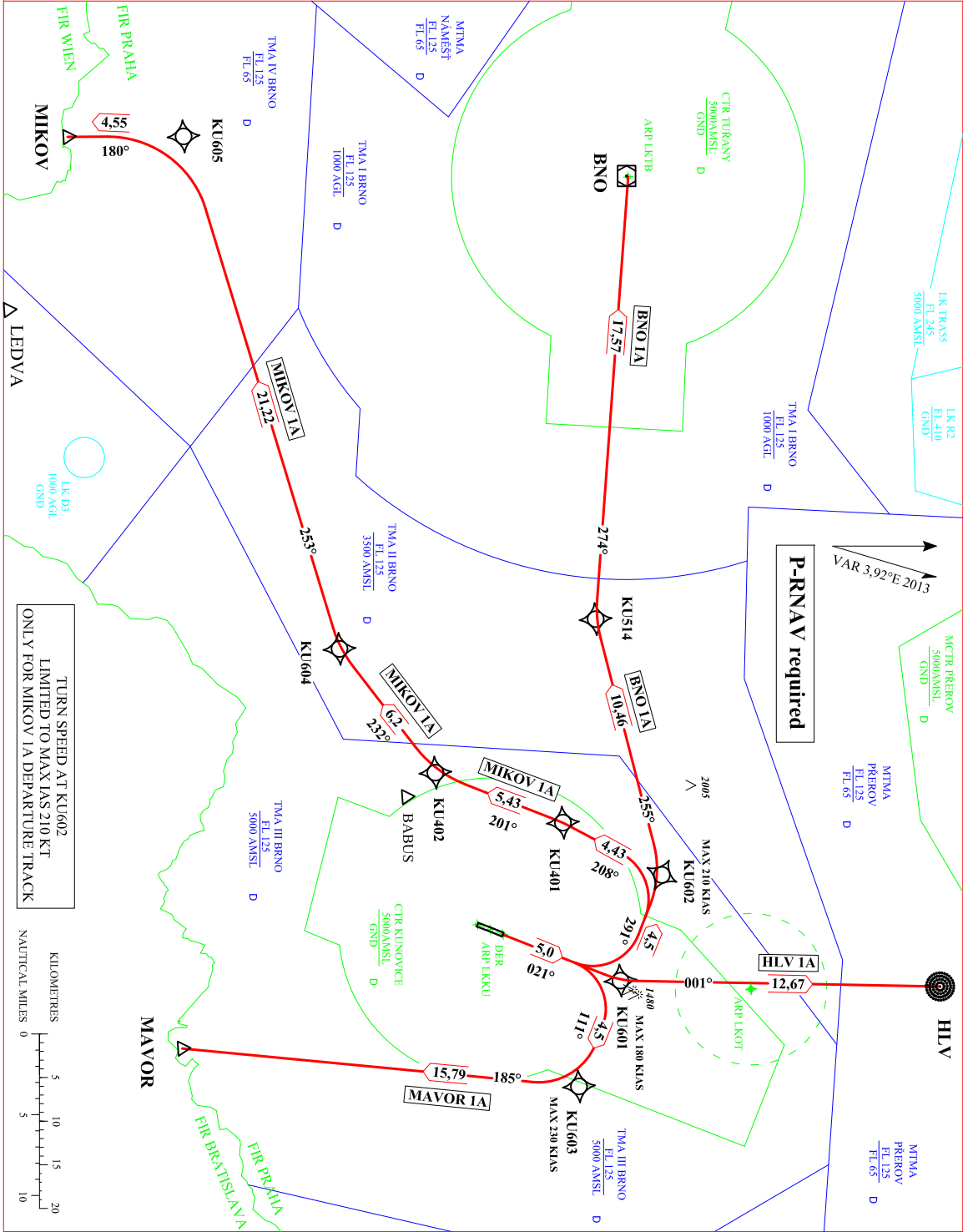


KUNOVICE TOWER 120,1

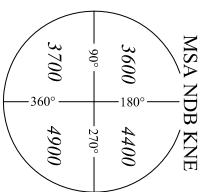
TRANSITION ALTITUDE:
5000FT

BEARINGS, TRACKS AND
RADIALS ARE MAGNETIC
ALTITUDES AND ELEVATIONS
ARE IN *FEET*
DISTANCES ARE IN *NM*

DEPARTURE SPEED LIMIT	
AT KU601	MAX IAS 180 KT
AT KU602 ONLY FOR MIKOV 1A DEPARTURE	MAX IAS 210 KT
AT KU603	MAX IAS 230 KT
BELOW FL 100	MAX IAS 250 KT



VARIANTA 2

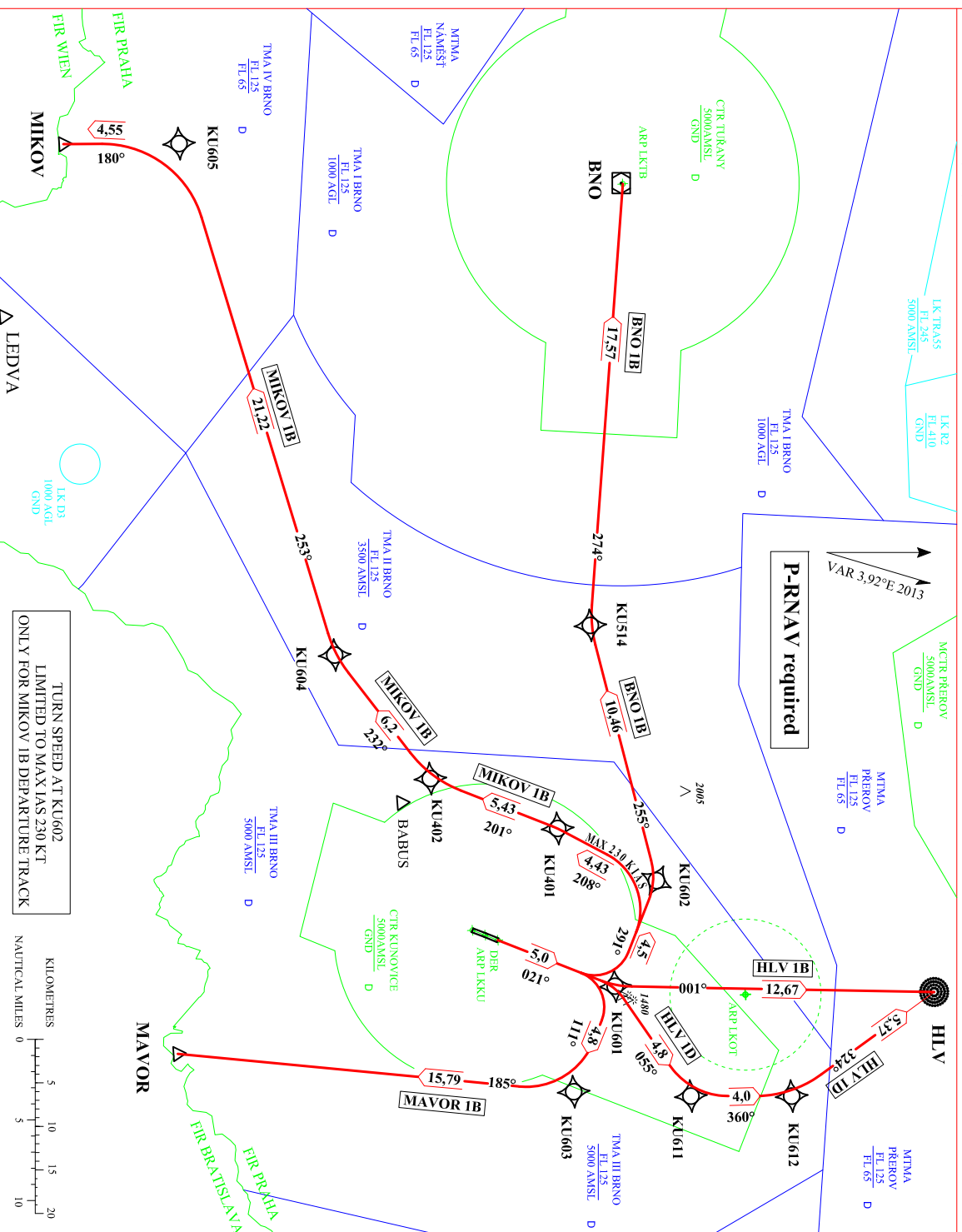


KUNOVICE TOWER 120,1

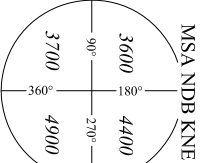
TRANSITION ALTITUDE
5000 FT

BEARINGS, TRACKS AND
RADIALS ARE MAGNETIC
ALTITUDES AND ELEVATIONS
ARE IN *FEET*
DISTANCES ARE IN *MM*

DEPARTURE SPEED LIMIT	
AT KU601	MAX IAS 180 KT
AT KU602 ONLY FOR MIKOV 1B DEPARTURE	MAX IAS 230 KT
BELOW FL 100	MAX IAS 250 KT

STANDARD DEPARTURE CHART
INSTRUMENT (SID) - ICAORNAV SID - RWY 03C
KUNOVICE

VARIANTA 3

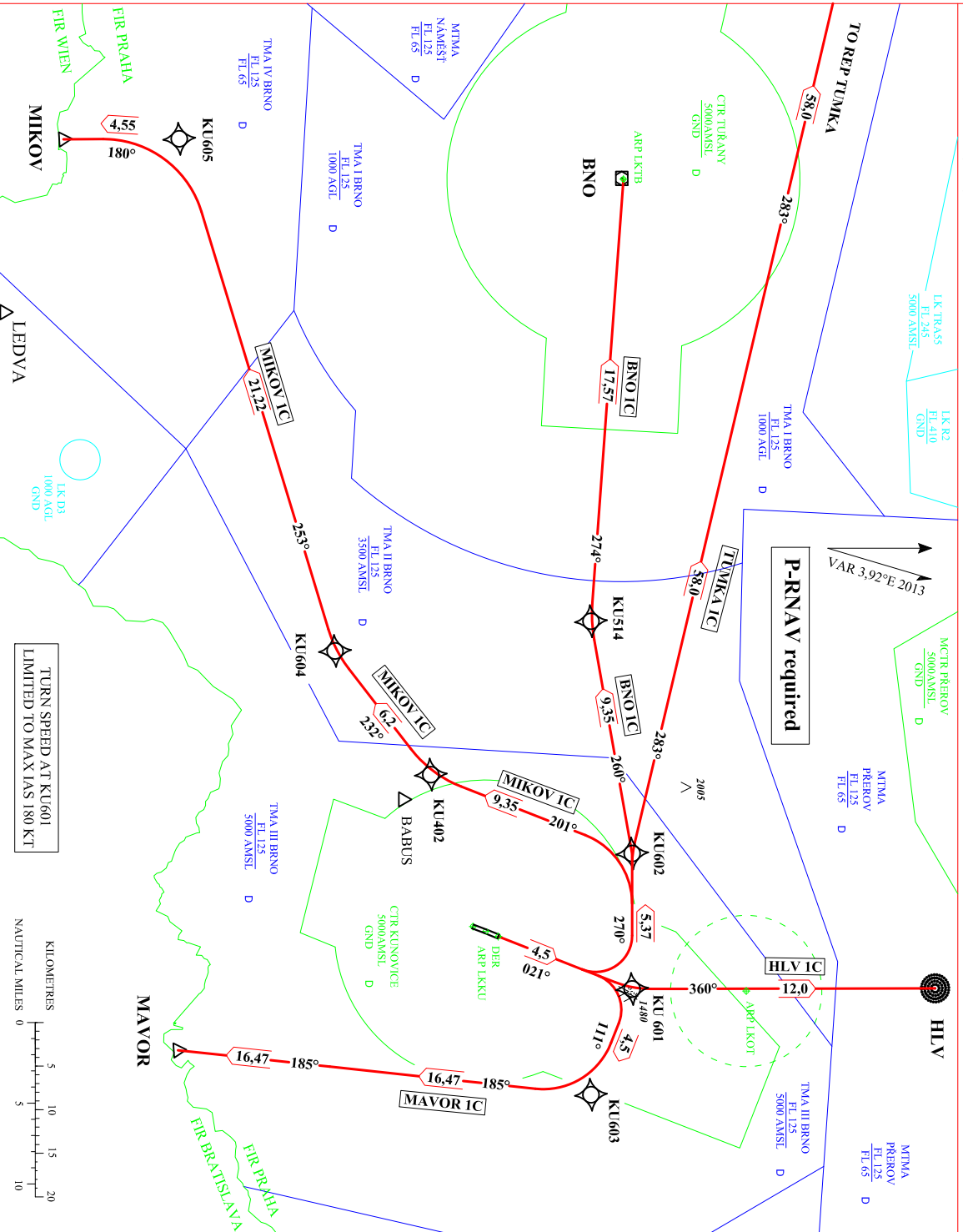


KUNOVICE TOWER 120,1

TRANSITION ATLITUDE
5000FT

BEARINGS, TRACKS AND
RADIALS ARE MAGNETIC
ALTITUDES AND ELEVATIONS
ARE IN *FEET*
DISTANCES ARE IN *NM*

DEPARTURE SPEED LIMIT	
AT KU601	MAX IAS 180 KT
BELOW FL 100	MAX IAS 250 KT

STANDARD DEPARTURE CHART
INSTRUMENT (SID) - ICAO**RNAV SID - RWY 03C
KUNOVICE**

Příloha 3

Zeměpisné souřadnice virtuálních bodů jednotlivých variant

Variantá 1

Seznam traťových bodů / Waypoint list

KU401	N49°4'55.03"	E17°20'15.03"
KU402	N49°0'1.201"	E17°16'44.543"
KU514	N49°6'44"	E17°8'8.48"
KU601	N49°6'45.883"	E17°30'0.3"
KU602	N49°8'40.813"	E17°23'48.383"
KU603	N49°4'50.621"	E17°36'11.739"
KU604	N48°56'34.364"	E17°8'55.427"
KU605	N48°51'44.704"	E16°37'36.268"

Variantá 2

Seznam traťových bodů / Waypoint list

KU401	N49°4'55.03"	E17°20'15.03"
KU402	N49°0'1.201"	E17°16'44.543"
KU514	N49°6'44"	E17°8'8.48"
KU601	N49°6'45.883"	E17°30'0.3"
KU602	N49°8'40.813"	E17°23'48.383"
KU603	N49°4'50.621"	E17°36'11.739"
KU604	N48°56'34.364"	E17°8'55.427"
KU605	N48°51'44.704"	E16°37'36.268"
KU611	N49°9'12.235"	E17°36'17.879"
KU612	N49°13'11.469"	E17°36'42.977"

Variantá 3

Seznam traťových bodů / Waypoint list

KU402	N49°0'1.201"	E17°16'44.543"
KU514	N49°6'44"	E17°8'8.48"
KU601	N49°7'23.783"	E17°30'27.749"
KU602	N49°7'45.437"	E17°22'18.411"
KU603	N49°5'28.521"	E17°36'39.267"
KU604	N48°56'34.364"	E17°8'55.427"
KU605	N48°51'44.704"	E16°37'36.268"

Příloha 4

Tabulky výpočtů nutných pro konstrukci odletových tratí

VARIANTA 1

Odletová trať	BOD	Vzdálenost	Úhel zatáčky	Úhel náklonu	IAS	Nadmořská výška	PDG		TAS	Rychlost zatáčení
Departure route	POINT	Distance	Turn angle	Bank angle	IAS	Altitude	PDG	ΔT	TAS	Rate of turn
		(NM)			(kts)	(ft)	(%)		(kts)	(stupně/sec)
MIKOV 1A	KU601	5	90	15	180	1812	4	15	189.68	1.5428
	KU602	4.5	84	20	210	2906	4 po KU 602	15	224.96	1.7669
	KU 401	4.43	6	15	250	3794	3.3	15	271.44	1.0781
	KU402	5.43	31	15	265	4883	3.3	15	292.55	1.0003
	KU604	6.2	21	15	265	6126	3.3	15	298.20	0.9813
	KU605	21.22	73	20	265	10381	3.3	15	318.81	1.2468
	TO MIKOV	4.55	-	-	265	11293	3.3	-	-	-
BNO 1A	KU601	5	90	15	180	1812	4	15	189.68	1.5428
	KU602	4.5	36	15	250	2906	4 po KU 602	15	267.81	1.0927
	TB514	10.46	19	15	265	5003	3.3	15	293.09	0.9984
	TO BNO	17.57	-	-	265	8526	3.3	-	-	-
HLV 1A	KU601	5	20	15	250	1810	4 po 1800ft	15	263.44	1.1108
	TO HLV	12.67	-	-	265	4351	3.3	-	-	-
MAVOR 1A	KU601	5	90	15	180	1812	4	15	189.68	1.5428
	KU603	4.5	74	20	230	2906	4 po KU 603	15	246.39	1.6133
	TO MAVOR	15.79	-	-	265	6072	3.3	-	-	-

[illegible]

VARIANTA 2

Odletová trať Departure route	BOD POINT	Vzdálenost Distance (NM)	Úhel zatáčky Turn angle	Úhel náklonu Bank angle	IAS (kts)	Nadmořská výška Altitude (ft)	PDG (%)	ΔT	TAS (kts)	Rychlost zatáčení Rate of turn (stupně/sec)
MIKOV 1B	KU601	5	90	20	180	2116	5	15	190.5460	2.0861
	KU602	4.5	84	20	230	3319	5 po 3000ft	15	247.9339	1.6032
	KU401	4.43	6	15	250	4207	3.3	15	273.1560	1.0713
	KU402	5.43	31	15	265	5296	3.3	15	294.4110	0.9940
	KU604	6.2	21	15	265	6539	3.3	15	300.1148	0.9751
	KU605	21.22	73	20	265	10794	3.3	15	320.9160	1.2386
	TO MIKOV	4.55	-	-	265	11706	3.3	-	-	-
BNO 1B	KU601	5	90	20	180	2116	5	15	190.5460	2.0861
	KU602	4.5	24	15	250	3319	5 po 3000ft	15	269.4933	1.0859
	TB514	10.46	19	15	265	5416	3.3	15	294.96	0.9921
	TO BNO	17.57	-	-	265	8939	3.3	-	-	-
HLV 1B	KU601	5	20	15	250	1810	4 po 1800ft	15	263.4352	1.1108
	TO HLV	12.67	-	-	265	4351	3.3	-	-	-
HLV 1D	KU 601	5	34	15	180	1810	4 po 1800ft	15	189.68	1.5428
	KU611	4.8	55	20	250	2773	3.3	15	246.39	1.6133
	KU612	4	36	15	265	3575	3.3	15	286.7726	1.0204
	TO HLV	7.57	-	-	265	5092	3.3	-	-	-
MAVOR 1B	KU601	5	90	20	180	2009	5 po 1800ft	15	190.24	2.0895
	KU603	4.5	74	20	250	2911	3.3	15	267.84	1.4841
	TO MAVOR	15.79	-	-	265	6077	3.3	-	-	-

[illegible]

VARIANTA 3										
Odletová trať Departure route	BOD POINT	Vzdálenost Distance (NM)	Úhel zatáčky Turn angle	Úhel náklonu Bank angle	IAS IAS (kts)	Nadmořská výška Altitude (ft)	PDG PDG (%)	ΔT	TAS TAS (kts)	Rychlost zatáčení Rate of turn (stupně/sec)
MIKOV 1C	KU601	5.7	111	20	180	2149	5 po 1800ft	15	190.6403	2.0851
	KU602	5.37	69	20	250	3226	3.3	15	269.1132	1.4771
	KU 401	8.57	31	15	265	4944	3.3	15	292.8255	0.9993
	KU402	6.2	21	15	265	6187	3.3	15	298.4840	0.9804
	KU604	21.22	73	20	265	10442	3.3	15	319.1167	1.2456
	KU605	4.55	-	-	265	11354	3.3	-	-	-
	TO MIKOV	5.7	111	20	180	2149	5 po 1800ft	15	190.6403	2.0851
BNO 1C	KU601	5.7	111	20	180	2149	5 po 1800ft	15	190.6403	2.0851
	KU602	5.37	4	15	250	3226	3.3	15	269.1132	1.0874
	TB514	9.35	18	15	265	5100	3.3	15	293.5286	0.9969
	TO BNO	17.57	-	-	265	8623	3.3	-	-	-
HLV 1C	KU601	5.7	22	15	250	2149	5 po 1800ft	15	264.7782	1.1052
	TO HLV	12	-	-	265	4555	3.3	-	-	-
MAVOR 1C	KU601	5.7	90	20	180	2149	5 po 1800ft	15	190.6403	2.0851
	KU603	4.5	74	20	250	3051	3.3	15	268.4038	1.4810
	TO MAVOR	15.79	-	-	265	6072	3.3	-	-	-
TUMKA 1C	KU601	5.7	111	20	180	2149	5 po 1800ft	15	190.6403	2.0851
	KU602	5.37	13	15	250	3226	3.3	15	269.1144	1.0874
	TO TUMKA	58	-	-	265	14856	3.3	-	-	-

[illegible]

Příloha 5

Změny magnetické deklinace

Latitude:	49° 1' 46" N	Deklinace na LKKU		
Longitude:	17° 26' 23" E			
Elevation:	581.0 F			
		přepočet na desetinné číslo		
Date	Declination (+ E - W)	Inclination (+ D - U)	Declination (+ E - W)	Inclination (+ D - U)
2000-01-01	2° 34' 10"	65° 9' 28"	2.57°	65.16°
2001-01-01	2° 39' 31"	65° 10' 9"	2.66°	65.17°
2002-01-01	2° 44' 53"	65° 10' 51"	2.75°	65.18°
2003-01-01	2° 50' 14"	65° 11' 32"	2.84°	65.19°
2004-01-01	2° 55' 34"	65° 12' 12"	2.93°	65.2°
2005-01-01	3° 0' 55"	65° 12' 53"	3.02°	65.21°
2006-01-01	3° 7' 19"	65° 13' 17"	3.12°	65.22°
2007-01-01	3° 13' 42"	65° 13' 41"	3.23°	65.23°
2008-01-01	3° 20' 5"	65° 14' 5"	3.33°	65.23°
2009-01-01	3° 26' 27"	65° 14' 28"	3.44°	65.24°
2010-01-01	3° 32' 50"	65° 14' 51"	3.55°	65.25°
2011-01-01	3° 40' 17"	65° 15' 13"	3.67°	65.25°
2012-01-01	3° 47' 44"	65° 15' 35"	3.8°	65.26°
2013-01-01	3° 55' 11"	65° 15' 56"	3.92°	65.27°
Change/year	7.4'	0.3'	0.12°	0.01°

Latitude:	49° 09' 05" N	Deklinace na LKTB		
Longitude:	16° 41' 38" E			
Elevation:	778.0 F			
		přepočet na desetinné číslo		
Date	Declination (+ E - W)	Inclination (+ D - U)	Declination (+ E - W)	Inclination (+ D - U)
2000-01-01	2° 23' 15"	65° 13' 10"	2.39°	65.22°
2001-01-01	2° 28' 42"	65° 13' 51"	2.48°	65.23°
2002-01-01	2° 34' 9"	65° 14' 31"	2.57°	65.24°
2003-01-01	2° 39' 36"	65° 15' 11"	2.66°	65.25°
2004-01-01	2° 45' 3"	65° 15' 51"	2.75°	65.26°
2005-01-01	2° 50' 29"	65° 16' 31"	2.84°	65.28°
2006-01-01	2° 56' 56"	65° 16' 53"	2.95°	65.28°
2007-01-01	3° 3' 23"	65° 17' 16"	3.06°	65.29°
2008-01-01	3° 9' 49"	65° 17' 38"	3.16°	65.29°
2009-01-01	3° 16' 15"	65° 17' 59"	3.27°	65.3°
2010-01-01	3° 22' 41"	65° 18' 20"	3.38°	65.31°
2011-01-01	3° 30' 12"	65° 18' 40"	3.5°	65.31°
2012-01-01	3° 37' 42"	65° 18' 59"	3.63°	65.32°
2013-01-01	3° 45' 11"	65° 19' 18"	3.75°	65.32°
Change/year	7.5'	0.3'	0.12°	0.01°

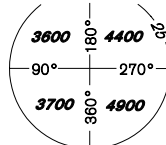
Příloha 6

Současná mapa odletových tratí (SID RWY 03C)

STANDARD DEPARTURE CHART INSTRUMENT (SID) - ICAO

KUNOVICE TOWER 120,100

MSA NDB KNE



KUNOVICE RWY 03C

BEARINGS, TRACKS AND
RADIALS ARE MAGNETIC
ALTITUDES AND ELEVATIONS
ARE IN FEET
DISTANCES ARE IN NM

VAR 3°E 2005

TRANSITION ALTITUDE
5000ft

HOLEŠOV
NDB 448
HLV
49°19'22"N
017°31'42"E

MTMA I
PREROV
FL 65
1000 AGL D

MTMA III
PREROV
FL 125
FL 65 D

MTMA II
PREROV
FL 125
FL 65 D

CTR
TURANY
5000 AMSL
GND D

TMA III
BRNO
FL 125
5000 AMSL D

TO VOR/DME BNO
BNO 1G
14,00 - 275°
NESVO
R-095 BNO

TMA II
BRNO
FL 125
3500 AMSL D

TMA I
BRNO
FL 125
1000 AGL D

MIKOV 1G
18,20

1814

245°

6,78

2,28

203°

248°

ODM 088° KUN

1480

1800

KUNOVICE
NDB/MKR 416
KUN
49°06'50"N
017°30'05"E

KUNOVICE
NDB/MKR 434
KNE
49°02'47"N
017°27'08"E

CTR
KUNOVICE
5000 AMSL
GND D

BOLMU

MIKOV 1G
17,93
R-045 STO
TO REP MIKOV

TMA IV
BRNO
FL 125
FL 65 D

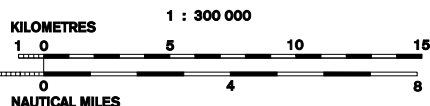
TMA III
BRNO
FL 125
5000 AMSL D

FIR PRNVA
FIR BRATISLAVA

MAVOR 1G
13,93

ODM 343° KNE

pass at 4600
or above
MAVOR



change: vertical limit of TRA 65

Příloha 7

Současná mapa RNAV-1 příletových tratí letiště v Brno – Tuřany
(RNAV STAR RWY 28 LKTB)

RNAV STANDARD ARRIVAL CHART INSTRUMENT (STAR) - ICAO

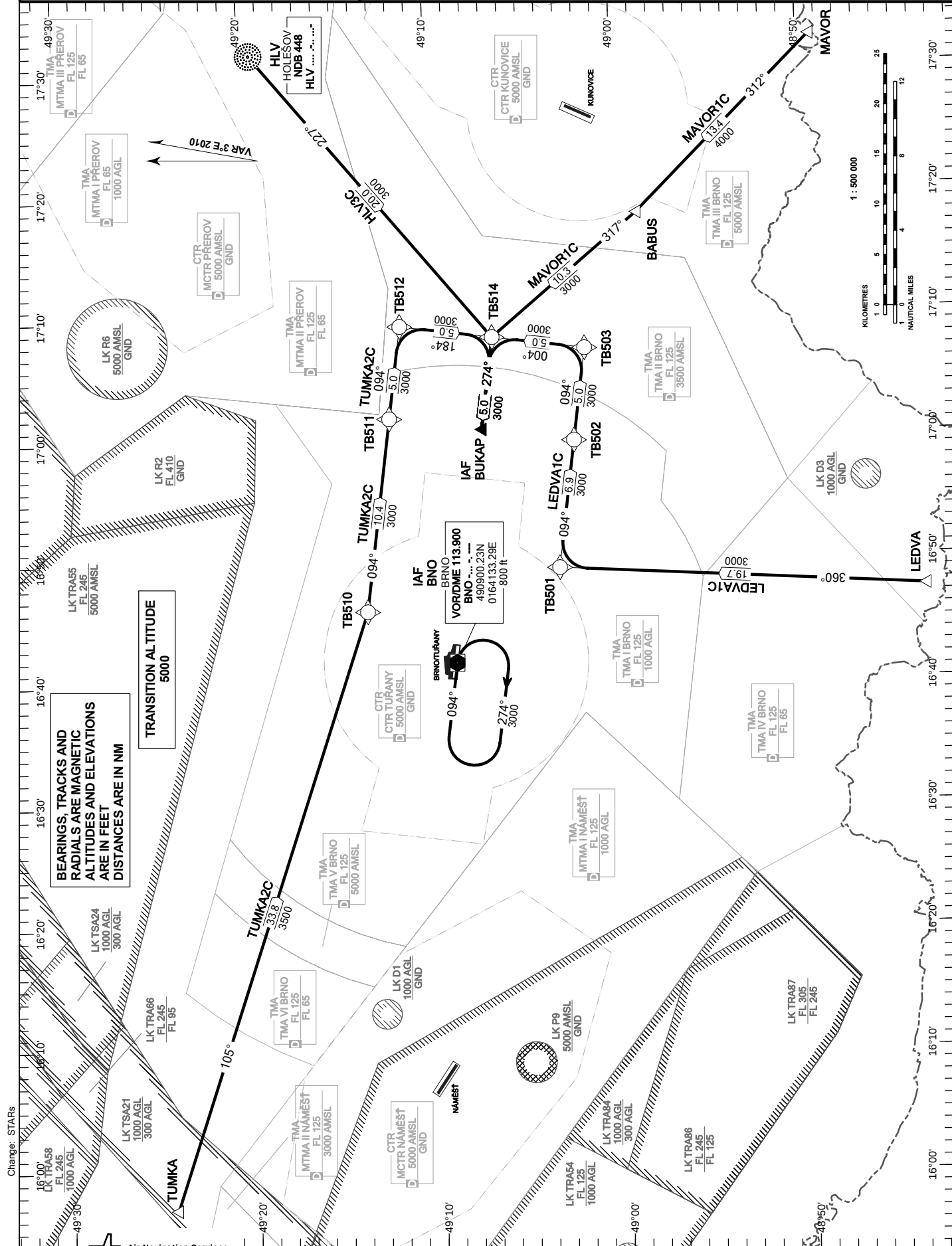
BRNO APPROACH / RADAR

TUŘANY TOWER
TUŘANY GROUND
TUŘANY ATIS
EMERGENCY FREQ

120.550
119.900
119.600
125.425
131.100
121.500



BRNO/TUŘANY
RWY 28



Příloha 8

Konstrukce větrné spirály

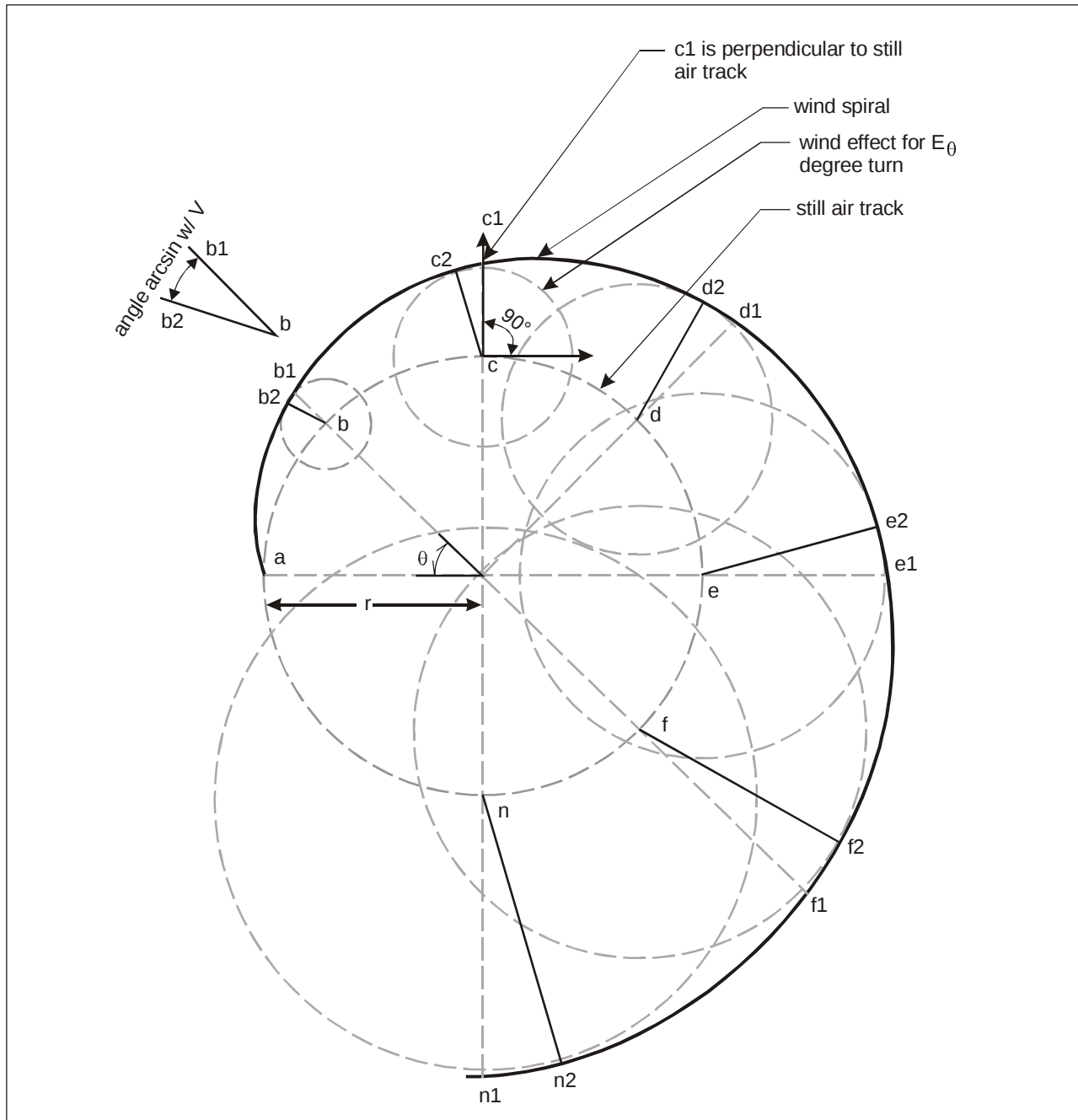


Figure I-2-3-4 Wind spiral

Příloha 9

Letištní mapa LKKU

ARP

49°01'46"N
17°26'23"E

KUNOVICE TWR

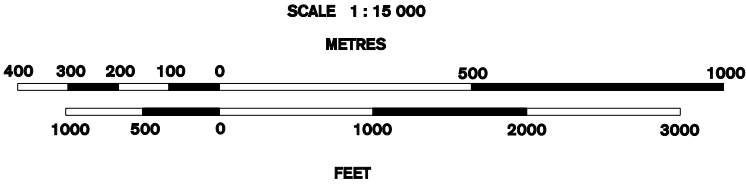
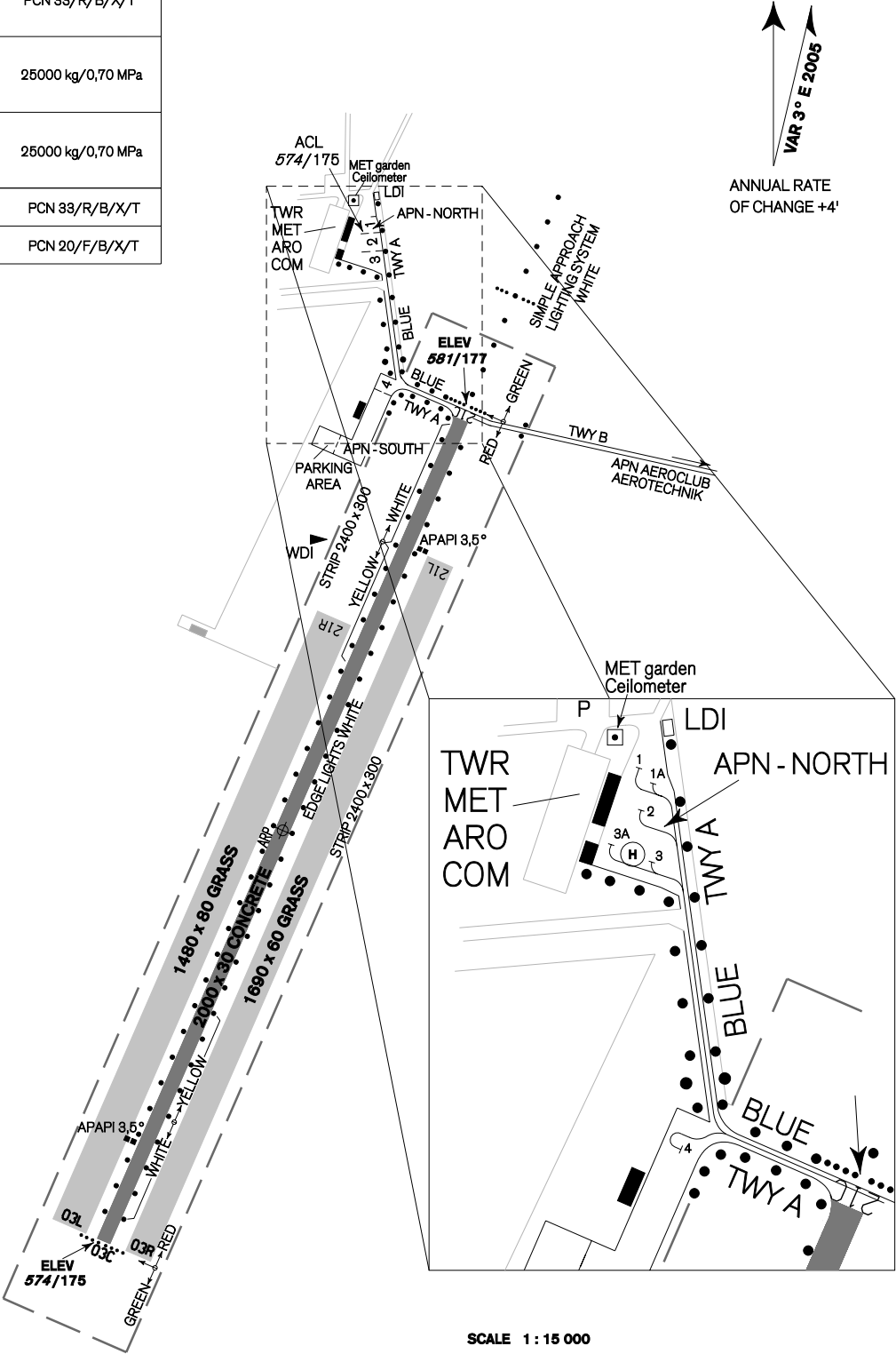
120,100

ELEV 581 ft/177 m

AERODROME CHART - ICAO
KUNOVICE

RWY	DIRECTION	THR	BEARING STRENGHT
03C	023°	49 01 16,62N 17 26 02,36E	PCN 33/R/B/X/T
21C	203°	49 02 15,11N 17 26 44,57E	
03R	023°	-	25000 kg/0,70 MPa
21L	203°	-	
03L	023°	-	25000 kg/0,70 MPa
21R	203°	-	
TAXIWAYS		TWY A	PCN 33/R/B/X/T
		TWY B	PCN 20/F/B/X/T

ELEVATIONS IN FEET/METRES
DIMENSIONS IN METRES
BEARINGS ARE MAGNETIC

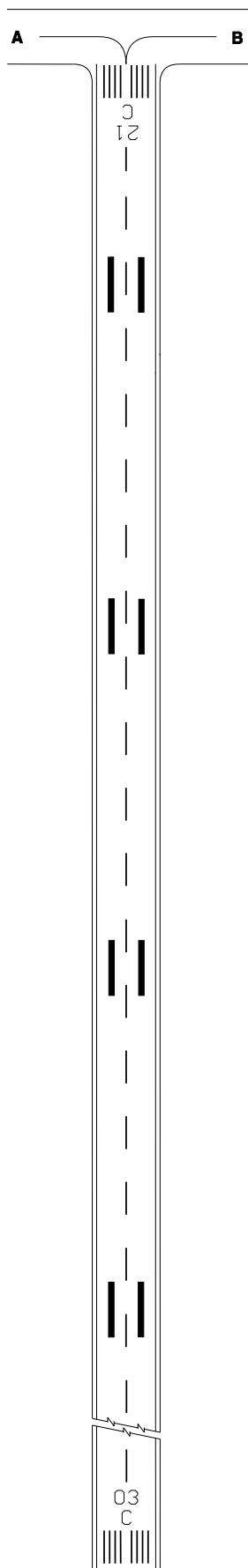


change: cellometer, MET garden



AERODROME CHART - ICAO - MARKINGS ON MANOEUVRING AREA

KUNOVICE

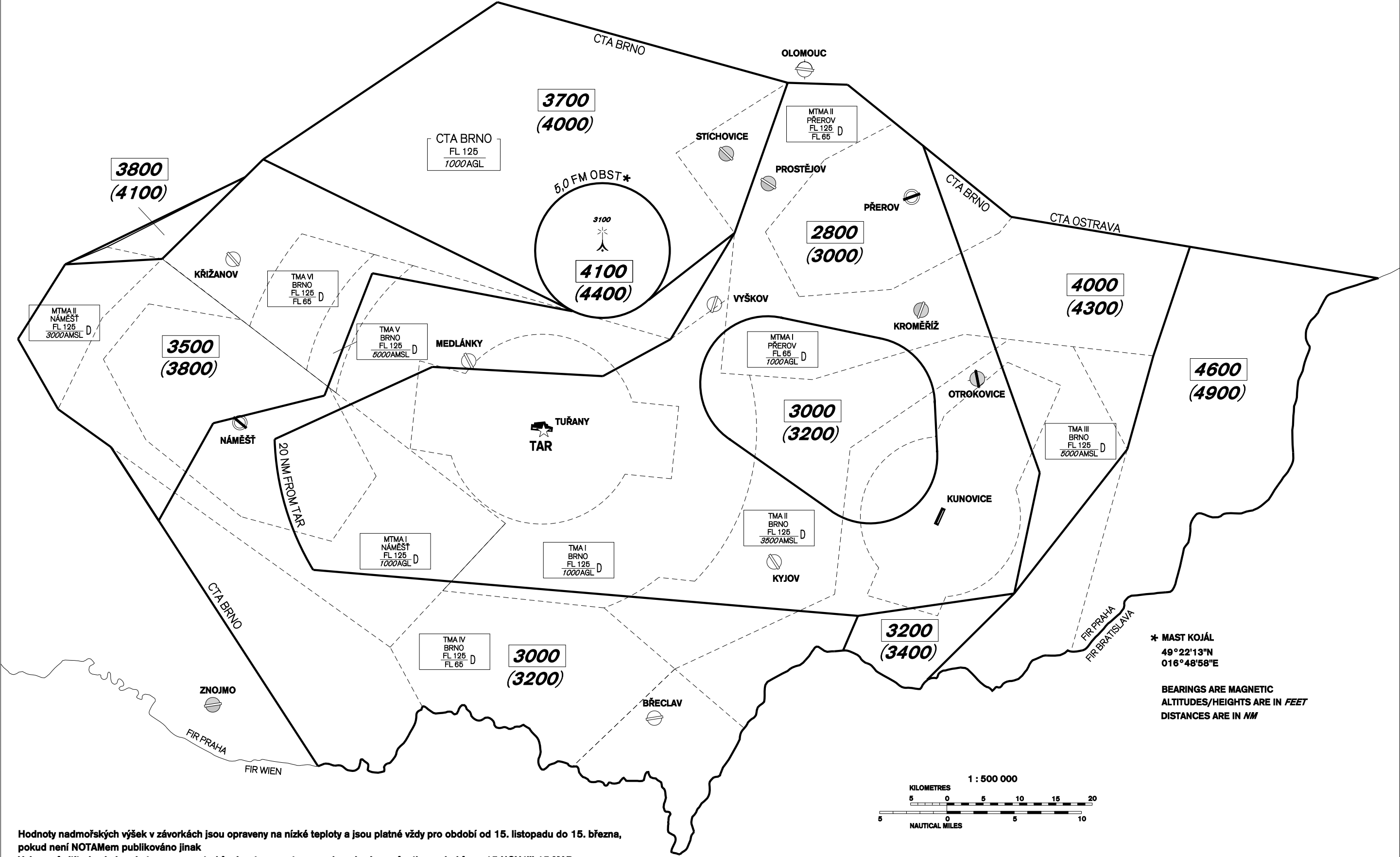


change: new chart

Příloha 10

Mapa minimálních výšek pro radarové vektorování v prostoru CTR Tuřany
a TMA/CTA Brno

Mapa minimálních nadmořských výšek pro radarové vektorování v prostoru CTR Tuřany a TMA/CTA Brno
Minimum radar vectoring altitudes chart within CTR Tuřany and TMA/CTA Brno

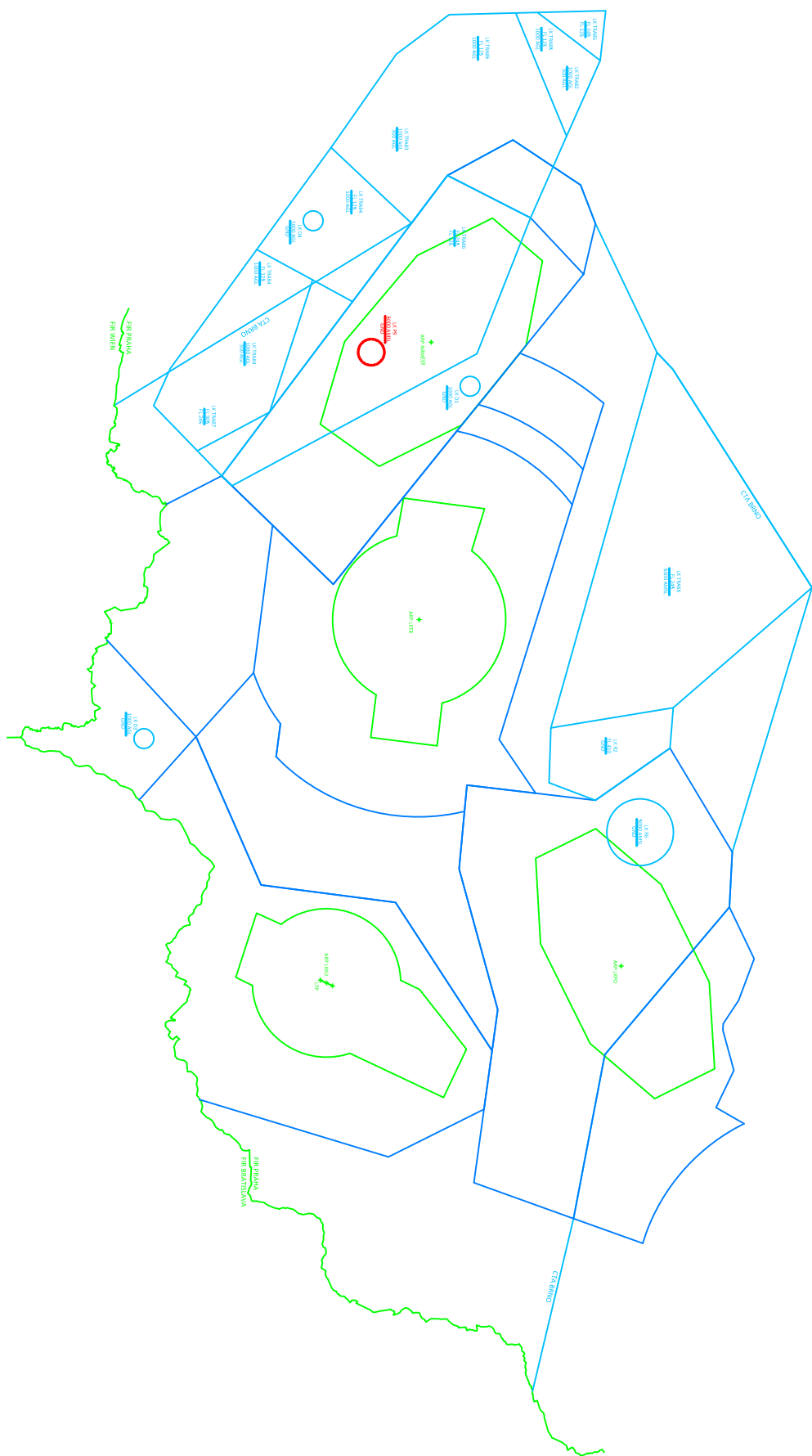


change: chart revision

Hodnoty nadmořských výšek v závorkách jsou opraveny na nízké teploty a jsou platné vždy pro období od 15. listopadu do 15. března, pokud není NOTAMem publikováno jinak
Values of altitudes in brackets are corrected for low temperatures and apply always for the period from 15 NOV till 15 MAR, unless published otherwise by a NOTAM

Příloha 11

Šablona vzdušného prostoru CTA Brno a jeho okolí



Příloha 12

Třídy vzdušného prostoru

Třída	Povolený druh provozu	Zajišťovaný rozestup	Poskytovaná služba	Omezení rychlosti	Požadavky na rádiové spojení	Podléhá letovému povolení
A	Pouze IFR	IFR od IFR IFR od VFR	Služba řízení letového provozu	Neuplatňuje se	Stále obousměrné	Ano
B	IFR	IFR od IFR IFR od VFR	Služba řízení letového provozu	Neuplatňuje se	Stále obousměrné	Ano
	VFR	IFR od IFR IFR od VFR	Služba řízení letového provozu	Neuplatňuje se	Stále obousměrné	Ano
C	IFR	IFR od IFR IFR od VFR	Služba řízení letového provozu	Neuplatňuje se	Stále obousměrné	Ano
	VFR	VFR od IFR	služba řízení letového provozu pro zajištění rozstupu od IFR letů informace o provozu VFR (a na žádost i radu k vyhnutí)	250 KT IAS pod FL 100	Stále obousměrné	Ano
D	IFR	IFR od IFR	služba řízení letového provozu včetně informace o VFR letech (a provozní informace vyhnout se provozu na žádost	250 KT IAS pod FL 100	Stále obousměrné	Ano
	VFR	Nezajišťují se	Informace o provozu mezi VFR a IFR lety (a na žádost provozní informace vyhnout se provozu)	250 KT IAS pod FL 100	Stále obousměrné	Ano
E	IFR	IFR od IFR	služba řízení letového provozu včetně informace o VFR letech pokud je to proveditelné	250 KT IAS pod FL 100	Stále obousměrné	Ano
	VFR	Nezajišťují se	Informace o provozu, pokud je to možné.	250 KT IAS pod FL 100	Neuplatňuje se	Ne
F	IFR	IFR od IFR pokud je to proveditelné	Letová poradní služba, letová informační služba	250 KT IAS pod FL 100	Stále obousměrné	Ne
	VFR	Nezajišťují se	letová informační služba	250 KT IAS pod FL 100	Neuplatňuje se	Ne
G	IFR	Nezajišťují se	letová informační služba	250 KT IAS pod FL 100	Stále obousměrné	Ne
	VFR	Nezajišťují se	letová informační služba	250 KT IAS pod FL 100	Neuplatňuje se	Ne

Příloha 13

Trat'ová mapa spodního vzdušného prostoru České Republiky
(GND – FL 245)

