



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Jakub Sehnal

**Studie proveditelnosti zavedení LPV přiblížení na letišti
České Budějovice**

Bakalářská práce

2017

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

d ě k a n

Konviktská 20, 110 00 Praha 1



K621..... **Ústav letecké dopravy**

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Jakub Sehnal

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – PIL – Profesionální pilot

Název tématu (česky): **Studie proveditelnosti zavedení LPV přiblížení na letišti České Budějovice**

Název tématu (anglicky): Feasibility study of LPV approach implementation at České Budějovice airport

Zásady pro vypracování

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

- Systémy GNSS, pozemní a satelitní augmentační systém
- RNAV přiblížení a jeho rozdělení
- Letiště České Budějovice a jeho současný stav
- Návrh a studie proveditelnosti LPV přiblížení na letišti
- Ekonomický dopad na letiště



- Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího bakalářské práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Letecký předpis L14- Letiště
Letecký předpis L8168- Provoz letadel-letadlové postupy
Němec Marek- Návrh GNSS pro letiště Roudnice- Diplomová práce, ČVUT FD 2015

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jakub Kraus, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce:

25. října 2015

(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce:

28. srpna 2017

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

doc. Ing. Stanislav Szabo, PhD. MBA

vedoucí
Ústavu letecké dopravy



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

děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

- Jakub Sehnal -
jméno a podpis studenta

V Praze dne 30. prosince 2016

Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Jakobovi Krausovi, Ph.D za odborné vedení, konzultace, připomínky a poskytnuté materiály k bakalářské práci a všem, kteří mi poskytli potřebné materiály k tvorbě, či se jinak na této práci podíleli, a v neposlední řadě své rodině za morální podporu během studia.

Prohlášení

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

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

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

V Praze dne 23. Srpna 2017

Jakub Sehnal



České Vysoké Učení Technické V Praze

Fakulta dopravní

Studie proveditelnosti zavedení LPV přiblížení na letišti České Budějovice

Bakalářská práce

Jakub Sehnal

2017

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je zhodnocení proveditelnosti a návrh LPV přiblížení na letišti v Českých Budějovicích. Práce se zabývá popisem současného stavu letiště, jeho rozvojem do budoucna, stanovením podmínek a pravidel pro možnost zavedení LPV přiblížení na letišti, stručnou možností návrhu přístrojového přiblížení LPV a ekonomickým dopadem po případném zavedení tohoto přiblížení na letišti.

ABSTRACT

The bachelor thesis „Feasibility study of LPV approach implementation at České Budějovice airport“ is concerned with feasibility and creating concept of non-precision LPV approach at the airport. The thesis is concerned with short description of current status of the airport, its development to the future, determining rules and regulations for the LPV approach concept, brief introduction to the concept of LPV approach and study other economic consequence to the airport.

KLÍČOVÁ SLOVA

RNAV, RNP přiblížení, prostorová navigace, LPV, GNSS, letiště České Budějovice

KEY WORDS

RNAV, RNP approach, area navigation, LPV, GNSS, České Budějovice airport

OBSAH

Seznam zkratek	7
Úvod	11
1 GNSS Systémy.....	12
1.1 Úvod do GNSS	12
1.2 Systém GPS.....	12
1.3 Systém GLONASS.....	14
2 Augmentační systémy GNSS	15
2.1 SBAS.....	15
2.1.1 EGNOS	16
2.2 ABAS	17
2.3 GBAS.....	18
3 RNAV	19
3.1 Koncept a historie RNAV	19
3.2 Performance based navigation	20
3.2.1 RNAV VS. RNP.....	20
3.3 Druhy Přiblížení	20
3.3.1 Nepřesné přiblížení	20
3.3.2 Přesné přiblížení (PA)	20
3.3.3 Přiblížení s vertikálním vedením (APV)	21
3.3.4 Přiblížení RNAV.....	21
3.4 RNAV traťový bod.....	22
3.4.1 Bod po přeletu zatáčky- Fly-over-waypoint	22
3.4.2 Bod s předstihem zatáčky- Fly-by-waypoint	22
4 Úvod do létání podle přístrojů	23
4.1 Požadavky na vybavení letadel pro certifikaci za podmínek letů podle přístrojů.....	23
4.2 Ochranný prostor	23
4.3 Kategorie letadel	24
5 Návrh LPV přiblížení pro letiště České Budějovice.....	26
5.1 Letiště České Budějovice	26
5.2 Provozní analýza LPV přiblížení	28
5.2.1 Požadavky na vybavení letiště.....	28
5.2.2 Proces zavedení LPV přiblížení	28
5.3 Koncept zavedení LPV na neřízených letištích	31

5.4	Překážky bránící zavedení LPV přiblížení a publikace RNP přiblížení na Evropských letištích	31
5.4.1	Požadavky na vybavení letiště pro podmínky IFR	32
5.4.2	Nutná přítomnost řízení letového provozu.....	32
5.4.3	Radarové pokrytí letiště	33
5.4.4	Postup přiblížení a s ním spojené náklady	33
5.4.5	Požadavky na certifikaci letadel a výcvik pilotů	33
5.5	Koncept Provozu	34
5.5.1	Volba přístrojové dráhy.....	34
5.5.2	Přiblížení, která budou ve studii uvažována.....	34
5.5.3	Kategorie letadel	34
5.5.4	Klasifikace vzdušného prostoru.....	34
5.5.5	Certifikace letiště pro podmínky IFR	35
5.5.6	Návrh postupů příletu (Příletových tratí, jednotlivých úseků přiblížení a úseku vyčkávání) včetně stanovení minimálních výšek a ochranných prostorů	36
5.6	Návrh postupů příletu pro dráhu 27 na lkcs	36
5.6.1	Příletové tratě	36
5.6.2	Procedura LPV	37
5.6.3	Minimální výšky nad překážkami	39
5.7	Zavedení ochranných prostorů	43
5.7.1	Ochranné prostory příletových tratí	43
5.7.2	Ochranný prostor úseku počátečního a středního přiblížení.....	45
5.7.3	Ochranný prostor úseku konečného a nezdařeného přiblížení	46
5.7.4	Ochranný prostor vyčkávacího obrazce	47
5.8	Určení bezpečné výšky nad překážkami OCA.....	50
5.8.1	Přiblížení LPV	50
5.8.2	Přiblížení LNAV	53
5.8.3	Přiblížení LNAV/VNAV	55
6	Ekonomický dopad a statistika letiště	56
6.1	Finanční náklady nutné pro zavedení LPV přiblížení.....	56
6.2	Statistiky provozu na letišti české budějovice.....	57
6.3	Přistávací poplatky	58
6.4	Ekonomická studie metodou zavedení přibližovacích poplatků	58
6.4.1	Přibližovací poplatky.....	58
6.4.2	Stanovení průměrné ceny za přibližovací poplatek na základě dostupných údajů	59
6.5	Kalkulace návratnosti investic s využitím programu EBCAST	61

6.5.1	Zavedení a definice proměnných	61
6.5.2	Vyhodnocení a určení návratnosti zisků z předpokládaného výhledu provozu.....	64
6.5.3	Zhodnocení ekonomické studie	66
7	Zhodnocení studie a závěr	67
8	Seznam použitých zdrojů	68
9	Seznam obrázků	72
10	Seznam tabulek	74
10.1	Seznam příloh.....	74
11	Přílohy	75

SEZNAM ZKRATEK

ABAS	Aircraft-based augmentation system/ Augmentační systém v letadle
AFIS	Aerodrome flight information service/ Letištní a letová informační služba
AGL	Above ground level/ Nad úrovní země
APV	Approach with vertical guidance/ Přiblížení s vertikálním vedením
AUTONAV	Autonomous navigation mode/ Autonomní navigační mód
BMCS	Backup master ground station/ Záložní velící kontrolní stanice
CAT	Category I/ Kategorie I (ILS)
CDA	Continuous descent approach/ Přiblížení s kontinuálním klesáním
CFIT	Controlled flight in terrain/ Řízený let do terénu
DDC	Delays, diversions, cancellations/ Zpoždění, diverze, zrušení (letu)
DME	Distance measuring equipment/ vybavení pro měření vzdálenosti
EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay Service
FAF	Final approach fix/ Bod konečného přiblížení
FIR	Flight information region/ Letová informační oblast
FL	Flight level/ Letová hladina
FT	Feet/ stopy
GAGAN	GPS and geo-augmented navigation system
GAT	General air traffic/ Obecný letový provoz
GBAS	Ground-based augmentation systém/ Pozemní augmentační systém
GLONASS	Global navigation satellite system/ Globální družicový polohový systém
GLS	GBAS landing system/ Přistávací systém s využitím GBAS
GNSS	Global navigation satellite system/ Globální družicový polohový systém
GPS	Global positioning systém/ Globální polohovací systém

HL	Height loss/ ztráta výšky
IAF	Initial approach fix/ Bod počátečního přiblížení
ICAO	International civil aviation organisation/ Mezinárodní organizace pro civilní letectví
IF	Intermediate fix/ Bod středního přiblížení
IFR	Instrument flight rules/ Pravidla pro lety podle přístrojů
ILS	Instrument landing system/ Přístrojový přistávací systém
IRR	Internal rate of return/ Vnitřní výnosové procento
IRS	Inertial reference systém/ Inerční referenční systém
KM	Kilometers/ kilometry
LKCS	ICAO zkratka letiště České Budějovice
LLZ ONLY	Localizer only/ Pouze směrové vedení
LNAV	Lateral navigation/ Horizontální navigace
LPV	Localizer performance with vertical guidance/ Výkonnost směrového majáku s vertikálním vedením
LVP	Low visibility procedures/ Postupy za nízké dohlednosti
MCTR	Military control area/ Vojenský řízený okrsek
MDA	Minimum descend altitude/ Minimální výška pro klesání
MET	Minima estimation tool/ Nástroj pro předpokladaná minima
MFA	Minimum flight altitude/ Minimální letová výška
MHA	Minimum holding altitude/ Minimální výška pro vyčkávání
MOC	Minimum obstacle clearance/ Minimální výška nad překážkami
MSAS	Multi-functional satellite augmentation system/ Multifunkční augmentační systém
MTOW	Maximum takeoff weight/ Maximální vzletová hmotnost
NAVSTAR	Navigation Signal Timing and Ranging Global Positioning System
NDB	Non-directional beacon/ Nesměrový radiomaják

NM	Nautical mile/ Námořní míle
NPA	Non-precision approach/ Nepřesné přiblížení
NPV	Net present value/ Čistá současná hodnota
OAT	Operational air traffic/ Letový provoz, neřídící se pravidly pro provoz GAT
OCA	Obstacle clearance altitude/ Bezpečná nadmořská výška nad překážkami
OCH	Obstacle clearance height/ Bezpečná výška nad překážkami
PANS-OPS	Procedures for air navigation services- aircraft operations/ Postupy pro provoz letadel
PAPI	Precision approach path indicator/ Světelný indikátor sestupové roviny
PAR	Precision approach radar/ Přesný přibližovací radar
PBN	Performance based navigation/ Navigační specifikace
PCN	Pavement classification number/ Identifikační číslo pohybových ploch
RAIM	Receiver autonomous integrity monitoring/ Monitorování integrity
RMZ	Radio mandatory zone/ Oblast, kde je povinná radiostanice na palubě
RNAV	Area navigation/ Prostorová navigace
RNP	Required navigation performance/ Požadovaná navigační výkonnost
ŘLP	Air traffic control/ Řízení letového provozu
RVR	Runway visual range/ Dráhová dohlednost
SBAS	Satellite-based augmentation system/ Družicový augmentační systém
SDF	Step-down fix/ Bod postupného klesání
SRA	Surveillance radar approach/ Přiblížení s využitím sledovacího radaru
STAR	Standard terminal arrival route/ Příletová trať
TRA	Temporary restricted area/ Dočasně rezervovaný prostor
TSA	Temporary segregated area/ Dočasně vyhrazený prostor
UCL	Civil aviation authority/ Úřad pro civilní letectví
USAF	United states airforce/ Letectvo Spojených států

V _{at}	V-speed above threshold/ Rychlost nad prahem dráhy
VFR	Visual flight rules/ Pravidla letů za viditelnosti
VKV	Very high frequency/ Velmi krátké vlny
VOR	Very high omnidirectional range/ Všesměrový radiomaják
VPD	Runway/ Vzletová a přistávací dráha
V _{s0}	V-reference stall speed at MTOW and landing configuration/ Pádová rychlost v přistávací konfiguraci
WAAS	Wide area augmentation system/ Systém zpřesnění pro velké oblasti

ÚVOD

Jelikož se zvyšuje počet letů a také hustota letového provozu, rostou požadavky na spolehlivost a přesnost navigačních systémů. V minulosti se na využívalo tzv. konvenční navigace, která je v dnešní době poměrně neefektivní.

V minulých letech byla družicová navigace dostupná především větším letadlům, letadla kategorie general aviation musela využívat buď navigace konvenční, zakládající se na letech mezi radionavigačními zařízeními VOR/DME a NDB či navigace srovnávací. Piloti museli létat po takových tratích, které obsahovaly dostatečně hustou síť těchto zařízení, aby tak měli zajištěné traťové vedení. Mohli však také využít srovnávací navigaci, za pomoci mapy, kompasu a stopek. Tato metoda však byla podmíněna příznivými povětrnostními podmínkami. V současné době je družicová navigace na vrcholu vzestupu, základní přijímače družicové navigace dnes vlastní i téměř každý pilot ultralehkých letadel a přijímače jsou i instalovány jako základní zástavba do letadel třídy general aviation. Hlavní výhodou družicové navigace oproti konvenční je, že letadlo není omezeno, tak jako dříve, pohybem mezi dvěma danými navigačními systémy, jako např. radiomajáky a za pomoci zeměpisných souřadnic může následovat libovolnou trať letu. Spolu s rozvojem družicové navigace roste počet publikovaných přístrojových přiblížení na letištích po celém světě, vzhledem k nízkým nákladům na vybavení letiště a zároveň letadel a srovnatelné přesnosti a bezpečnosti jako prostředky starší, konvenční navigace.

Cílem této práce je obecně definovat podmínky problematiky zavedení přiblížení RNP až do minim LPV, posoudit a popsat, jak by měl dle současné legislativy proces probíhat, seznámit čtenáře s letištěm České Budějovice, jeho stručnou historií a plánovaným rozvojem do budoucnosti a zhodnotit a klasifikovat překážky, nutné k jemu zavedení. V další části bude přistoupeno k naznačení tvorby postupů IFR a výstupem práce bude přibližná ekonomická analýza, zda se letišti implementace přiblížení vyplatí a za jakých podmínek.

1 GNSS SYSTÉMY

1.1 ÚVOD DO GNSS

Globální družicový polohový systém, anglicky Global Navigation Satellite System (GNSS) je systém, který umožňuje s využitím družic ve vesmíru určit polohu s přesností v civilním využití až do řádu jednotek metrů, ve vojenském, výzkumném či speciálním až do řádu několika milimetrů. Uživatelé mají obvykle malý přijímač, který přijímá signál z družic a na základě přijatého signálu je pak vypočítána poloha na zemském povrchu. Systém GNSS má v současné době celosvětové pokrytí.

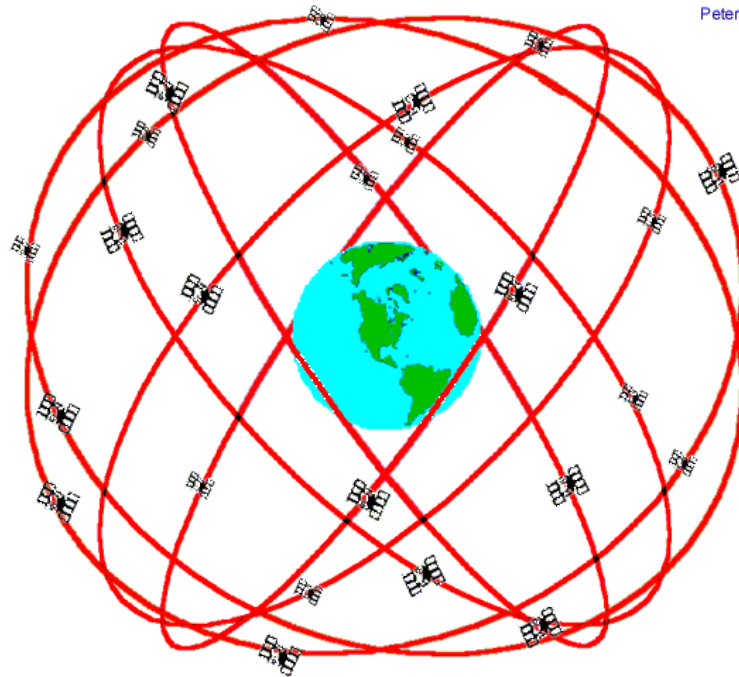
1.2 SYSTÉM GPS

GPS NAVSTAR je navigační systém, vyvíjený a spravovaný Ministerstvem obrany Spojených států amerických, jež umožňuje uživateli, který je vybaven přijímačem GPS signálu, stanovit zeměpisnou polohu na zemi včetně času. Poloha je určena s přesností jednotek metrů, čas v jednotkách nanosekund. Část systému GPS je uvolněna i pro civilní použití.

Systém GPS se skládá ze 3 segmentů:

- Kosmický
- Řídící
- Uživatelský

Kosmický segment se skládá ze 32 družic, obíhajících ve výšce 20 200 km nad zemským povrchem rychlostí asi 3,8 km/s po 6 kruhových drahách, které jsou vzájemně posunuté o 60° s dobou oběhu 11h 58min.



GPS Nominal Constellation
24 Satellites in 6 Orbital Planes
4 Satellites in each Plane
20,200 km Altitudes, 55 Degree Inclination

Obrázek č.1 Schéma oběžných drah satelitů GPS [1]

Řídící segment tvoří velitelství na letecké základně v Los Angeles v Californii, Spojené státy americké, řídicí středisko MSC (Master control station) na letecké základně USAF v Colorado Springs, záložní středisko BMCS (Backup master control station), umístěné v Marylandu, USA, a 18 monitorovacích stanic, rozmístěných na základnách USAF po celém světě.

Řídící segment má na starosti monitoring kosmického segmentu, údržbu družic, zasílání povelu družicím, monitorování jejich dráhy a atomových hodin. Pokud by došlo ke zničení řídicího segmentu, jsou satelity GPS schopny pracovat až 6 měsíců v režimu AUTONAV, ve kterém spolu jednotlivé družice komunikují a porovnávají svůj stav. [1] [2]

Uživatelský segment je tvořen koncovým uživatelem, který je držitelem přijímače navigační zprávy GPS. Uživatelé pomocí přijímače přijímají data, která jsou tvořena navigační zprávou, která obsahuje korekce atomových hodin, informace o ionosférické refrakci, predikce drah ostatních družic (efemerid) a přibližné znalosti polohy a informace o stavu ostatních družic. Na základě těchto informací je uživatelským přijímačem vypočítána poloha, nadmořská výška a čas.

1.3 SYSTÉM GLONASS

GLONASS je ruský globální družicový polohový systém, který jako systém GPS slouží k okamžitému zaměření polohy na Zemi. Systém tvoří 24 družic, na 3 kruhových drahách se sklonem 65°, obíhající ve výšce 19 100 km. Princip měření je podobný americkému systému GPS. V současné době se jedná o jediný systém, poskytující pokrytí po celém světě s přesností zcela srovnatelnou se systémem GPS. Tak jako u systému GPS se systém skládá ze 3 součástí:

- Kosmický segment
- Uživatelský segment
- Řídící segment

Kosmický segment obsahuje 24 družic, obíhající ve výšce 19 100 km po 3 kruhových drahách. Je zde tedy značný rozdíl oproti GPS, který využívá drah 6. Rychlost družice se pohybuje okolo 3,9 km/s s dobou oběhu 11h 15 minut.

Řídící segment se skládá z řídicího střediska (System Control center) a povelových a monitorovacích stanic, rozmístěných po celém území Ruska. Řídící segment kontroluje a monitoruje stav jednotlivých družic, a provádí údržbu atomových hodin.

Uživatelský segment je pak tvořen opět koncovým uživatelem, přijímač pak na základě dat, které tvoří časové údaje a polohu družic, přijatých ze satelitů GLONASS, vypočítá okamžitou polohu na Zemi.

[35]

2 AUGMENTAČNÍ SYSTÉMY GNSS

Augmentace signálu GNSS je proces zlepšení parametrů navigačního signálu, jako například přesnosti, dostupnosti a spolehlivosti, přijatého z družic Globálního družicového polohového systému. Augmentační systémy GNSS se využívají, protože výše uvedené požadované parametry GNSS (přesnost, dostupnost a spolehlivost) jsou za využití pouze základní služby GNSS pro určité fáze letu nedostatečné. [23] Mezi augmentační systémy GNSS řadíme SBAS (Satellite-based augmentation system) Aircraft-based augmentation system ABAS a GBAS (Ground-based augmentation system).

2.1 SBAS

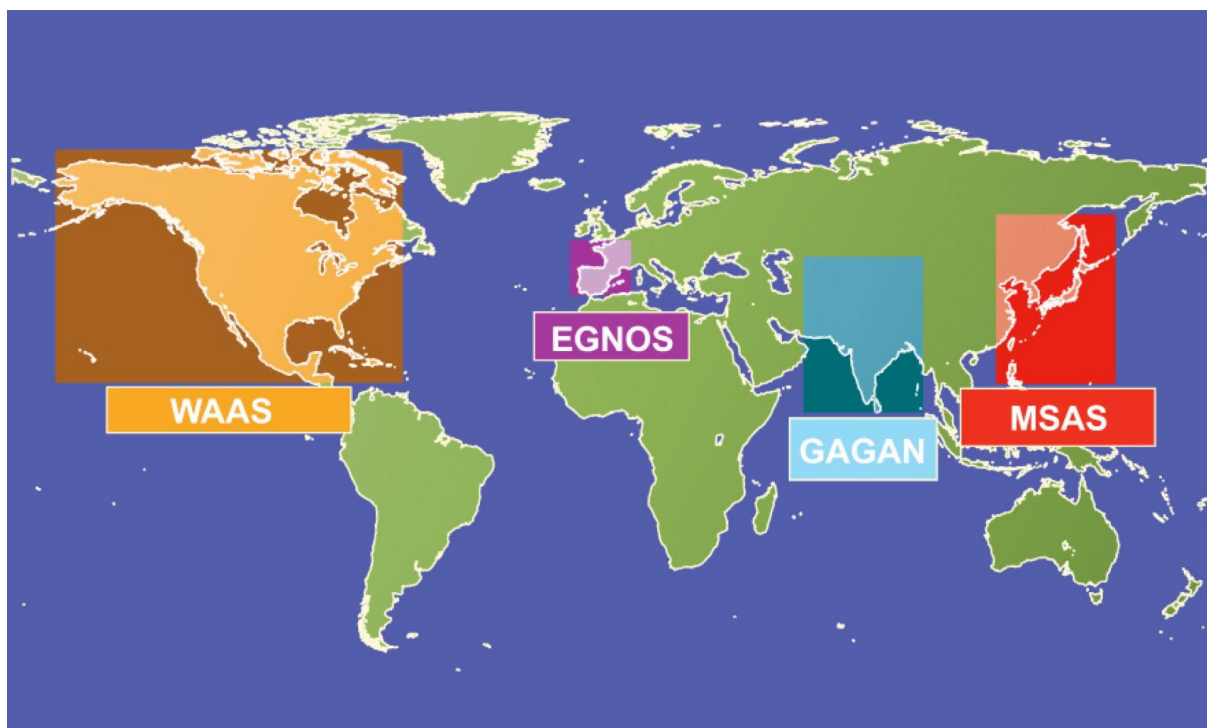
Satellite-based augmentation system je systém, který zajišťuje zlepšení požadovaných parametrů v určitých kritických úsecích letu. Jelikož by bylo samostatné využití GNSS z hlediska nepřesností pro určité části letu nevýhodné, ICAO se rozhodlo certifikovat systémy augmentace GNSS včetně systému SBAS tak, aby v kombinaci se standardní navigací GNSS byly použitelné při předepsaných podmínkách a oblastech během celého letu. [23]

Systém SBAS se skládá z pozemních stanic, které sledují a vyhodnocují signál GNSS ze satelitů a hlavních stanic, kalkuluje nepřesnosti a korekce signálu GNSS a poté tyto odchylky a korekce vysílají do geostacionárních družic, které je následně distribuují po příslušných oblastech či kontinentech na zemském povrchu. Jednou z předností systému je, že s jeho využitím lze létat přiblížení s vertikálním vedením APV, z tohoto důvodu není na letištích nutné instalovat nákladná radionavigační zařízení. [3]

Na světě jsou v současné době k dispozici 4 systémy SBAS:

- EGNOS - European Geostationary Navigation Overlay Service, pokrývající oblast Evropy a přilehlého okolí
- WAAS- Wide area augmentation system, který pokrývá oblast USA a Kanady.
- GAGAN- GPS and GEO Augmented Navigation, pokrývající území Indie
- MSAS- Multi-functional satellite augmentation systém, pokrývající oblast Japonska

Všechny dostupné systémy a jejich přibližné pokrytí jsou znázorněny na obrázku 2.



Obrázek 2, Pokrytí světových regionů systémem SBAS, zdroj: [www.esa.int]

2.1.1 EGNOS

European Geostationary Navigation Overlay Service je evropská aplikace systému SBAS, zpřesňující signál GPS na jejím území.. Skládá se z 40 řídicích stanic v Evropě a několika družic. Stanice monitorují signály, vyslané satelity GPS a následně je předávají do jednoho z řídicích center MCC, kde jsou signály přijaty a jsou vyhodnocovány stavy jednotlivých družic GPS a detekovány nepřesnosti, včetně korekce jevů jako jsou například informace o integritě systému GPS, významné odchylky družic od jejich predikovaných drah, odchylky atomových družic a parametry pro ionosférický model. Tato opravená data jsou pak předána vysílacím stanicím, které následně data vysílají družicím na oběžné dráze. Ty pak signál, opravený o chyby, předávají přijímačům GPS a ty následně přijatý signál ze satelitů GPS a satelitů EGNOS porovnávají a zpřesňují.

. Využití EGNOS je důležité zejména v letecké navigaci, kde s jeho využitím letadla provádějí přístrojová přiblížení, jelikož systém má v praxi chybu v 99 % menší, než 1,5 m.

Pilot si může na palubě na displeji přijímače GPS ověřit, zda přijímá korekce EGNOS. Po zvolení příslušné stránky v přístroji by se mu měl zobrazit nápis EGNOS ID s čísly příslušných družic.

[28] [29]

2.2 ABAS

Aircraft-based augmentation system (ABAS) je další systém, řadící se do skupiny augmentačních systémů GNSS. ABAS integruje data, přijatá ze signálu GNSS se systémy, umístěnými na palubě letadla. Tato funkce pak vede k výraznému zvýšení přesnosti, spolehlivosti a bezpečnosti využití systémů GNSS. Jeho nejdůležitější součástí se nazývá RAIM (Receiver autonomous integrity monitoring). [33]

Základní funkcí RAIM je monitorování a posuzování integrity signálu GPS odhalováním nepřesnosti či nevhodné konstelace satelitů, což je nejvíce žádoucí v oblastech, jako je např. námořní či letecká navigace. Algoritmy RAIM vyžadují alespoň 5 viditelných satelitů pro detekci chyb a zjištění nepřesnosti v průběhu letu. Rozšířená funkce RAIM se nazývá Fault detection and exclusion. Pokud je dostupných 6 viditelných satelitů GPS, systém je schopen nejen identifikovat satelit, vysílající nepřesné údaje, ale i vyřadit ho z provozu a zajistit tak dostatečnou integritu systému GNSS. [33] S využitím předpisu L8168 nyní budou uvedena základní pravidla pro užití systému monitorování integrity:

1.2.4.3 RAIM generuje varování indikující možnost výskytu nepřijatelné chyby, jestliže zjistí vzájemnou neslučitelnost mezi nastavením změřených vzdáleností od satelitů, které jsou v dané době používány. Funkce RAIM bude dočasně nepoužitelná, jestliže počet sledovaných satelitů, nebo jejich vzájemná geometrie jsou nevhodné.

1.2.4.4 Protože relativní polohy satelitů se stále mění, předchozí zkušenost s letištem nezaručuje příjem v každém časovém období, proto předpověď dostupnosti RAIM by měla být vždy před letem na určité letiště ověřena. Není-li RAIM k dispozici, nesmí být postup GNSS použit. V tomto případě musí pilot použít jiný typ navigačního systému přiblížení, zvolit jiné letiště určení, nebo odložit let do doby, až bude dostupnost RAIM předpovězena.

1.2.4.5

Výpadky RAIM budou více časté pro mód přiblížení než pro traťový mód, z důvodu přísnějších limitů varování. Protože faktory jako jsou poloha letadla a umístění antény mohou mít vliv na příjem signálů z jednoho nebo více satelitů a protože v nepříliš častých případech nastane neplánovaný výpadek satelitu, nemůže být předpověď dostupnosti RAIM stoprocentně spolehlivá.

[8]

2.3 GBAS

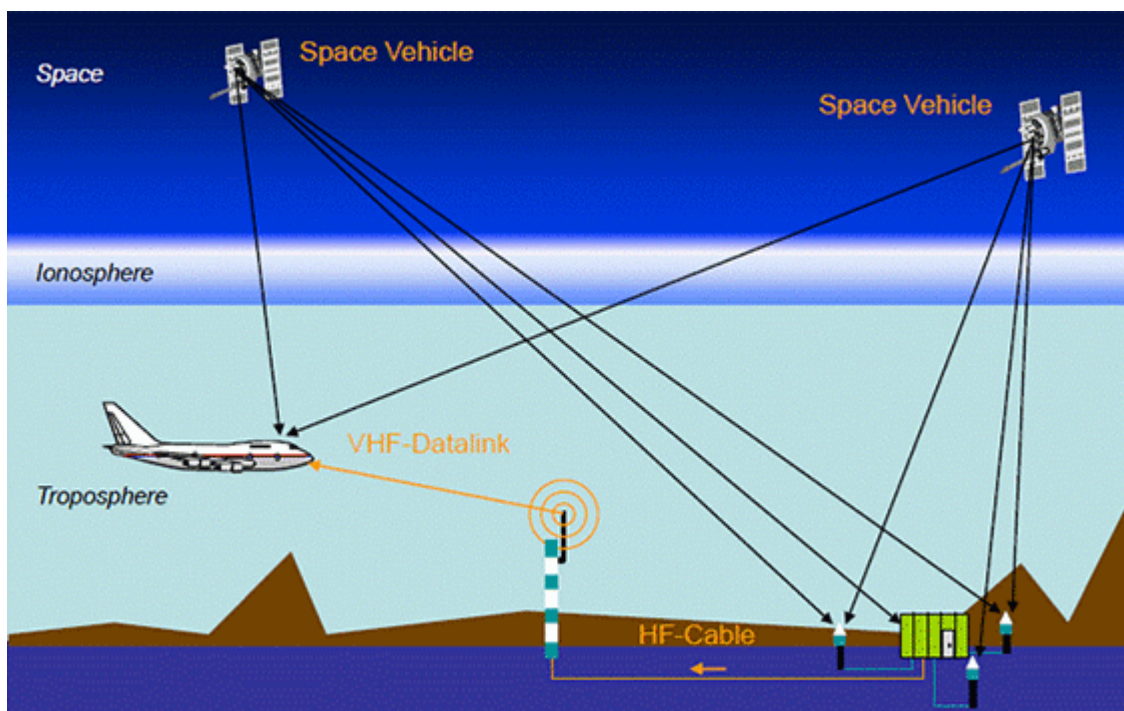
Ground-based augmentation system je název pro systém s pozemním rozšířením, který vysílá příslušné opravy dat letadlům, provádějícím přesné přiblížení na příslušnou přístrojovou dráhu. Je instalován především na letištích a vysílá signál v pásmu VKV. Systém se skládá ze 3 podsystémů:

Pozemní podsystém poskytuje letadlovému podsystému korekce naměřených dat ze satelitů GNSS, monitorování dat a definování úseku konečného přiblížení.

Palubní podsystém přijímá a dekóduje zprávy ze satelitů a určuje polohu letadla.

Kosmický podsystém zahrnuje konstelaci satelitů, vysílajících příslušnou navigační zprávu.

[26]



Obrázek 3, Schéma funkce systému GBAS [26]

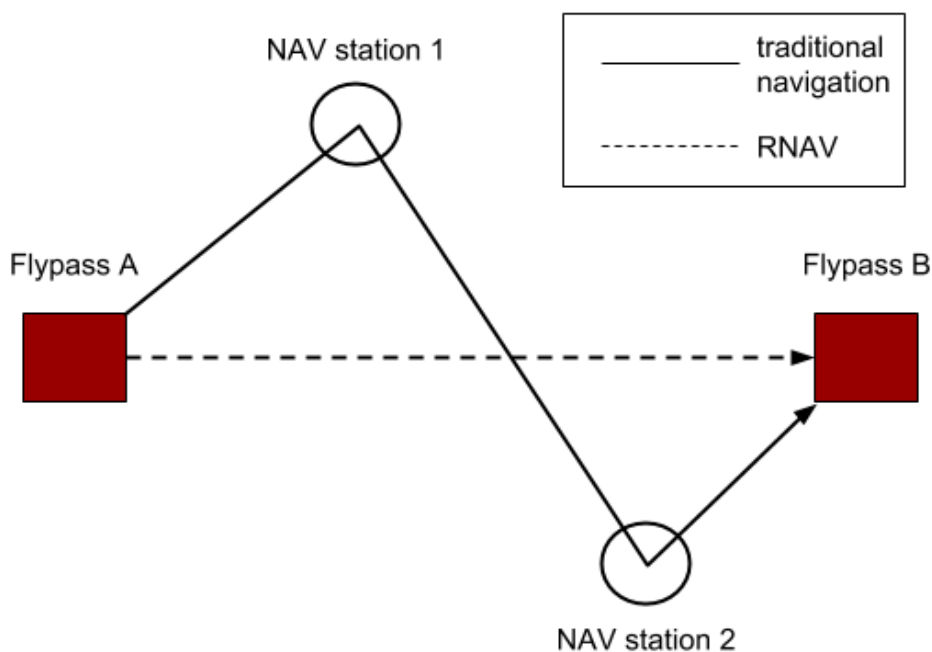
3 RNAV

3.1 KONCEPT A HISTORIE RNAV

RNAV (Area navigation) je termín, pojící se především se systémy GNSS, který znamená schopnost letadla následovat jakoukoli trať, předvolenou v příslušném navigačním zařízení. Koncept RNAV se zrodil v 60. letech 20. století, kdy se pro plánování letů ještě využívaly většinou klasické radionavigační prostředky, tzn. pilot byl závislý na pozemních vysílačích a mohl tak kopírovat pouze trať např. mezi dvěma majáky VOR po daných radiálech, traťové body dané průsečíky dvou radiálů či radiálem a vzdáleností DME, popřípadě NDB majáky.

[4]

Princip RNAV spočívá ve stanovení polohy letadla pomocí systémů IRS, doplněné obvykle systémem GNSS, VOR/DME či DME/DME. Pilotem jsou obvykle do systému IRS zadány na stojánce známé souřadnice a v průběhu letu je první a druhou integrací zrychlení pomocí akcelerometrů a laserových gyroskopů podle času určena rychlost, respektive dráha a poloha letadla. Jelikož při měření dochází k malým nepřesnostem, se zvětšujícím se časem roste i nepřesnost v určení polohy letadla. Z tohoto důvodu je pro zpřesnění polohy na palubách větších letadel obvykle doplněn i systém GPS, včetně již zmíněných VOR/DME a DME/DME. Výhodu RNAV oproti klasické, dnes už pro traťový let téměř nepoužívané navigaci znázorňuje obrázek 4.



Obrázek 4, Srovnání prostorové navigace oproti zastaralé, konvekční [4]

Jak je tedy z obrázku jasné, mezi hlavní výhody RNAV oproti konvekční navigaci patří:

- Zkrácení doby letu a vzdálenosti na trati
- Větší úspora paliva

3.2 PERFORMANCE BASED NAVIGATION

S rostoucími požadavky na maximální a co nejefektivnější využití vzdušného prostoru byl roku 2008 představen koncept PBN. Koncept zavádí termín „navigační specifikace“.

3.2.1 RNAV VS. RNP

Termín RNAV zůstává obecným termínem pro prostorovou navigaci bez schopnosti monitorování navigační výkonnosti, a informace o její ztrátě. RNP je specifikace, která monitoring a případné varování posádky vyžaduje. RNP se implementuje tam, kde je vzhledem k překážkám poloha letadla kritická. Mezi tyto situace patří let v oblasti bez pokrytí radaru (nad oceánem) či přiblížení RNP.

Navigační specifikace se označuje druhem (RNAV či RNP) a požadovanou přesností {číslem, označujícím maximální boční výchylku během letu}.

3.3 DRUHY PŘIBLÍŽENÍ

V dnešní době se přístrojová přiblížení dělí do několika kategorií.

3.3.1 Nepřesné přiblížení

Za nepřesné přiblížení se považuje takové přiblížení, u kterého nemá pilot na palubě letadla dostupné informace o optimální skluzové rovině a údaje o klesání tak průběžně vyhodnocuje pomocí mapy. Chybějící informaci o vertikálním vedení letadla mohou nahrazovat navigační body, kde má pilot přesně definováno, v jaké výšce se má nad bodem nacházet a v jaké vzdálenosti se daný bod nachází od prahu příslušné dráhy. Pilot následně pomocí těchto dostupných údajů a znalosti polohy letadla vyhodnocuje a upravuje odchylky tak, aby udržoval optimální výškový profil. Mezi tyto přiblížení můžeme zařadit například VOR/DME, NDB, SRA, LNAV a ILS bez indikace skluzové roviny (LLZ ONLY).

3.3.2 Přesné přiblížení (PA)

Přesné přiblížení je přiblížení, u něhož má pilot neustále dostupnou informaci o horizontální poloze a poloze skluzové roviny vůči poloze letadla, která je jednoduše zobrazitelná na příslušném navigačním displeji letadla. Pilotovi tak odpadá povinnost kontrolovat mapu, označenou body se stanovenými výškami a vzdáleností od letadla, což snižuje zátěž pilota a

umožňuje mu tak věnovat se čistě pilotáží letadla. Mezi přesná přiblížení pak patří např. Mikrovlnný přistávací systém MLS, přístrojový přistávací systém ILS, GLS, LPV200 a přiblížení pomocí přesného přibližovacího radaru PAR.

3.3.3 Přiblížení s vertikálním vedením (APV)

APV (Approach with vertical guidance) přiblížení je takové přiblížení, u něhož má pilot neustále k dispozici informaci jak o horizontálním, tak vertikálním vedení, ale přiblížení nesplňuje kritéria a požadavky přesného přiblížení. Mezi toto přiblížení můžeme zařadit např. LNAV/VNAV, LPV či NDB/VNAV.

3.3.4 Přiblížení RNAV

Přiblížení RNAV jsou popsána řadou údajů; mezi hlavní patří série traťových bodů, výšek, rychlostních omezení a vzdáleností, uložených v databázi navigačních zařízení letadla. Vytvoření a publikace RNAV postupů zlepšila tzv. crew situational awareness a snížila riziko řízených letů do terénu (CFIT) [5]. Další výhodou tohoto přiblížení je, že pro provedení přiblížení není na určených letištích třeba instalovat nákladné pozemní radionavigační systémy.

3.3.4.1 Rozdělení přiblížení RNAV

Přiblížení RNAV pak můžeme rozdělit na

- **NPA (2D)** přiblížení bez vertikálního vedení, letěné do minim označené jako LNAV (lateral navigation) či LP (localizer performance). V případě LNAV se jedná o nepřesné přiblížení, využívající systém GPS a ABAS v horizontální rovině.

3.3.4.1.1 APV (3D) přiblížení

- **APV Baro** přiblížení, do minim označených jako LNAV/VNAV. Jedná se o přiblížení, kde je zajištěno horizontální i vertikální vedení. Horizontální vedení je zajištěno pomocí systémů GPS a ABAS, vertikální vedení pak využívá barometrický výškoměr na palubě letadla.
- **LPV (APV SBAS)** jedná se o nepřesné přístrojové přiblížení. Horizontální a vertikální vedení se zajišťuje pomocí systému GPS a SBAS. Přiblížení LPV200 je z hlediska přesnosti zcela srovnatelné se systémem pro přesné přiblížení ILS až do kategorie I.

[5]

3.4 RNAV TRAŤOVÝ BOD

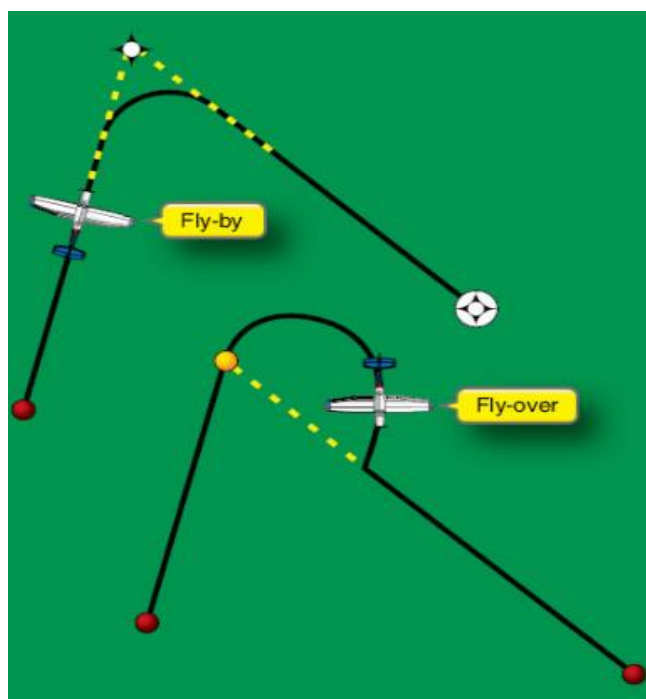
RNAV traťový bod je fiktivní bod o zeměpisných souřadnicích, uložený v navigační databázi letadla, pomocí kterých se konstruuje RNAV letové tratě. V současné době se rozděluje na tzv. Fly-by-waypoint a Fly-over-waypoint.

3.4.1 Bod po přeletu zatáčky- Fly-over-waypoint

Přelet Fly-over-waypointu probíhá tak, že zatáčka, nutná ke změně tratě, je zahájena až po přeletu příslušného RNAV bodu. Princip přeletu Fly-over waypointu je zřejmý z obrázku.

3.4.2 Bod s předstihem zatáčky- Fly-by-waypoint

Tento traťový bod vyžaduje zahájení zatáčky s předstihem ještě před přeletu příslušného RNAV bodu a umožňuje tak letadlu tangenciálně nalétnout další stanovenou část letové tratě. Navigační systém letadla vzhledem ke znalosti pravé vzdušné rychlosti TAS a úhlu náklonu kalkuluje předpokládanou vzdálenost a čas do zahájení zatáčky. Princip přeletu Fly-by waypointu je opět zřejmý z obrázku



Obr.4, Traťový bod zatáčky s předstihem a po přeletu [27]

4 ÚVOD DO LÉTÁNÍ PODLE PŘÍSTROJŮ

4.1 POŽADAVKY NA VYBAVENÍ LETADEL PRO CERTIFIKACI ZA PODMÍNEK LETŮ PODLE PŘÍSTROJŮ

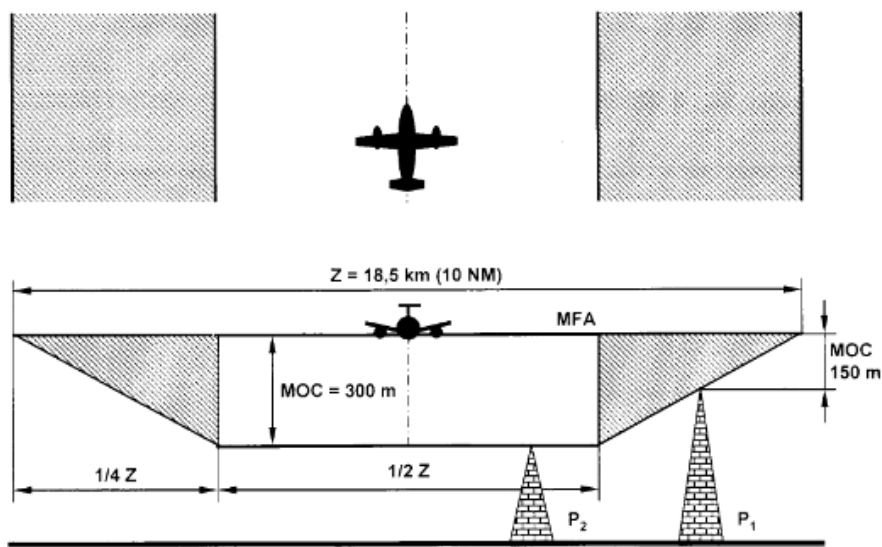
Při letu podle přístrojů IFR pilot vede letadlo pouze na základě informací vyhodnocených z palubních navigačních systémů, které mu umožňují let provádět i v noci a téměř za jakýchkoli meteorologických podmínek. Pilotovi je umožněno na základě odchylek, vypočítaných navigačními systémy a přístroji provádět takové změny letových parametrů, které jsou nezbytné k bezpečnému a plynulému provedení letu. Letadlo, certifikované pro let podle přístrojů, musí být vybaveno dle požadavku předpisu L6 minimálně následujícími přístroji:

- Magnetickým kompasem
- Palubními hodinami, ukazujícími čas v řádech hodin, minut a sekund
- Dvěma barometrickými výškoměry s bubínkem a ručkou
- Systémy pro měření rychlosti letu, včetně prostředků pro eliminaci vlhkosti a námrazy
- Zatačkoměrem a příčným sklonoměrem
- Ukazatelem letové polohy (umělý horizont)
- Prostředkem indikace činnosti napájení gyroskopických přístrojů
- Ukazatelem kurzu (Směrový setrvačník)
- Přístrojem v kabině posádky, udávajícím teplotu venkovního vzduchu
- Variometrem
- Dalšími přístroji, které může daný úřad považovat za nezbytný [6]

4.2 OCHRANNÝ PROSTOR

Jelikož se předpokládá, že se letadlo za podmínek podle přístrojů po celou dobu přiblížení pohybuje v podmínkách IMC, existují na trati publikované výšky **MFA** (Minimum flight altitude) pod které pilot nesmí za žádné okolnosti klesat, aby nedošlo k nebezpečí kontaktu s terénem.

Přesnost horizontálního traťového vedení se může lišit použitým druhem radionavigačního zařízení, vlastností přístrojů a systémů na palubě letadla a chybou pilota, je proto nutné, aby bylo letadlo od překážek chráněno prostorově jak v horizontální, tak vertikální rovině. Tento prostor se nazývá ochranný prostor. Předpis L2 uvádí, že při letu podle přístrojů se musí letadlo vždy nacházet minimálně 300 metrů výše, než je výška nejvyšší překážky ve vzdálenosti 8 km od polohy letadla a 600 m v horském terénu. Předpis definuje tuto výšku jako MOC (Minimum obstacle clearance). [7] Ochranný prostor se podle předpisu L8168 rozděluje na primární a sekundární. Při traťovém letu má ochranný prostor šířku na každou stranu o hodnotě 5 NM. Jak je vidět na obrázku 6, primární prostor tvoří polovinu celkového ochranného prostoru. Minimální výška nad překážkami MOC je v primárním prostoru zajištěna ve všech místech, tzn. pilot se při dodržení minimální bezpečné výšky MFA nemůže za žádné okolnosti střetnout s překážkou. Při letu mimo primární ochranný prostor, tzn. v sekundárním ochranném prostoru, se MOC snižuje a zvyšuje se pravděpodobnost kontaktu letadla s překážkou. Při letu na vnějším okraji sekundárního ochranného prostoru je pak pravděpodobnost kontaktu s překážkou rovna jedné. Sekundární ochranný prostor tvoří na vlevo i vpravo od polohy letadla čtvrtinu šířky celkového ochranného prostoru, celková šířka sekundárního ochranného prostoru je tedy rovna jedné polovině šířky celkového ochranného prostoru. Druhou pak tvoří prostor primární. [19]



Obrázek 6, Rozložení ochranného prostoru v definovaných úsecích letu [19]

4.3 KATEGORIE LETADEL

Letadla můžeme rozdělovat dle mnoha kritérií, známe rozdělení do kategorií turbulence v úplavu dle MTOW, kódové značení dle potřebné délky dráhy pro vzlet, či rozchodu vnějších kol hlavního podvozku a rozpětí křídel. Při konstrukci jednotlivých druhů přiblížení

se však bere v potaz hlavně výkonnost, resp. rychlost letadla. Bylo tedy stanoveno, že hlavním faktorem pro stanovení kategorie letadel je rychlost V_{at} (above threshold) rychlost nad prahem dráhy, pro kterou platí následující vztah:

$$V_{at} = 1,3 \cdot V_{s0}$$

Či

$$V_{at} = 1,23 \cdot V_{s1g}$$

Kde V_{s0} je hodnota pádové rychlosti v přistávací konfiguraci a V_{s1g} je pádová rychlost v přistávací konfiguraci při maximální certifikované přistávací hmotnosti. V praxi se musí využít vyšší hodnota, pokud jsou obě k dispozici. Celkem bylo stanoveno 5 hodnot kategorií letadel, které jsou uvedeny v tabulce 1 [8]

Tabulka 1, Rozdělení kategorií letadel dle Rychlosti V_{at}

Kategorie letadla	V_{at}	Rozsah rychlosti pro fázi počátečního přiblížení	Rozsah rychlosti pro fázi konečného přiblížení	Maximální rychlost pro přiblížení okruhem	Maximální rychlost pro nezdařené přiblížení
A	<91 kts	90-150 kts	70-100 kts	100 kts	110 kts
B	91-120 kts	120-180 kts	85-130 kts	135 kts	150 kts
C	121-140 kts	160-240 kts	115-160 kts	180 kts	240 kts
D	141-165 kts	185-250 kts	130-185 kts	205 kts	265 kts
E	166-210 kts	185-250 kts	155-230 kts	240 kts	275 kts

Uvedené kategorie letadel definuje předpis PANS-OPS a při přiblížení je nutné stanovené rychlosti dodržovat, jinak by mohlo dojít k tomu, že by letadlo mohlo vylétnout z ochranného prostoru.

5 NÁVRH LPV PŘIBLÍŽENÍ PRO LETIŠTĚ ČESKÉ BUDĚJOVICE

5.1 LETIŠTĚ ČESKÉ BUDĚJOVICE

Letiště České Budějovice se nachází přibližně 6 km jihozápadně od centra Českých Budějovic. Bylo otevřeno v červnu roku 1937 a jeho ICAO zkratka je LKCS. Je spravováno a provozováno společností *Jihočeské letiště České Budějovice a.s* a má status veřejného vnitrostátního a neveřejného mezinárodního letiště. Letišti je zatím dle legislativy umožněno odbavovat letadla do rozpětí křídel 36 m za podmínek VFR den, lety, u kterých je nutné celní odbavení a přítomnost cizinecké policie se musí hlásit minimálně 24 hodin dopředu. V současné době je letiště využíváno z největší části pro sportovní létání a z menší části pro soukromou klientelu, která do/z města cestuje na obchodní cesty. [9] [10]

Na letišti se nachází jedna vzletová a přistávací dráha. Má označení 09/27, její rozměry jsou 2500x45m, povrch dráhy je betonový a její únosnost je PCN 32/R/B/W/T. Na letišti je poskytována služba AFIS, je dále zajištěno i plnění paliva typu AVGAS 100LL včetně JET A-1. Posádky i cestující mířící z/ na letiště mohou nadále využít služeb handlingu, který nabízí nakládku a vykládku zavazadel, pozemní zdroj napájení letadel, schody pro cestující a dva tahače letadel. [10]



Obrázek 7, Odbavení letadla na českobudějovickém letišti [30]

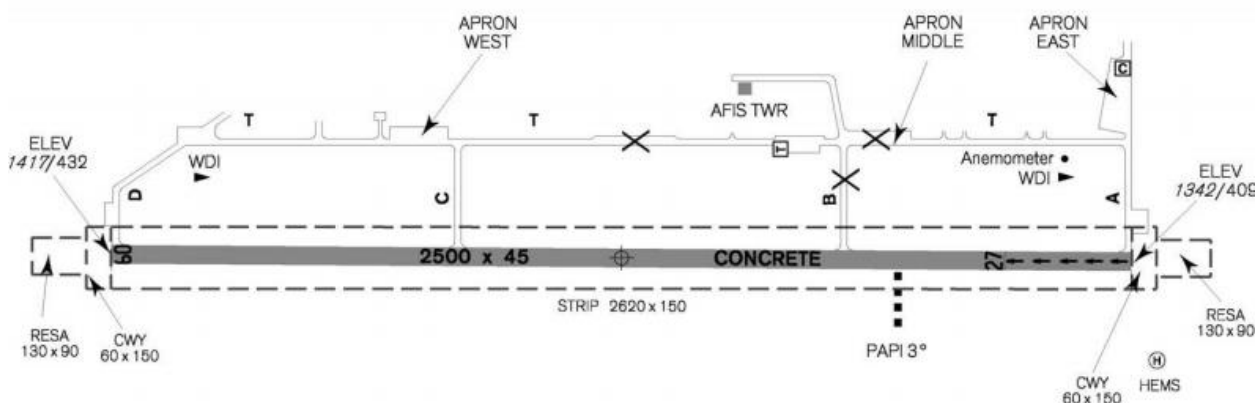
V okolí letiště se nenachází žádné vhodné radionavigační zařízení, s jehož pomocí by mohlo být zavedeno přístrojové přiblížení, nejbližší zařízení je maják VOR Desna (OKF) který je umístěn asi 80 kilometrů východně od letiště, a jeho velká vzdálenost proto činí maják nevhodným pro koncepci nepřesného přístrojového přiblížení na dráhu 09/27. V oblasti se ale nachází vhodné umístění traťových bodů včetně sítě tzv. tratí spodního vzdušného prostoru, což nabízí možnosti implementace výhodného RNAV přístrojového přiblížení či odletových a příletových tratí s návazností na již zmiňované tratě.

Letiště má velký potenciál růstu do budoucna, a proto se v posledních letech realizuje projekt modernizace letiště, po jejíž finalizaci bude letiště vybaveno a certifikováno pro provoz a odbavení středně velkých dopravních letadel a zajištění charterových a obchodních letů. Je proto vhodné zavést přístrojové přiblížení, aby byl provoz zajištěn celoročně, v noci a téměř za jakéhokoli počasí, což by do budoucna mělo za následek zvýšení počtu pohybů na letišti, růst cestovního ruchu a případnou poptávku po leteckém výcviku, z čehož by mohli těžit jak provozovatel letiště, tak potenciální letecké školy, které by sídlily na letišti. [11]

Modernizace letiště je rozdělena do dvou fází. V roce 2015 byla dokončena první fáze, která zahrnovala opravu vzletové a přistávací dráhy 09/27, jejíž součástí bylo zdrsnění a zpevnění povrchu, včetně tvorby dráhového značení a pojezdových drah, vytvořené pro použití dopravních letadel. Dále byla vybudována letištní infrastruktura, zahrnující stavby silničních komunikací v areálu letiště a stavbu bezpečnostního centra. Následovat bude druhá fáze, zahrnující stavbu terminálu pro odbavení cestujících, stavbu parkovišť, rozšíření stojánek pro letadla, zavedení navigačních zařízení a instalace dráhového osvětlení pro možnost létání v noci a při nízké dohlednosti.

Druhá fáze by měla být dokončena roku 2018 a letiště by mělo následně projít certifikací pro veřejný mezinárodní provoz, kterou provede úřad pro civilní letectví, který má ze zákona stanoveno, že celý proces certifikace nesmí trvat déle než jeden kalendářní rok. [11]

Na začátku května 2017 ovšem proběhlo výběrové řízení na firmu, která bude provádět modernizaci, pozastaveno Úřadem pro ochranu hospodářské soutěže, neboť existují pochybnosti o zákonném postupu kraje. [12]



Obrázek 8, Schéma VPD a pojezdových drah na letišti LKCS [25]

5.2 PROVOZNÍ ANALÝZA LPV PŘIBLÍŽENÍ

5.2.1 Požadavky na vybavení letiště

V současné době není žádným předpisem stanoven požadavek vyžadující konkrétní potřebné vybavení letiště pro zavedení přiblížení RNP. Nicméně vstoupil v platnost dokument ICAO 37-11, který stanovuje, že do konce roku 2016 musí být na všech přístrojových drahách publikované a k dispozici přiblížení RNP. [17] Přiblížení LPV se zakládá na stanovení polohy letadla pomocí systému GNSS včetně SBAS.

5.2.2 Proces zavedení LPV přiblížení

Proces implementace a zavedení přiblížení LPV (RNP) se obecně dělí na několik fází:

5.2.2.1 Fáze plánovací

Jeden z nejdůležitějších kroků při tvorbě přiblížení je určit letiště, kterých se bude zavedení procedury týkat. V České Republice tyto záležitosti řeší Koncepce navigačního rozvoje v ČR v období do roku 2020. Tento koncept stanovil, že nejpozději do roku 2016 musí být na všech IFR dráhách k dispozici využitelné RNP přiblížení (většinou LNAV/VNAV (APV BARO) či LPV (APV SBAS)) [13], avšak v době tvorby této práce (srpen 2017) je situace taková, že celkem dvě civilní IFR letiště v České Republice nemají toto přiblížení publikované ani certifikované.

Při studii a výběru letišť, kde se zavedení RNP přiblížení jeví jako výhodné, se považují za nejvýhodnější následující letiště:

- Letiště, nacházející se poblíž hustě obydlených oblastí, spolu s zavedením APV je aplikován postup CDA a dochází tak ke snížení hlukové zátěže.
- Letiště, jejichž povětrnostní podmínky nevyžadují častý provoz LVP.
- Letiště, kde vzhledem k okolnímu terénu je obtížné či nemožné instalovat pozemní radionavigační zařízení
- Letiště bez zavedeného postupu přesného přiblížení
- Letiště, která pravidelně odbavují letadla o MTOW vyšší než 5700 kg

[13]

Během plánovací fáze se doporučuje sestavit příslušný tým, který by se měl skládat ze zástupců všech organizací, které se na postupu jakkoli podílejí- např. zástupců provozovatele letiště, úřadu pro civilní letectví, bezpečnostních znalců, specialistů na problematiku zavádění a tvorby přiblížení, expertů na řízení letového provozu, air traffic management a expertů na životní prostředí. Během této fáze příslušný tým zjišťuje a shromažďuje informace o následujících faktorech na letišti:

- Vybavení vzletových a přistávacích drah a infrastruktura letiště
- Meteorologická data- statistické informace o směru a síle větru, dohlednosti a základně oblačnosti. Vyhodnocením těchto dat je získána ucelená představa, které přístrojové dráhy se bude koncept týkat.
- Infrastruktura GNSS- Všechna přiblížení RNP musí být prováděna tak, aby byl v každém okamžiku dostupný signál SBAS.
- Ostatní infrastruktura, např. zařízení na měření RVR, větru a tlaku [13] [14]

Typ přístrojové dráhy bude následně ovlivňovat výšku rozhodnutí (DH), pro kterou budou platit následující principy:

- Pro přiblížení RNP do minim, označených jako LNAV/VNAV, či LPV, publikované na nepřesné přístrojové dráze výška rozhodnutí DH nesmí být nižší než 300 ft

- Pro přiblížení RNP do minim, označených jako LNAV/VNAV, či LPV, publikované na přesné přístrojové dráze, splňující podmínky a certifikaci letů podle přístrojů, může být výška rozhodnutí DH nižší než 300 ft. [15]

5.2.2.2 Fáze validace a certifikace procedury

Validace je poslední fází zavedení procedury. Jejím cílem je ověřit bezpečnost a kvalitu stanovených prvků zavedeného přiblížení, skládá se např. z identifikace překážek, terénu v okolí letiště, dostupných navigačních údajů a posouzení, zda může být přiblížení proveditelné v reálném provozu. Validace se skládá ze dvou částí a je popsána v příslušných ICAO dokumentech: ICAO doc 8168, ICAO doc 8071 a ICAO doc 9906, část 5.

5.2.2.3 Pozemní část

je povinná pro zavedení všech nových přiblížení, jejímž cílem je sběr a kontrola dat, týkajících se především identifikace překážek a bezpečných výšek nad nimi. Součástí pozemní části je i tvorba uceleného souhrnu dat, který tvoří:

- Mapa všech překážek v přibližovacím sektoru
- Dokumentace, obsahující polohu a popis všech překážek včetně překážkových rovin
- Podrobný popis procedury úsek po úseku
- Mapa a vertikální profil přiblížení
- Data, týkající se všech traťových bodů, včetně vyčkávacích obrazců daného přiblížení
- Potvrzení, že pokrytí příslušnými potřebnými navigačními prostředky je dostačující

[16]

5.2.2.4 Letová část

Pokud je během pozemní části shledáno, že některá z výše uvedených dat musí být ověřena za letu, přistoupí se k druhé fázi validace procedury, kterou je letová část. Letová část se provádí, pokud je třeba se ujistit, že navigační systém na palubě letadla správně vyhodnocuje jednotlivé části procedury v daných fázích letu, zda je zajištěna bezpečná výška nad překážkami a bezpečný a plynulý průběh letu. Jedním z cílů této části je také ověření funkčnosti všech potřebných navigačních zařízení, nutných pro bezpečné provedení přiblížení. Letová část musí být provedena kvalifikovanou osobou, kterou bývá obvykle inspektor a příslušně vybaveným a certifikovaným letadlem. Požadavky a postupy, týkající se letové části, jsou uvedeny v ICAO doc 8071. Výsledkem letové části jsou obvykle 3 klasifikace:

- Procedura je bez jakéhokoli omezení, splňuje dané provozní podmínky a standardy na traťové vedení a bezpečnost.
- Procedura s omezením- Traťové vedení nemusí být zajištěno ve všech uvažovaných oblastech pokrytí, ale při vydání omezujících podmínek je dodržení a využití procedury bezpečné.
- Procedura je neaplikovatelná- nespĺňuje všechny potřebné požadavky, signál, zajišťující vedení po trati může být nedostupný, či vykazovat nepřijatelné odchylky či chyby. V tomto případě procedura může být nebezpečná pro letový provoz.

[16]

5.3 KONCEPT ZAVEDENÍ LPV NA NEŘÍZENÝCH LETIŠTÍCH

Pokud budeme uvažovat o zavedení IFR přiblížení na neřízených letištích, jeví se jako nejvýhodnější přiblížení LPV, resp. RNP. Důvodů pro tuto volbu je několik- Mezi hlavní patří například to, že není potřeba na letišti instalovat dodatečné radionavigační zařízení a vynakládat nemalé částky na roční obnovu zařízení. Za předpokladu, že pomíneme náklady nutné na certifikaci letiště dle pravidel IFR, je na LPV přiblížení potřeba vynaložit pouze částku za návrh a implementaci procedury, která se pohybuje okolo 650 000 Kč včetně implementace přiblížení LNAV a LNAV/VNAV [22]. Přiblížení do minim LPV200 je z hlediska přesnosti a bezpečnosti plně srovnatelné se systémem pro přesné přiblížení ILS až do minim CAT I. [3]

5.4 PŘEKÁŽKY BRÁNÍCÍ ZAVEDENÍ LPV PŘIBLÍŽENÍ A PUBLIKACE RNP PŘIBLÍŽENÍ NA EVROPSKÝCH LETIŠTÍCH

RNP přiblížení je vzhledem k nízkým nákladům ze strany provozovatelů letiště stále oblíbenější a počet publikovaných přiblížení na letištích každoročně stoupá. Rozvoj přiblížení ovšem bohužel limituje stále několik faktorů, které budou v následujícím textu popsány

V tabulce 2 jsou uvedeny největší překážky, bránící v současné době rozvoji přiblížení na neřízených letištích.

Tabulka 2, Překážky, nejvíce bránící zavedení přiblížení LPV, resp. RNP na neřízených letištích

Překážky při procesu zavádění a certifikace LPV přiblížení
IFR požadavky a certifikace letiště
IFR požadavky na dráhu- značení VPD, světelné soustavy
Nutná přítomnost řízení letového provozu
Klasifikace vzdušného prostoru v okolí letiště
Radarové pokrytí letiště
Postup přiblížení
Náklady na zavedení přiblížení
Požadavky na vybavení letadel
Výcvik pilotů

5.4.1 Požadavky na vybavení letiště pro podmínky IFR

Přístrojové dráhy musí dle současné legislativy splňovat všechny podmínky pro provoz IFR. Mezi ně patří například dráhové značení, dráhová světla, světelný systém sestupové roviny a dráhové osvětlení. Aby bylo možné využívat letiště pro IFR přiblížení, je na letišti žádoucí následující vybavení:

- Služba AFIS
- Zpevněná VPD
- Označení vzletové a přistávací dráhy
- Systém PAPI
- Osvětlení VPD
- Doporučen je i simple approach landing system.

[3]

5.4.2 Nutná přítomnost řízení letového provozu

Letiště České Budějovice se nachází v neřízeném prostoru třídy G, který sahá od zemského povrchu až po výšku 1000ft AGL. Jelikož se však jedná o neřízený prostor, je problém s ochranou odlétávajícího/přilétávajícího letadla od okolního provozu.

V minulosti byl z legislativního hlediska problém v nutnosti přítomnosti služby řízení letového provozu na přístrojovém letišti, tento problém se změnil v roce 2013, s vydáním dodatku N k předpisu L11:

1.2.5 Pro letiště, kde je poskytována služba AFIS, může být za ÚCL dále stanovených podmínek publikován postup nepřesného přístrojového přiblížení.

[18]

Jelikož se na letišti České Budějovice služba AFIS nachází, tento problém tím odpadá. Bude však nutné definovat konkrétní postupy pro službu AFIS, včetně určení zodpovědnosti v blízkosti daného letiště.

5.4.3 Radarové pokrytí letiště

Za předpokladu, že bude letu IFR, provádějícímu přilet na letiště povoleno přiblížení ještě před minimální výškou pro radarové vektorování příslušným stanovištěm řízení letového provozu a bude-li zajištěno, že v určeném prostoru letiště se letadlo bude nacházet jako jediné za podmínek IFR, nebude na letišti nutné instalovat radarové zařízení.

5.4.4 Postup přiblížení a s ním spojené náklady

Ačkoli jsou náklady na implementaci přiblížení oproti přiblížením, využívajícím radionavigační zařízení, nízké, stále se jedná o částky v řádech statisíců Kč [22], které by mohly většinu menších letišť od implementace odradit, pokud by si musely proces implementace, certifikace a pravidelné náklady na zavedení přiblížení hradit z vlastních zdrojů, bez podpory státu.

[3][14]

5.4.5 Požadavky na certifikaci letadel a výcvik pilotů

V současné době není výcvikovými organizacemi kladen příliš velký důraz na problematiku využití družicové navigace v přístrojovém létání a RNP. V současnosti se ovšem připravuje projekt, díky kterému by se v budoucnu měly v leteckých školách tyto postupy dodržovat.

Z hlediska certifikace letadel a avioniky je v současnosti nutné každých 28 dní aktualizovat příslušnou navigační databázi v letadle. Jelikož je aktualizace poměrně nákladná záležitost, bylo by žádoucí, aby se např. aktualizace mohly dělat v delších časových intervalech.

[14]

5.5 KONCEPT PROVOZU

S využitím kapitol 5.2, 5.3 a 5.4 v této části budou definovány všechny důležité prvky, které by měla fáze implementace konkrétně pro letiště České Budějovice obsahovat.

5.5.1 Volba přístrojové dráhy

Vzhledem k přítomnosti překážek v úseku konečného přiblížení na dráhu 09 a faktu, že nejčastější směr větru je ze západního směru, studie se bude týkat dráhy 27.

5.5.2 Přiblížení, která budou ve studii uvažována

Z provozního hlediska se bude jednat o přiblížení APV SBAS (LPV), APV Baro (LNAV/VNAV) a NPA LNAV). V dalším textu bude uveden přibližný postup zavedení bezpečných výšek nad překážkami OCH, včetně parametrů příslušných ochranných prostorů.

5.5.3 Kategorie letadel

Letišti je v současné době umožněno odbavovat letadla kategorie 4C (délka vzletu 1800 m či více, rozpětí křídel do hodnoty 36 m a rozchod vnějších kol hlavního podvozku do 9 m). V praxi tyto hodnoty odpovídají letounům typu Airbus A320, Embraer E190 či Boeing 737-700. Z hlediska rozdělení dle rychlostí V_{at} , jak je stanoveno v kapitole 4.3, tyto letouny patří do kategorie C, studie se tedy bude týkat kategorií A, B, C.

5.5.4 Klasifikace vzdušného prostoru

Letiště České Budějovice se nachází v prostoru třídy G, který sahá od zemského povrchu až po výšku 1000 ft AGL. Jelikož se však jedná o neřízený prostor, je problém s ochranou odlétávajícího/přilétávajícího letadla od okolního provozu. Tento problém by měl být vyřešen zavedením zóny Radio mandatory zone (RMZ). Jedná se o prostor s povinným rádiovým spojením, který bude mít stanovené rozměry. V současné době ale nejsou konkrétně definovány, lze tedy říci, že rozložení RMZ bude na každém letišti jiné.

Nařízení Evropské komise 923/2012 definuje podmínky uvnitř RMZ tato pravidla:

- U letů VFR prováděných v částech vzdušného prostoru tříd E, F nebo G a u letů IFR prováděných v částech vzdušného prostoru třídy F nebo G označených příslušným úřadem za oblast s povinným rádiovým spojením (RMZ) je třeba nepřetržitě sledovat hlasovou komunikaci letadlo–země a v případě potřeby musí navázat obousměrné spojení na příslušném komunikačním kmitočtu, pokud poskytovatel letových navigačních služeb nestanoví pro daný konkrétní vzdušný prostor jinak.
- Před vstupem do oblasti s povinným rádiovým spojením musí pilot na příslušném komunikačním kmitočtu provést počáteční volání obsahující označení volané stanice,

volací znak, druh letadla, polohu, hladinu, letový záměr a další informace předepsané příslušným úřadem.

[24]

Na obrázku 9 je znázorněna zóna RMZ na letišti Leipzig-Altenburg



Obrázek 9, Zóna RMZ na letišti Leipzig-Altenburg [14]

5.5.5 Certifikace letiště pro podmínky IFR

Přístrojové dráhy musí dle současné legislativy splňovat všechny podmínky pro provoz IFR. Mezi ně patří například dráhové značení, dráhová světla, světelný systém sestupové roviny a dráhové osvětlení. Aby bylo možné certifikovat dráhu 27 pro lety podle přístrojů, je na letišti žádoucí následující vybavení:

- Služba AFIS
- Označení vzletové a přistávací dráhy
- Systém PAPI
- Osvětlení VPD
- Doporučen je i simple approach landing system

[3]

Letiště České Budějovice v současnosti disponuje službou AFIS, v nedávné době byla provedena obnova dráhového značení a dostupný je i systém PAPI. [10]. Pro certifikaci letiště je tedy z hlediska legislativy nutné zavedení dráhového osvětlení a osvětlení pojezdových drah.

5.5.6 Návrh postupů příletu (Příletových tratí, jednotlivých úseků přiblížení a úseku vyčkávání) včetně stanovení minimálních výšek a ochranných prostorů

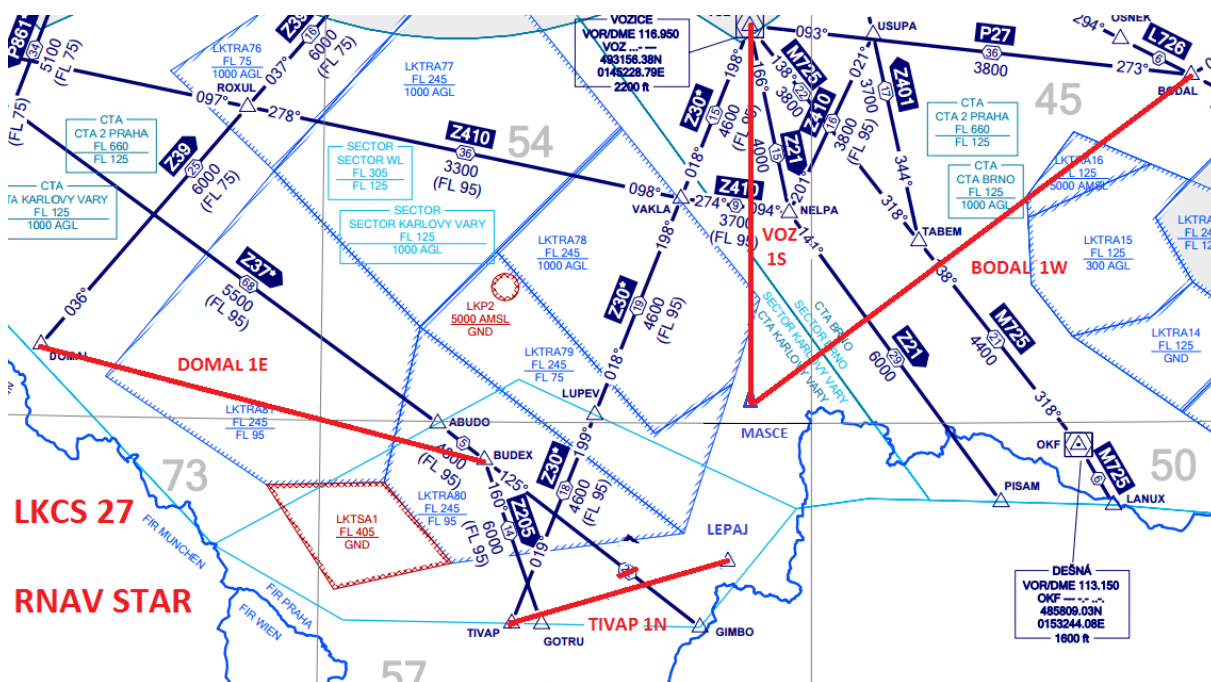
O této části pojednává podrobně kapitola 5.6

5.6 NÁVRH POSTUPŮ PŘÍLETU PRO DRÁHU 27 NA LKCS

5.6.1 Příletové tratě

Z každé světové strany by měla být zkonstruována jedna příletová trať tak, aby letadla mohla plynule a pokud možno co nejpřímější cestou s co nejméně zatáčkami nalétávat trať až na bod počátečního přiblížení IAF. Při studii mapy spodních tratí ve vzdušném prostoru ČR se jeví jako nejvhodnější body DOMAL, TIVAP, všesměrový radiomaják VOR/DME VOZ (Vožice) a BODAL. Pro příletové tratě TIVAP 1N, BODAL 1W a VOZ 1S bude nutné definovat traťové body MASCE a LEPAJ, sloužící jako body počátečního přiblížení IAF

Obrázek 10 naznačuje vedení příletových tratí.



Obrázek 10, Vedení příletových tratí na dráhu 27

- Příletová trať DOMAL 1E: Magnetický směr 120°, vzdálenost 37 NM na IAF BUDEX. Minimální letová výška na příletové trati je stanovena na 5500ft (nejvyšší překážka v primárním ochranném prostoru má výšku 4469ft).
- Příletová trať TIVAP 1N: Magnetický směr 071°, vzdálenost 18 NM na IAF LEPAJ. Minimální letová výška dle mapy bude 3900 ft (nejvyšší překážka má hodnotu 2854 ft)
- Příletová trať BODAL 1W: Magnetický směr 230°, vzdálenost 42 NM na IAF MASCE. Minimální letová výška bude stanovena na 4300ft (nejvyšší překážka má hodnotu 3287 ft).
- Příletová trať VOZ 1S: Magnetický směr 173°, vzdálenost 29 NM na IAF MASCE. Minimální letová výška bude stanovena na 3500ft (nejvyšší překážka má hodnotu 2425 ft).

5.6.2 Procedura LPV

Při konstrukci LPV přiblížení na dráhu 27 bude nutné definovat několik RNAV traťových bodů, po kterých bude vedena trať z bodů počátečního přiblížení, včetně trati nezdařeného přiblížení. Při konstrukci přiblížení bylo využito podobnosti LPV procedury na letišti Karlovy Vary. Seznam a zeměpisné souřadnice RNAV bodů je uveden v tabulce 3.

Tabulka 3 - Názvy a souřadnice RNAV bodů, zavedených pro implementaci přiblížení LPV

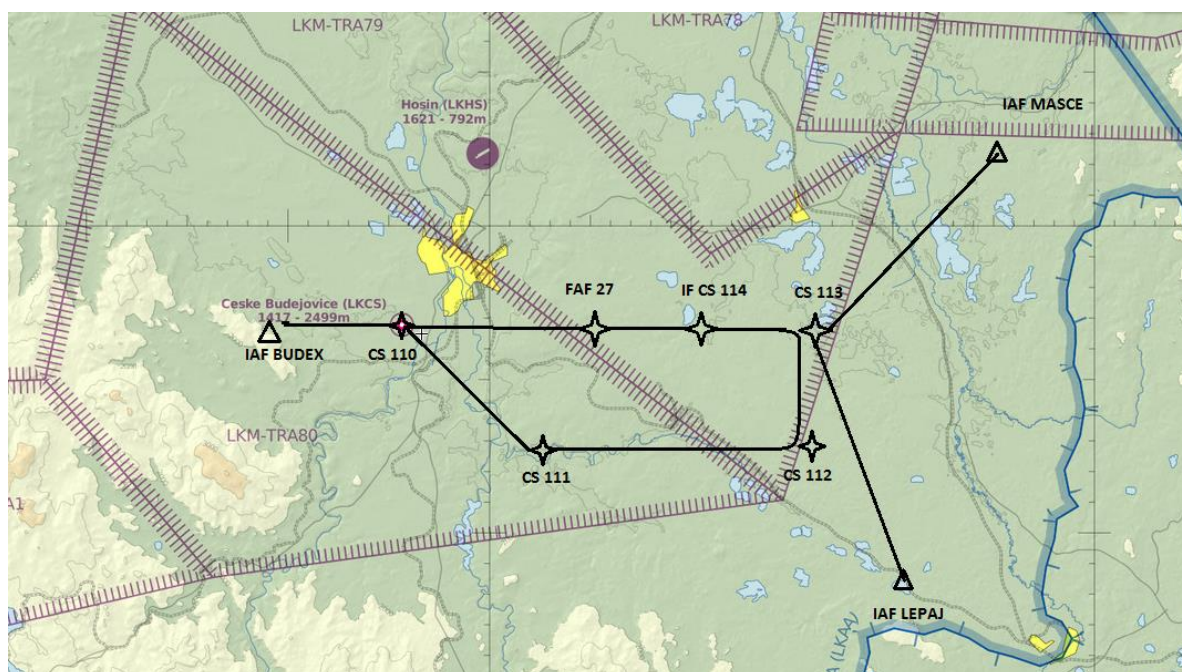
Název traťového bodu	Zeměpisné souřadnice	Typ RNAV bodu
CS110	N048°56.80' E014°25.77'	Fly-over
CS111	N048°51.12' E014°32.12'	Fly-over
CS112	N048°51.18' E014°44.09'	Fly-by
CS113 (IAF)	N048°56.80' E014°44.09'	Fly-by
CS114 (IF)	N048°56.80' E014°40.23'	Fly-over
CS27F (FAF)	N048°56.80' E014°34.20'	Fly-over
RW27	N048°56.80' E014°25.77'	Fly-over
IAF MASCE	N049°02.68' E014°55.40'	Fly-over
IAF LEPAJ	N048°48.93' E014°50.08'	Fly-over

Tabulka 4 uvádí magnetické směry a vzdálenosti v jednotlivých úsecích přiblížení.

Tabulka 4, Magnetické směry úseků na jednotlivých úsecích

Úsek mezi body	Vzdálenost	Magnetický kurz letu
BUDEX-CS110	4 NM	090°
CS110-CS111	7 NM	139°
CS111-CS112	8 NM	090°
CS112- CS113	6 NM	000°
CS113- CS114 (IF)	4 NM	270°
CS114 (IF) -FAF27	4 NM	270°
FAF27- RWY27	5,2NM	270°
MASCE-CS113	9 NM	223°
LEPAJ- CS113	8 NM	337°

Níže uvedený obrázek 11 pak naznačuje schéma procedury od bodu IAF BUDEX, resp. MASCE a LEPAJ až po práh RWY27



Obrázek 11, Procedura GNSS na dráhu 27

V příloze 1 je znázorněn vertikální profil přiblížení GNSS na dráhu 27

5.6.3 Minimální výšky nad překážkami

5.6.3.1 Minimální výšky v úseku počátečního přiblížení

Terén v okolí letiště se rozprostírá tak, že v úseku počátečního přiblížení budou stanoveny minimální letové výšky MFA takto:

- Úsek IAF BUDEX- CS110: Minimální bezpečná výška 3400 ft AMSL, nejvyšší překážka je kopec o výšce 2359ft, nacházející se v primárním ochranném prostoru úseku.
- Úsek CS110-CS111: Minimální bezpečná výška 3200 ft AMSL, nejvyšší překážka je komín, nacházející se v obci Velešín o elevaci 2139 ft AMSL, vzdálenost 2,5NM jižně od bodu CS111
- Úsek CS111-CS112: Minimální bezpečná výška 3100 ft, nejvyšší překážka má hodnotu 2068 ft.
- Úsek CS112-CS113: Z profilu terénu lze určit, že maximální výška překážky v primárním ochranném prostoru úseku má hodnotu 1995 ft AMSL: Dle předpisu L8168 lze tedy stanovit MFA na 3000 ft AMSL, při zachování minimální bezpečné výšky nad překážkami MOC o hodnotě 1000 ft.
- Úsek CS113- CS114: MFA bude stejná jako na předchozím úseku, tj. 3000 ft AMSL
- Úsek LEPAJ- CS113: MFA bude mít hodnotu 3000 ft AMSL.
- Úsek MASCE- CS113: MFA bude mít hodnotu 3100 ft AMSL, nejvyšší překážka, zasahující do primárního ochranného prostoru tohoto úseku má hodnotu 2018 ft.

5.6.3.2 Minimální výška na trati v úseku středního přiblížení

Úsek středního přiblížení začíná v bodě IF CS114, a končí v bodě konečného přiblížení FAF27. Předpis L8168 říká, že ochrana letadla od překážek v primárním ochranném prostoru je snížena na 500 ft. V sekundárním ochranném prostoru je pak bezpečná výška nad překážkami 500 ft na vnitřní hranici s prostorem primárním a postupně se snižuje až k vnější hranici, kde má hodnotu 0 ft. Vzhledem k tomu, že má již letadlo naletěnou trať konečného přiblížení, dochází k postupnému zúžení ochranného prostoru. V bodě IF má ochranný prostor stále hodnotu 5NM na obě strany, dále se však až k FAF zužuje na šířku, která závisí na druhu přiblížení, které letadlo letí. Nelze tak obecně definovat šířku ochranného prostoru okolo bodu FAF, avšak lze říci, že čím větší je přesnost navigačního zařízení, určeného pro traťové vedení, tím je ochranný prostor v bodě FAF užší. [19]

Nejvyšší překážka v úseku středního přiblížení má výšku 1759 ft AMSL, dle předpisu je tedy minimální bezpečná výška 2300 ft AMSL. Předpis L8168 ovšem říká, že optimální vzdálenost bodu FAF od prahu příslušné dráhy je 5 NM a při stanovení výšky v úseku středního přiblížení na hodnotu 2300 ft AMSL by musela být totožná i tzv. Procedure altitude- výška středního přiblížení, tj. předepsaná výška přeletu bodu FAF, vzdálenost bodu FAF od prahu dráhy 27 by tedy byla za hodnoty 2300 ft při zachování 3° klesání přibližně 3,1 NM, což se jeví z hlediska pilotáže jako nedostatečná vzdálenost. **Z tohoto důvodu bude k MOC přidána hodnota 700 ft tak, že minimální výška MFA v úseku středního přiblížení a výška středního přiblížení budou mít hodnotu 3000 ft AMSL tak, že vzdálenost bodu FAF bude mít pro tuto hodnotu vzdálenost 5,2 NM od prahu dráhy 27, čímž je splněna doporučená vzdálenost bodu FAF od prahu dráhy dle předpisu L8168.** [8]

5.6.3.3 Výška středního přiblížení (výška přeletu bodu FAF)

Výška středního přiblížení bude mít tedy dle požadavku předpisu **minimální** hodnotu 2300 ft AMSL, jak bylo určeno v kapitole 5.6.3.2. Jak již bylo ale v textu zmíněno, bude přidána hodnota 700 ft pro zachování optimální vzdálenosti bodu FAF od prahu dráhy 27, **výška středního přiblížení bude tedy mít hodnotu 3000 ft AMSL.**

Přihlédneme-li k faktu, že se v okolí letiště nenachází žádná význačná překážka, zasahující do ochranného prostoru konečného přiblížení, lze stanovit úhel sestupu na hodnotu 3°, což odpovídá přibližně sklonu 5,2 %. Z níže uvedené tabulky 5 můžeme vyčíst, že na hodnotě úhlu sestupu pak závisí i vertikální rychlost klesání během fáze konečného přiblížení. Hodnoty jsou stanoveny pro letadla kategorie A,B,C, neboť další ani ve studii neuvažujeme.

Tabulka 5, Hodnoty Vertical speed pro jednotlivé hodnoty groundspeed při zachování úhlu sestupu 3°

Ground speed (kts)	80	100	120	140	160
Vertical speed (ft/min)	416	520	624	728	832

5.6.3.4 Postupy pro vyčkávání

Při konstrukci přiblížení bude mimo jiné vhodné navrhnout i postup pro vyčkávání, tj. vyčkávací obrazec. Budou navrženy celkem 2 obrazce: 1 nad bodem konečného přiblížení FAF a bude určen pro letadla vyčkávající z důvodu provozu či kvůli počasí. Druhý vyčkávací obrazec se bude nacházet nad bodem CS110 a bude určen především pro letadla, provádějící postup nezdařeného přiblížení. V následující tabulce 6 jsou uvedeny směry

zatáček i magnetické směry odletových a příletových úseků od/k jednotlivých bodů(m), nad kterými budou publikovány vyčkávací obrazce.

Tabulka 6, Parametry vyčkávacích obrazců

Vyčkávací bod	Směr zatáček v obrazci	Magnetický směr příletové tratě	Magnetický směr odletové tratě	Délka odletové tratě (min)
CS110	Doprava	090	270	1
FAF 27	Doleva	270	090	1

Minimální výška MHA ve vyčkávacím obrazci bude stanovena ze vztahu

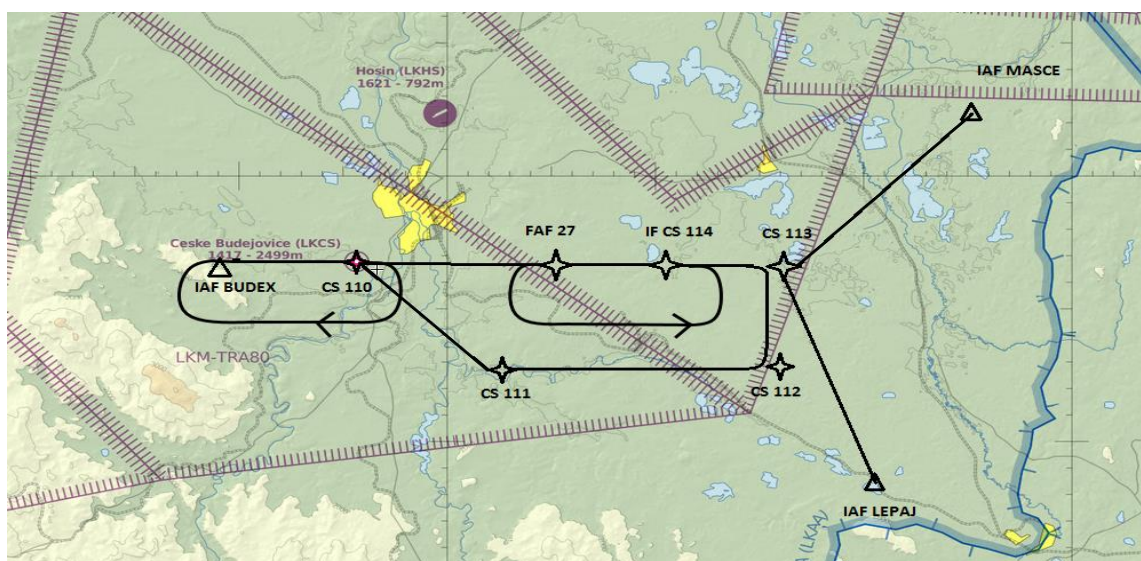
$$MHA = \text{výška překážky} + 1000\text{ft}$$

s ohledem na fakt, že se nenacházíme v horském terénu. Výška nejvyšší překážky v ochranném prostoru vyčkávacího obrazce a okolo bodu CS110 je 4057 ft, s využitím výše uvedeného vztahu tedy určíme minimální výšku MHA ve vyčkávacím obrazci, pro kterou bude platit

$$MHA = 4057 + 1000 \text{ ft} = 5100 \text{ ft po zaokrouhlení}$$

S ohledem na určení minimální bezpečné výšky MFA v úseku středního přiblížení bude hodnota MHA ve vyčkávacím obrazci nad bodem FAF27 totožná s výškou středního přiblížení, tj.3000 ft, čímž bude v obou případech splněn požadavek na MOC ve vyčkávacím obrazci dle předpisu L8168. [8]

Obrázek 12 naznačuje horizontální vedení přiblížení včetně vyčkávacích obrazců

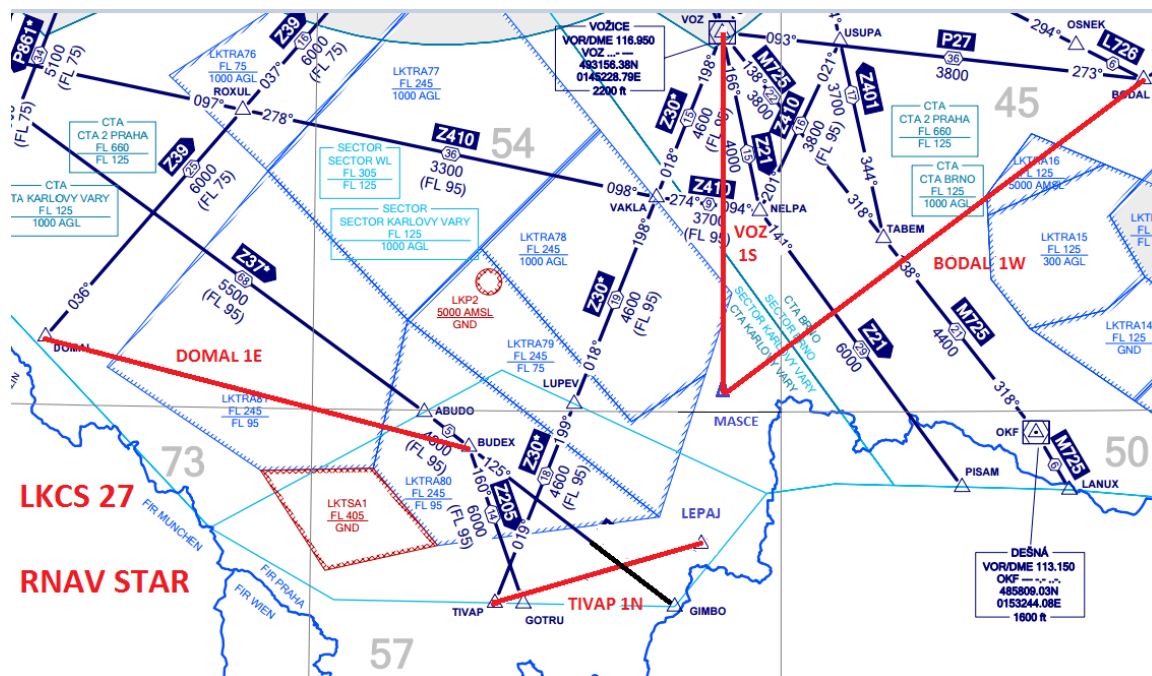


Obrázek 12, Procedura GNSS včetně vyčkávacích obrazců

Vertikální profil procedury znázorňuje příloha 1

5.6.3.5 Přítomnost významných prostorů v okolí letiště

Z traťové mapy, obsahující spodní vzdušný prostor, lze vyčíst, že se v okolí letiště nachází prostory, které by mohly být při konstrukci přiletových tratí a přiblížení významným faktorem.



Obrázek 13, vedení přiletových tratí a jejich zásah do významných prostorů

Přiletová trať DOMAL 1E zasahuje do prostoru LK TRA81 a LK TRA80 se spodní hranicí ve FL095. V případě aktivace prostoru lze předpokládat, že bude při přiletu letadla na letiště České Budějovice dostačující koordinace mezi stanovištěm, poskytujícím letové provozní služby přilétajícímu provozu, a stanovištěm, které je zodpovědné za prostor LK TRA81 a LK TRA80. Letadlo pak bude závčas přivedeno do klesání tak, aby se ještě před bodem DOMAL nacházelo pod vertikální hranicí zmíněných prostorů, tj. letovou hladinou 095. V případě, že z nějakého důvodu prostory možné podklesat nebude, bude koordinací zajištěno povolení k průletu. V případě že povolení vydat možné nebude, bude se aplikovat radarové vektorování.

Přiletová trať TIVAP 1N nezasahuje do žádného omezeného, či zakázaného prostoru, letadlo se tedy na trati může pohybovat bez omezení a koordinace mezi stanovišti ŘLP.

Přiletové tratě VOZ 1S a BODAL1W zasahují do prostorů LK TRA78 a LK TRA16. Prostor LK TRA 16 má vertikální hranice od 5000 ft AMSL do FL125, předpokládá se, že vzhledem k velké vzdálenosti od letiště se bude letadlo nacházet nad horní hranicí (FL125) LK TRA16.

V případě, že z provozních důvodů se letadlo bude nacházet mezi vymezenými hranicemi prostoru, bude koordinací zajištěno povolení k průletu, případně opět aplikováno radarové vektorování, aby se letadlo prostoru vyhnulo. Prostor LK TRA 78 má vertikální hranice od 1000 ft AGL do FL245, nebude tedy možné ho podletět či nadletět. Na místě tedy opět bude koordinace mezi jednotlivými složkami ŘLP a letadlu bude buď průlet povolen, nebo bude radarově vektorováno, aby se prostoru vyhnulo.

5.7 ZAVEDENÍ OCHRANNÝCH PROSTORŮ

Jak již bylo v předchozím textu zmíněno, pro studii proveditelnosti LPV přiblížení bude vhodné i stanovit parametry ochranných prostorů. Jelikož se studie zabývá pouze problematikou zavedení přiblížení, bude nutné stanovit ochranné prostory pro následující úseky:

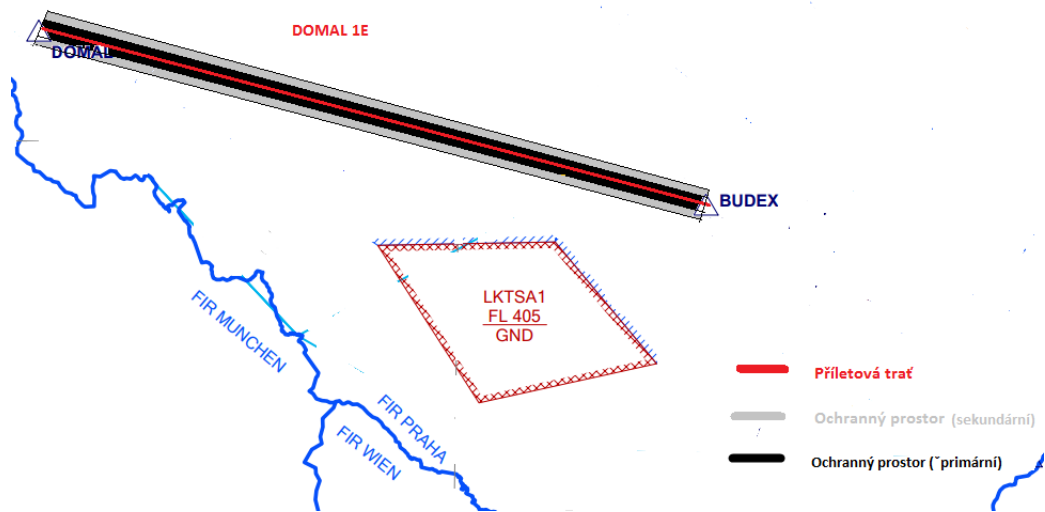
- Příletové tratě STAR
- Úsek počátečního přiblížení
- Úsek středního přiblížení
- Úsek konečného přiblížení
- Úsek nezdařeného přiblížení
- Vyčkávací obrazce

5.7.1 Ochranné prostory příletových tratí

V předchozím textu byly stanoveny celkem čtyři příletové tratě STAR. Z definice předpisu L8168 víme, že ochranný prostor příletové tratě se rozprostírá horizontálně na obě strany od příletové tratě do vzdálenosti 5 NM. Vertikální hodnoty MOC a MFA již byly v textu stanoveny.

Pro příletovou trať DOMAL 1E byla MFA stanovena pro celý úsek na hodnotu 5500 ft. V blízkosti tratě se tak nenachází žádná překážka, která by jak horizontálně, tak vertikálně zasahovala do ochranného prostoru příletové trati DOMAL1E.

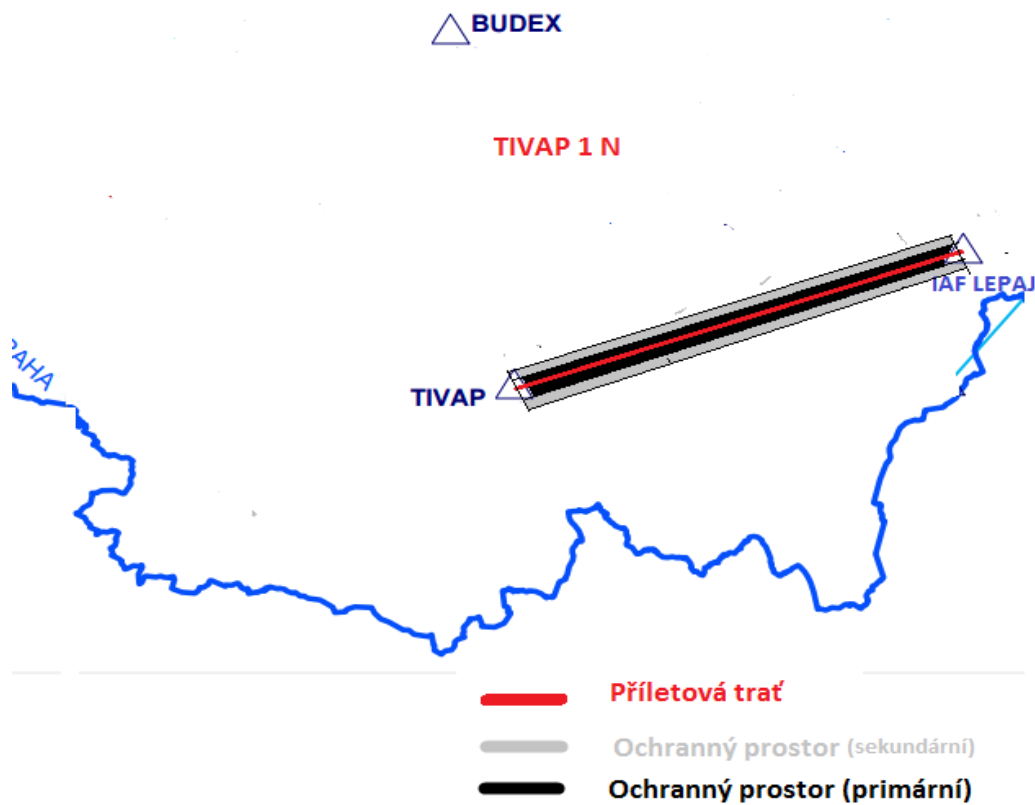
Následující obrázek naznačuje polohu a vedení ochranného prostoru tratě DOMAL 1E



Obrázek 14, Ochranný prostor příletové tratě DOMAL1E

Pro příletovou trať TIVAP 1N byla stanovena výška MFA na hodnotu 3900 ft na úseku od traťového bodu TIVAP až po IAF LEPAJ.

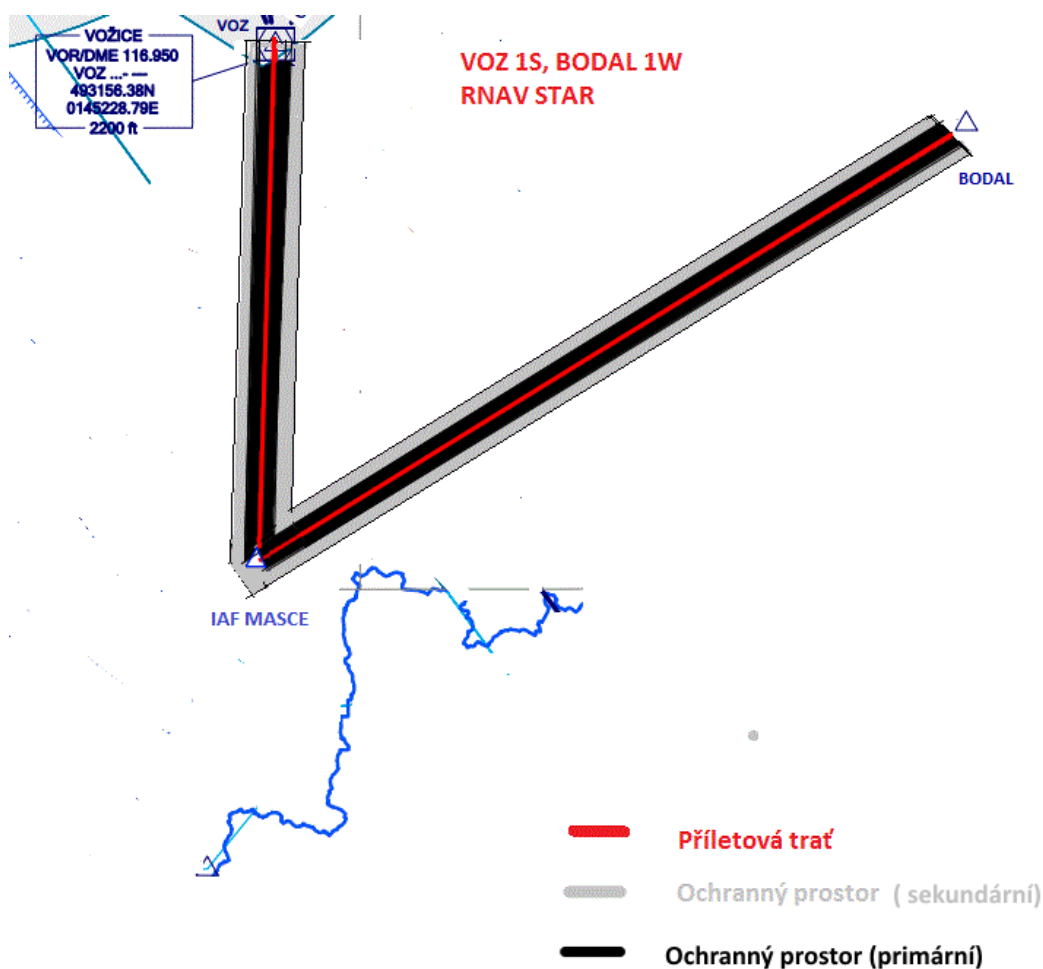
Obrázek 15 opět ukazuje vedení příletové tratě, včetně ochranného prostoru o celkové šířce 10 NM s rozdělením na primární a sekundární.



Obrázek 15, Ochranný prostor příletové tratě TIVAP1N

Příletová trať VOZ 1S: Minimální výška MFA stanovena na hodnotu 3500ft, ochranný prostor se opět rozprostírá 5 NM vlevo i vpravo od příletové tratě.

Příletová trať BODAL 1W: Minimální výška MFA stanovena na hodnotu 4300ft, ochranný prostor má opět stejnou šířku a rozložení jako v předešlých případech.



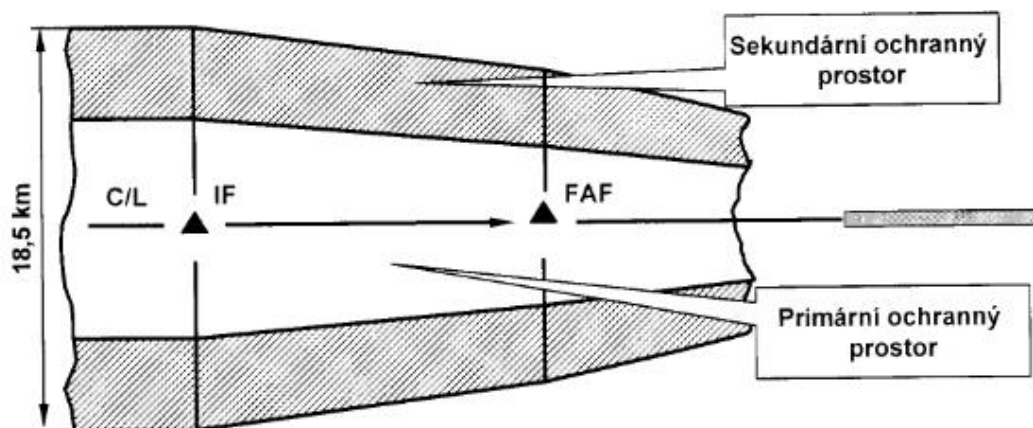
Obrázek 16, Ochranné prostory příletových tratí VOZ1S a BODAL1W

5.7.2 Ochranný prostor úseku počátečního a středního přiblížení

Definice předpisu L8168 říká, že ochranný prostor počátečního přiblížení je totožný s ochranným prostorem na příletové trati, bude mít tedy horizontální vzdálenost 5 NM na obě strany od trati středního přiblížení a vertikální hodnotu MOC 1000 ft v primárním prostoru, v sekundárním se výška MOC bude postupně snižovat až k nule. [19]

Situace u úseku středního přiblížení je trochu odlišná: V tomto úseku je opět aplikován primární a sekundární ochranný prostor. V primárním prostoru je bezpečná výška nad překážkami snížena na 500 ft, v sekundárním prostoru se snižuje od vnitřní k vnější hraně postupně až k nule. V úseku středního přiblížení se již předpokládá, že pilot má naletěnu trať konečného přiblížení, jak už bylo zmíněno dříve, v místě IF má prostor ještě na každou

stranu hodnotu 5NM, ochranný prostor se snižuje až k místě bodu FAF, kde by šířka měla odpovídat hodnotě pro LPV přiblížení [19]. V našem případě ale bude hodnota MOC v ochranných prostorech zvýšena o hodnotu 500 ft tak, aby došlo k naletění vertikálního profilu klesání v optimální vzdálenosti od prahu dráhy 27. MFA a důvody pro zavedení této výšky byly již v textu zavedeny.



Obrázek 17, Ochranný prostor úseku středního přiblížení

Zobrazení ochranných prostorů pro úsek středního přiblížení jsou pro jednotlivá přiblížení LKCS RNP 27 k dispozici v kapitole 5.8. Primární ochranný prostor je zobrazen modrou čarou, sekundární oranžovou.

5.7.3 Ochranný prostor úseku konečného a nezdařeného přiblížení

Parametry ochranného prostoru úseku konečného přiblížení nelze jednoznačně definovat, neboť jeho tvar závisí na kvalitě traťového (radionavigačního) vedení. Obecně můžeme ochranné prostory rozdělit podle přesných či nepřesných přiblížení. U nepřesného přiblížení je vzhledem k nižší přesnosti na trati ochranný prostor širší a pojme tedy víc překážek, což má za důsledek zvýšenou hodnotu výšky OCH oproti přiblížení přesnému. U nepřesného přiblížení tedy vyhledáme v celém ochranném prostoru nejnebezpečnější překážku, která je základem pro výpočet výšky OCH, pro kterou platí:

$$\text{OCH} = \text{MOC} + \text{Výška překážky}$$

Kde MOC = 90 m tam, kde není stanoven FAF a 75 m tam, kde stanoven je.

U přesného přiblížení se nepředpokládá výraznější odchylka v traťovém vedení a není tedy aplikován sekundární ochranný prostor. Výšku OCH určíme ze vztahu

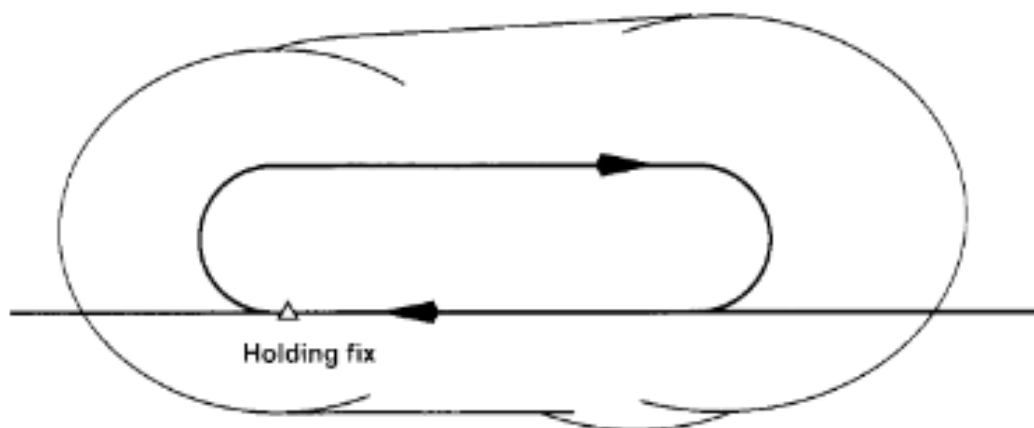
$$\text{OCH} = \text{Výška překážky} + \text{HL (height loss)}$$

Zobrazení ochranných prostorů pro konečný úsek a nezdařené přiblížení jednotlivých přiblížení je opět uvedeno v kapitole 5.8, včetně definice výše uvedeného termínu Height loss.

5.7.4 Ochranný prostor vyčkávacího obrazce

Při konstrukci ochranného prostoru vyčkávacího obrazce se předpokládá, že na příletové trati ve vyčkávacím obrazci je zajištěno traťové vedení, které ovšem pilot po přeletu radionavigačního zařízení či traťového bodu ztrácí. Lze tedy s jistotou říci, že na příletové trati vyčkávacího obrazce je nepřesnost traťového vedení menší než na odletové trati obrazce, šířka ochranného prostoru je tedy menší než u odletové trati, vlivem výše zmíněné nepřesnosti. Největší chyba v traťovém vedení se předpokládá při zatáčce, spojující odletovou a příletovou trať vyčkávacího obrazce. Je tedy jisté, že v tomto úseku je šířka ochranného prostoru největší, jak je vidět na obrázku 18.

[19]

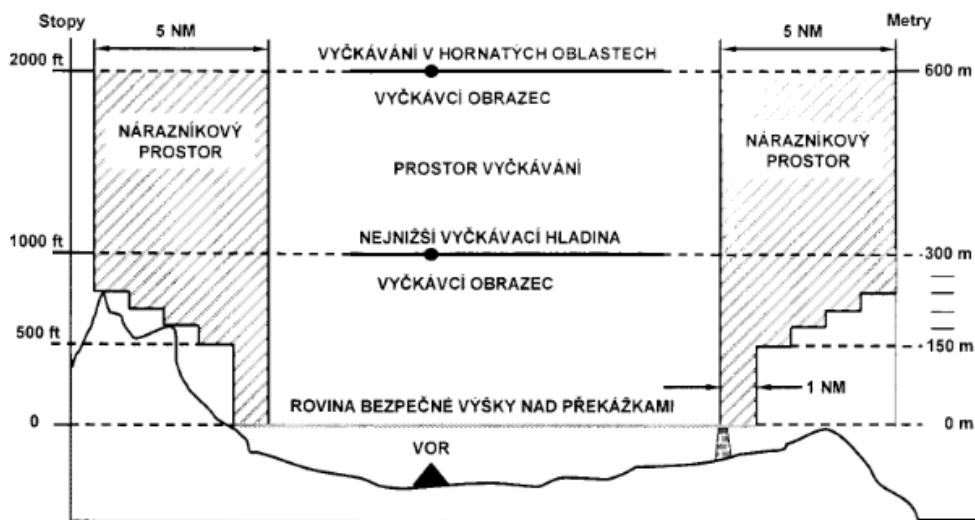


Obrázek 18, ochranný prostor vyčkávacího obrazce [19]

V tomto ochranném prostoru platí, že výška MOC je rovna 1000 ft, v horském terénu se pak $MOC=2000$ ft. Minimální výšku ve vyčkávacím obrazci tedy dostaneme ze vztahu $MHA = \text{Výška překážky} + 1000$ ft, respektive 2000 ft.

Na tento ochranný prostor navazuje tzv. nárazníkový prostor. Analogicky si ho lze představit jako obdobu sekundárního ochranného prostoru v úsecích přiblížení, či odletových a příletových tratí. Nárazníkový prostor se rozprostírá do vzdálenosti 5 NM na každou stranu od „primárního“ ochranného prostoru vyčkávacího obrazce. Výška MOC se skokově snižuje

z hodnoty 1000 ft až na hodnotu 200 ft vždy s každou celou hodnotou 1 NM od hranic nárazníkového prostoru s prostorem primárním. [8]



Obrázek 19, Nárazníkový prostor vyčkávacího obrazce

Následující tabulka 7 udává hodnoty MOC v nárazníkovém prostoru vyčkávacího obrazce.

Tabulka 7, Hodnoty MOC v nárazníkovém prostoru vyčkávacího obrazce

Vzdálenost od hranice ochranného prostoru		Výška MOC	
Kilometry	Námořní míle	Metry	Stopy
0-1,9	0-1	300	984
1,9-3,7	1-2	150	492
3,7-5,6	2-3	120	394
5,6-7,4	3-4	90	295
7,4-9,3	4-5	60	197

Jelikož byla zavedena definice a charakteristika ochranného prostoru vyčkávacího obrazce, lze nyní naznačit tvar ochranných prostorů vyčkávacích obrazců, které budou publikované na letišti České Budějovice. Vzhledem k faktu, že se jedná o studii proveditelnosti, nebude se text věnovat kompletní kalkulaci parametrů ochranných prostorů, ale s využitím uvedeného textu bude znázorněn přibližný koncept, jak budou ochranné prostory vypadat.

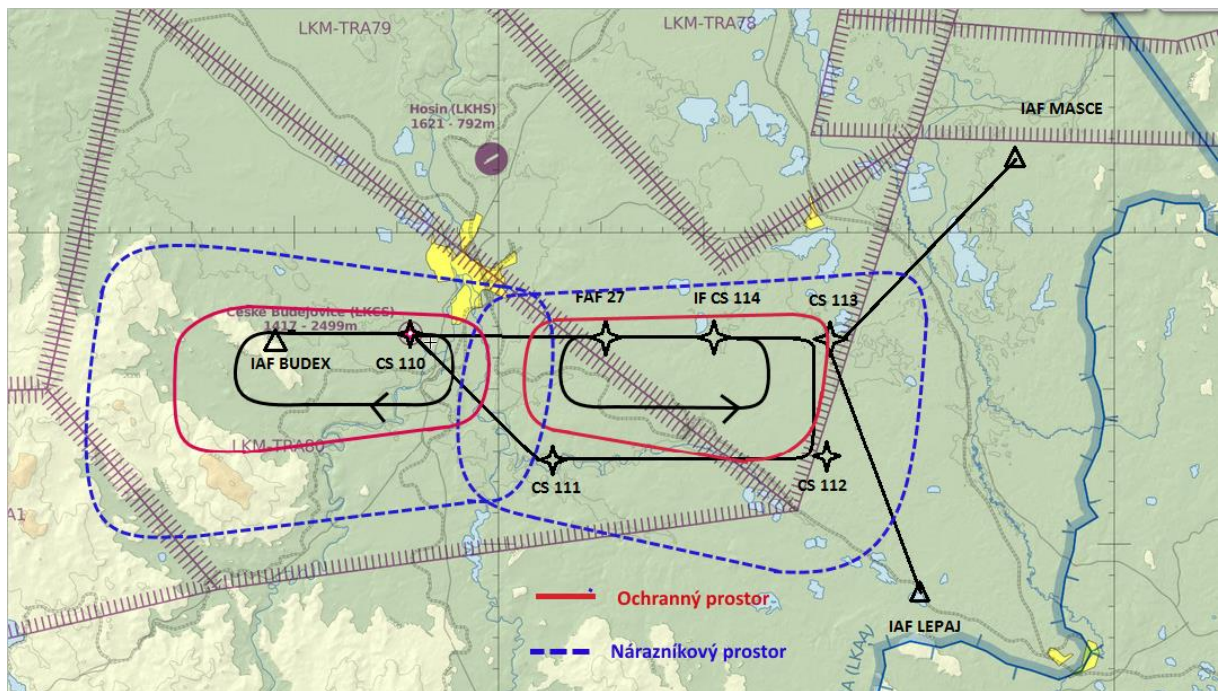
- Vyčkávací obrazec nad bodem CS110:

Minimální letová výška stanovena na hodnotu 5100 ft; zatáčky jsou pravé, lze tedy předpokládat, že ochranný prostor bude nejužší v úseku příletové tratě k bodu CS110, nejširší pak v zatáčce, propojující úsek odletové a příletové tratě

- Vyčkávací obrazec nad bodem FAF27:

Minimální letová výška stanovena na hodnotu 3000 ft; zatáčky jsou levé, dle definice předpisu L8168 lze opět s jistotou říci, že ochranný prostor bude nejužší v úseku příletové tratě k bodu FAF27, nejširší pak v zatáčce, propojující úsek odletové a příletové tratě

Na obrázku 20 je znázorněn ochranný prostor vyčkávacích obrazců



Obrázek 20, Schéma ochranných a nárazníkových prostorů vyčkávacích obrazců

5.8 URČENÍ BEZPEČNÉ VÝŠKY NAD PŘEKÁŽKAMI OCA

Nyní bude s využitím softwaru Minima estimation tool od společnosti EUROCONTROL a předpisem L8168 přistoupeno k určení bezpečných výšek nad překážkami (OCH) pro jednotlivá přiblížení.

5.8.1 Přiblížení LPV

Bezpečnou výšku nad překážkami OCA v úseku konečného přiblížení určíme ze vztahu

$$\text{OCH} = \text{Výška překážky} + \text{HL} \quad [8]$$

Ztráta výšky Height loss (HL) je výškový přírůstek, přičítající se u přesných přístrojových přiblížení k výšce překážky, jejich součet pak tvoří hodnotu OCH. Jednotlivé faktory, tvořící tento přírůstek, jsou chyba tlakového výškoměru a maximální ztráta výšky daná hmotností a kinetickou energií letadla. Pilot se rozhodne provést průlet, nastaví obvykle maximální tah motorů, ale vlivem setrvačnosti se letadlo prosedne, než opět začne stoupat. Maximální chyba tlakového výškoměru je uváděna jako 19 m, maximální ztráta výšky vlivem setrvačnosti pro kategorii D pak 30 m. Celková ztráta výšky (HL) pro kategorii D je pak $30+19=49$ m. Ačkoli chyba tlakového výškoměru je stejná, 19 m pro všechny kategorie letadel, ztráta výšky daná setrvačností letadla je pro každou kategorii jiná. Tyto výšky jsou uvedeny v tabulce 8. [19]

Tabulka 8, Hodnoty ztráty výšky pro jednotlivé kategorie letadel

Kategorie A	HL=19+21=40 m
Kategorie B	HL=19+24=43 m
Kategorie C	HL=19+27=46 m
Kategorie D	HL=19+30=49 m

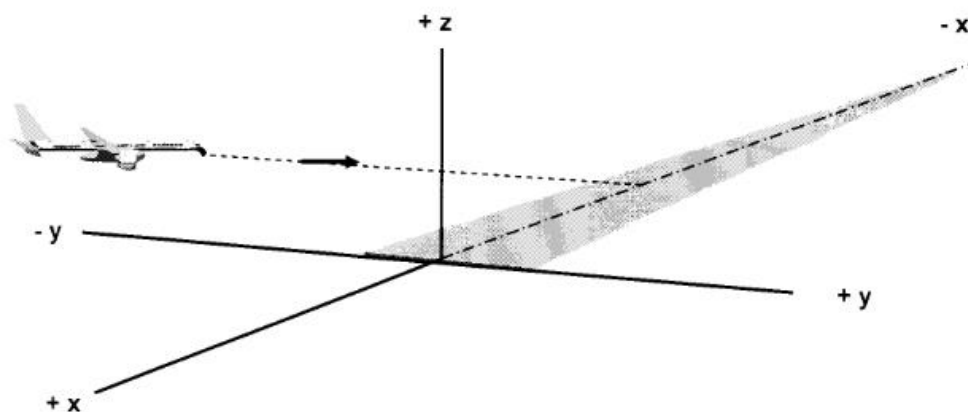
Za výšku překážky se obvykle dosazuje taková hodnota, u které se předpokládá, že protne charakteristický šestiúhelník, tzv. footprint. Jedná se o spojitou obálku rovin, zvedajících se pod určitým úhlem, vymežující ochranný prostor přiblížení a platí, že čím více se letadlo blíží k prahu dráhy, tím je vedení přesnější a ochranný prostor se tak zužuje. Pro výpočet OCH se pak použije nejvíce omezující hodnota. [19]

Při výpočtu OCH se předpokládají 3 možnosti, ovlivňující hodnotu této výšky:

- Překážka se nachází v footprintu a stává se tak pro letadlo nebezpečnou, zvyšuje tak výšku OCH. Výška se pak určí z výše uvedeného vztahu.
- Překážky, nacházející se vně footprintu, avšak v půdorysném zobrazení rovin, tvořících footprint. V tomto případě je nutné ověřit, zda nějakou z rovin protnou. Je nutné vypočítat, jak vysoko se rovina v místě překážky nachází a následně ji s výškou překážky porovnat. Pokud překážka rovinu protne, stává se pro letadlo nebezpečnou a je třeba zvýšit hodnotu OCH, s využitím opět výše uvedeného vztahu.
- Překážka, která se nachází půdorysně mimo roviny a mimo footprint, ztrácí pro hodnotu OCH význam a OCH se pak určí ze vztahu;

$$\text{OCH} = \text{Výška překážky} + \text{HL} = 0 + \text{HL}$$

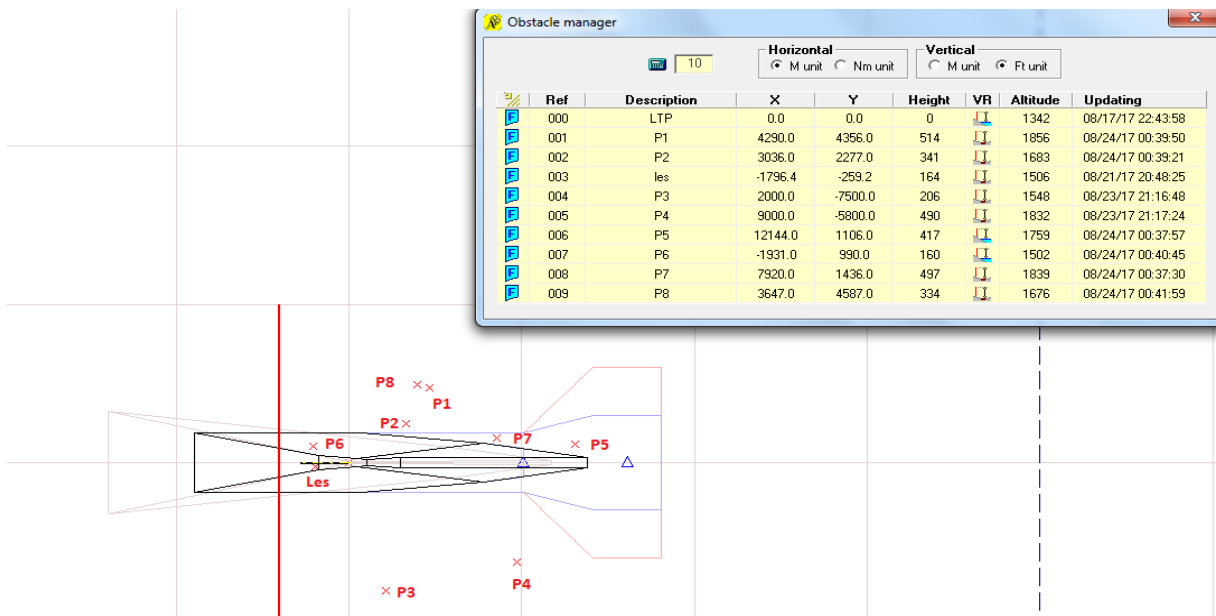
Pro zjištění, zda se překážka pro letadlo stává nebezpečnou, je nutné zavést souřadnicový systém, se středem v průsečíku prahu a osy dráhy. Se zavedeným systémem pak lze určit vzdálenosti X, Y a výšku Z od počátku souřadnicového systému. [19]



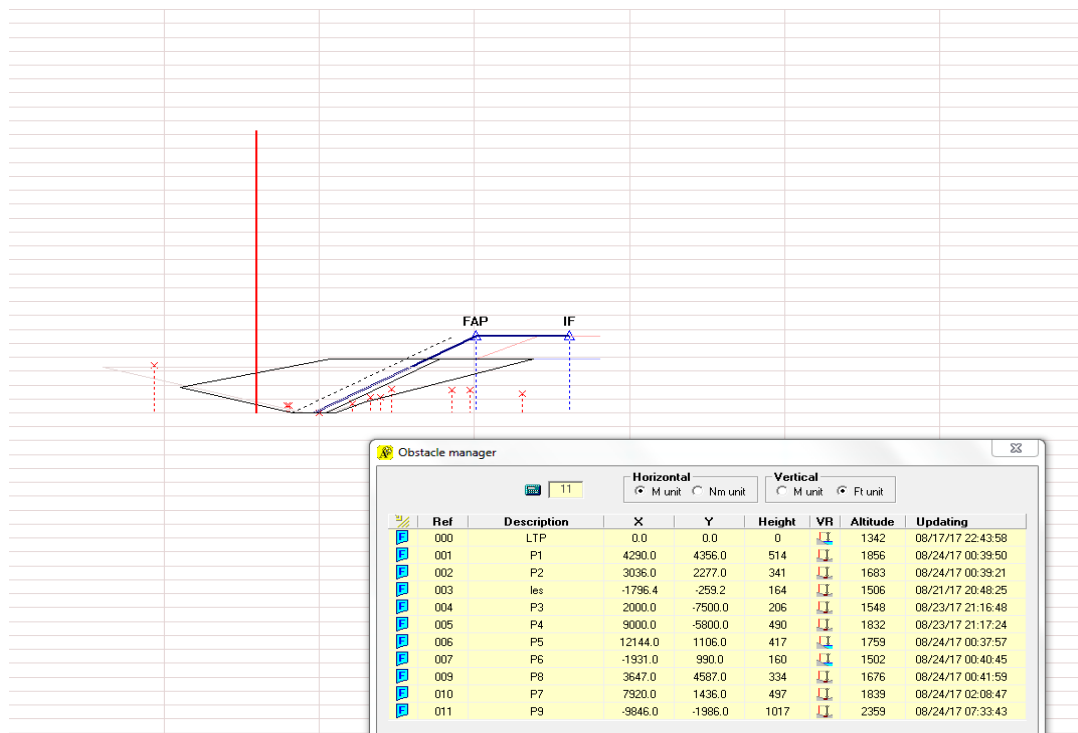
Obrázek 21, Souřadnicový systém, určený pro kalkulaci překážkových rovin [19]

Při studiu terénu v okolí letiště LKCS se jeví, že několik překážek by mohlo být pro letadlo nebezpečných a ovlivnit tak hodnotu OCH. Jejich souřadnice s využitím zavedeného souřadnicového systému jsou uvedeny v příloze 1.

Pro následné stanovení parametrů rovin a footprintu bylo využito programu Minima estimation tool, vyvinutého společností Eurocontrol. Bylo zjištěno, že překážka označená jako „Les“ protíná rovinu nezdařeného přiblížení a ovlivňuje tak hodnoty OCH pro všechny kategorie letadel. Jak je očividné z obrázků 22 a 23, překážka „Les“ se nachází ve středním úseku nezdařeného přiblížení.



Obrázek 22, Grafické zobrazení ze softwaru MET- Překážkové roviny



Obrázek 23, Grafické zobrazení ze softwaru MET, překážkové roviny- Vertikální profil

Hodnoty OCH a OCA pro jednotlivé kategorie přiblížení LPV RWY 27, určené s využitím softwaru MET jsou uvedeny v tabulce 9

Tabulka 9, Hodnoty OCH a OCA pro jednotlivé kategorie letadel pro přiblížení LPV na dráhu 27. Správnost výpočtu potvrzuje příloha 3.

Kategorie letadla	OCH (m)	OCH (ft)	OCA (ft)
A	71	233	1575
B	74	243	1585
C	77	253	1595

5.8.2 Přiblížení LNAV

S využitím předpisu L8168 a programu Minima estimation tool bude určena bezpečná výška nad překážkami OCA. Přiblížení LNAV se řadí mezi nepřesná přístrojová přiblížení, jeho charakteristikou je, že pilot nemá k dispozici skluzovou rovinu a tak ani aktuální informaci o výškové poloze letadla vzhledem k optimální sestupové rovině. Pilot má k dispozici mapu s tabulkou vzdáleností od prahu dráhy a pomocí předepsaných výšek na daných vzdálenostech porovnáváním okamžité polohy letadla, výškoměru a příslušné mapy kontroluje, zda se letadlo nachází na optimální sestupové rovině. Vzhledem k větším nepřesnostem oproti přiblížení LPV je i širší ochranný prostor přiblížení.

Bezpečná výška nad překážkami OCH se pak určí ze vztahu

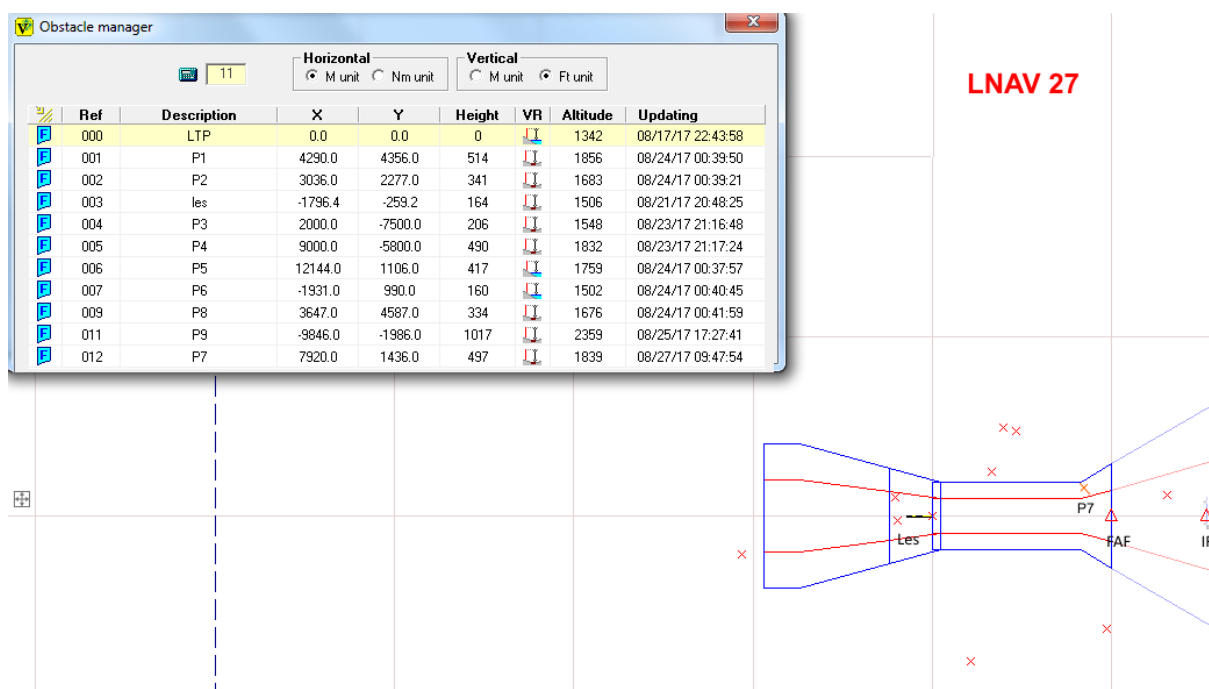
$$\text{OCH} = \text{Výška překážky} + \text{MOC}$$

Kde hodnota MOC tam, kde je stanoven FAF, činí 75 m. Jak by se mohlo zdát z obrázku 24, pro hodnotu OCH se jeví jako nejkritičtější překážka P7 o výšce 497 ft. Hodnota OCH by se pak určila ze vztahu $\text{OCH} = 497 + 246 = 746 \text{ ft}$. Výška OCH by ale byla příliš vysoká a pilot by při podmínkách IMC s nízkou základnou oblačností nemusel mít dostatečné vizuální reference a byl by tak nucen provést postup nezdařeného přiblížení.

Dle definice předpisu L8168 se určí výška OCH z výše uvedeného vztahu, s předpokladem, že hodnota MOC nad překážkou je 75 m. Překážka P7 se ovšem nachází až 4,3 NM před prahem dráhy 27, tj. 0,9NM za bodem konečného přiblížení FAF, kde byla stanovena výška přeletu na hodnotu 3000 ft. Při dodržení úhlu klesání 3° by se letadlo na úrovni této překážky

mělo nacházet ve výšce přibližně 2700 ft, z čehož lze usoudit, že výška nad překážkou se bude pohybovat okolo hodnoty 860 ft. Minimum dané předpisem L8168 je 246 ft- za požadavku, že stanovíme tzv. Step-down fix (Bod postupného klesání) s publikováním minimální bezpečné výšky na úseku FAF27-SDF27, která bude určena ze vztahu výška překážky+ MOC (75 m), budeme moci překážku P7 při kalkulaci OCH pro dráhu 27 ignorovat.

Výška překážky P7 je 497 ft AGL, s využitím výše uvedeného vztahu bude tedy minimální výška na úseku FAF27-SDF27 mít hodnotu 743 ft AGL, tj. 2090 ft AMSL.



Obrázek 24, Schéma LNAV přiblížení, včetně ochranných prostorů

Po vyloučení překážky P7 lze určit, že nejvýznamnější překážka bude nyní překážka s označením „Les“ o výšce 164 ft. Hodnota OCH pro všechny kategorie letadel tedy bude určena ze vztahu

$$\text{OCH} = 164 + 246 \text{ ft} = 411 \text{ ft}$$

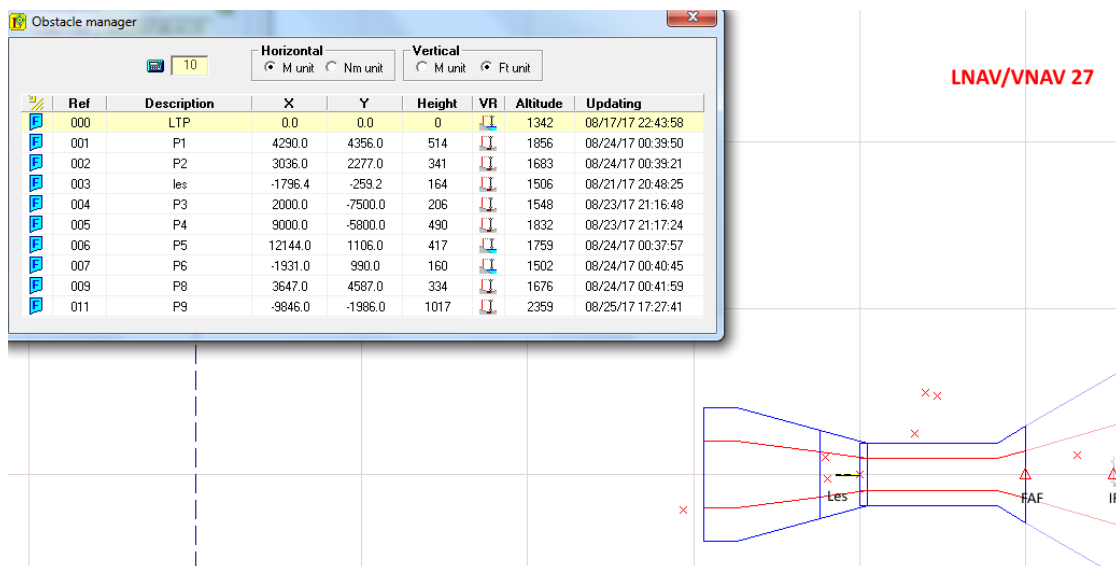
Pro kontrolu bude využit program MET. Po kalkulaci jsou programem vypočítána data, uvedená v příloze 3.

Z přílohy 3 je tedy zřejmé, že nejvýznamnější překážku tvoří les. Se znalostí zavedeného souřadnicového systému můžeme určit, že se překážka nachází 259 m vlevo od dráhy 27 a 1796 m za jejím prahem.

V mapě tedy bude publikována hodnota OCH = 411 ft a OCA = 1753 AMSL.

5.8.3 Přiblížení LNAV/VNAV

Přiblížení LNAV/VNAV patří mezi přiblížení s vertikálním vedením APV. Pro tento druh přiblížení je typické, že má pilot k dispozici neustále směrové i vertikální vedení (pomocí výškoměru) , avšak přiblížení nesplňuje kritéria přiblížení přesného. S využitím programu MET byla opět určena OCH pro přiblížení LNAV/VNAV na hodnotu 243 ft pro všechny kategorie.



Obrázek 25, přiblížení LNAV/VNAV

Kalkulace OCH je opět potvrzena v příloze 3.

6 EKONOMICKÝ DOPAD A STATISTIKA LETIŠTĚ

6.1 FINANČNÍ NÁKLADY NUTNÉ PRO ZAVEDENÍ LPV PŘIBLIŽENÍ.

LPV přiblížení a využití SBAS se jeví provozovateli letiště jako velmi výhodná varianta. LPV přiblížení je nejpřesnější ze všech RNP přiblížení, kvalitou odpovídá i přibližně přiblížení podle přístrojů ILS.V současné době jsou navigační signály EGNOS, GPS a GLONASS bezplatné, ze strany provozovatele letiště tudíž není nutné budovat speciální infrastrukturu v porovnání s například systémem ILS či VOR.

Pokud nyní nebudeme uvažovat náklady, nutné na schválení letiště dle podmínek IFR a náklady nutné na roční údržbu potřebných prostředků, můžeme určit náklady nutné na financování studie a zavedení přiblížení LPV. Tyto náklady můžeme rozdělit do dvou skupin, které jsou popsány v následující tabulce 10

Tabulka 10, Rozdělení nutných nákladů na zavedení přiblížení LPV [22]

Náklady nutné pro zavedení procedury	Ostatní náklady
Návrh procedury	Rozložení vzdušného prostoru
Tvorba map (Formátu AIP)	Analýza možné kolize provozu s provozem ze sousedních letišť
Změny v publikaci AIP	Praktické zavedení změn ve vzdušném prostoru
Případná letová inspekce	Koordinace mezi stanovišti řízení letového provozu
	Příprava dokumentace, nezbytné k certifikaci místním úřadem pro změny vzdušného prostoru
	Opakované pravidelné přezkoumávání místními orgány, zda je procedura nadále vyhovující

Náklady, uvedené v tabulce, se pohybují ve výši cca 650 000 Kč za zavedení procedury LPV spolu s LNAV a LNAV/VNAV. [22]

6.2 STATISTIKY PROVOZU NA LETIŠTI ČESKÉ BUDĚJOVICE

Jedna z největších výhod ze strany letiště je, že není potřeba vynaložit téměř žádné finanční prostředky na údržbu, případně roční obnovu zařízení, jak je tomu například u radionavigačních zařízení umístěných na letišti u některých druhů přiblížení. Vhodná oblast investice se nachází v oblasti certifikace a údržby letiště, aby mohlo obsluhovat lety podle přístrojů IFR. Jelikož letiště České Budějovice nemohlo zveřejnit interní dokumenty, specifikující náklady nutné na přechod letiště na podmínky IFR, bude se studie zabývat pouze náklady nutnými na implementaci přiblížení. Tabulka 11 ukazuje, kolik přistání se na letišti během let 2009-2016 vyskytlo. Hodnoty jsou rozděleny dle MTOW.

Tabulka 11, Statistiky pohybu s rozdělení dle MTOW [34]

Rok	Počet přistání	Počet přistání	Počet přistání	Počet přistání celkem
	ULL	MTOW <2t	MTOW >2t	
2009	3875	243	105	4224
2010	3626	451	41	4119
2011	3386	687	83	4156
2012	2407	797	99	3299
2013	2440	603	107	3150
2014	2769	801	98	3668
2015	2436	809	348	3593
2016	2336	1069	654	4059

Z tabulky lze vyčíst, že počet přistání letadel kategorie ULL od roku 2009 do roku 2016 klesl cca o 40%. Oproti tomu, dle statistik lze říci, že provoz letadel v kategorii MTOW <2 t a MTOW >2t se v posledních letech zvýšil. Dle odhadů společnosti *Jihočeské letiště České Budějovice a.s.* se předpokládá, že provoz by po zavedení procedury vzrostl až o 20%

6.3 PŘISTÁVACÍ POPLATKY

Přistávací poplatky na letišti můžeme rozdělit do čtyř kategorií, které specifikuje následující tabulka 12

Tabulka 12, ceník přistávacích poplatků na letišti s rozdělením dle MTOW [10]

Ultralehká letadla	50 Kč
Letadla do 1 t MTOW (vč.)	100 Kč
Letadla do 2 t MTOW (vč.)	150 Kč
Letadla nad 2t MTOW- každá započatá tuna	200 Kč

Pokud budeme kalkulovat s počtem přistání jednotlivých letadel dle kategorie MTOW za rok 2016 a výše uvedenými cenami přistávacích poplatků, získáme dle rozdělení z tabulky hodnotu 407 950 Kč, vybranou pouze na přistávacích poplatcích. V praxi ale bude částka vyšší, jelikož na letišti pravidelně létají letadla o MTOW > 2 t, kterým je účtováno 200 Kč za každou započatou tunu navíc. Statistiky letiště ale uvádí pouze počty MTOW > 2 t bez dalšího rozdělení, částku tedy nelze přesně určit. Jak již bylo v předchozím textu zmíněno, po zavedení přiblížení LPV se předpokládá nárůst provozu až o 20% [34], odhad tedy bude takový, že přibližně 4. rok zavedení přiblížení bude na přistávacích poplatcích vybráno cca 489 000 Kč. Vzhledem k tomu, že se u přiblížení LPV počítá cca s 650 000 Kč na implementaci a zavedení procedury, jeví se částka vybraná na poplatcích jako nedostatečná. Navíc se jedná o obrát, ne zisk, tzn. nejsou odečteny náklady, vynaložené na provoz letiště (údržba budov, letištních ploch, platy zaměstnancům...)

6.4 EKONOMICKÁ STUDIE METODOU ZAVEDENÍ PŘIBLIŽOVACÍCH POPLATKŮ

6.4.1 Přibližovací poplatky

Nejřešitelnějším provedením je zavedení tzv. přibližovacích poplatků. Jedná se o poplatky, vyměřené pro lety IFR, pokrývající náklady řízení letového provozu, náklady na provoz a údržbu radionavigačních zařízení a v neposlední řadě náklady na pravidelné udržování leteckých dat jako jsou mapy, předpisy a certifikaci příslušných přibližovacích procedur. Dle ceníku na stránkách podniku Řízení letového provozu ČR [36] se cena na letištích, kde tento podnik poskytuje své služby, rovná přibližně 6800 Kč za přibližovací jednotku. Pro její výpočet platí následující jednoduchý vzorec (1.1)

$$(1.1) \quad \text{Přibližovací jednotka} = \left(\frac{MTOW}{50}\right)^{0,7} \quad [36]$$

Kde za MTOW dosazujeme hodnotu v tunách.

Pokud tedy budeme předpokládat, že by na letišti České Budějovice působil podnik ŘLP ČR, letadlům o hodnotě MTOW 2 t by byl účtován poplatek za 1 přiblížení cca 714 Kč.

Na letišti České Budějovice se ale přítomnost ŘLP ČR zavést neplánuje, současné koncepce počítají pouze s poskytováním služby AFIS, bez nutnosti nákladů na údržbu radionavigačních zařízení, neboť vzhledem k plánované implementaci přiblížení LPV se nepočítá s jejich instalací, proto lze říci, že výše vypočtená cena a postup pro výpočet by byl nadsazený.

6.4.2 Stanovení průměrné ceny za přibližovací poplatek na základě dostupných údajů

Studie nyní stanoví fiktivní částku za přibližovací jednotku, s jejíž pomocí se pokusí určit za jak dlouho se zavedení procedury vyplatí. Jak již bylo zmíněno, částka, kterou si účtuje ŘLP ČR by byla vzhledem k rozdílu poskytovaných služeb příliš vysoká, stanovíme tedy za přibližovací jednotku přibližně poloviční částku, tj. 3500 Kč. Pomocí této odhadnuté částky nyní bude vypočítán časový údaj, za jak dlouho se implementace vyplatí.

Vzhledem k faktu, že statistika, dodaná společností Jihočeské letiště České Budějovice, uvádí pouze rozdělení letadel do kategorií ULL (<450kg), MTOW 450 kg- 2 t a MTOW > 2 t, nebude odhad příliš přesný. Z materiálů, publikovaných společností Jihočeské letiště České Budějovice lze určit, že v roce 2015 byl součet všech hmotností letadel, přistávacích na letišti celkem 3682 t. [34] S využitím tabulky 11 je pak zřejmé rozdělení do 3 kategorií dle maximálních vzletových hmotností.

- Vynásobíme-li hmotnost 450 kg počtem přistání ULL za rok 2015, získáme přibližnou celkovou hmotnost letadel ULL, přistávajících na letišti České Budějovice za rok 2015, o hodnotě 1100 kg.
- Kategorie 450 kg-2 t. Vzhledem k chybějícím údajům o rozdělení aktuálních MTOW bude stanovena průměrná hodnota. Pro účely studie bude tedy uvažována hodnotu přibližně 1200 kg. Pokud tuto hmotnost vynásobíme počtem přistání za rok 2015, získáme hodnotu cca 970 t.
- Jelikož u třetí kategorie není k dispozici údaj, omezující MTOW shora, můžeme se nyní pokusit určit průměrnou MTOW kategorie > 2 t. Jak již bylo zavedeno, celková

tonáž za rok 2015 je rovna hodnotě 3682 t. Pokud nyní od této hodnoty bude odečtena suma tonáže ULL a letadel < 2 t, získáme hodnotu 1612 t. Vydělíme-li toto číslo počtem přistání letadel nad 2 t za rok 2015, výsledkem bude průměrná hodnota MTOW v kategorii nad 2 t = 4,6 t.

V praxi se tato čísla mohou a pravděpodobně i budou značně lišit. Hodnota průměrné MTOW letadel v kategorii >2 t bude s největší pravděpodobností vyšší. Bohužel kvůli neúplným statistikám nebylo možné pro účely studie hodnoty přesněji zjistit.

Se zavedením ceny za přibližovací jednotku se nyní zavede cena za průměrnou MTOW kategorie 450 kg- 2 t a MTOW >2 t.

- Kategorie 450 kg- 2 t: Se zavedením výše uvedeného vzorce určíme, že přibližovací poplatek za hmotnost 1200 kg se přibližně rovná částce 260 Kč.
- Kategorie > 2t: S využitím zavedeného vzorce lze opět určit, že cena přibližovacího poplatku pro letadla o hmotnosti 4,6 t se přibližně rovná částce 660 Kč.

Pokud bychom tedy měli určit průměrný zisk za 1 přiblížení LPV, určíme vážený průměr výše uvedených cen pomocí následujícího vzorce:

$$(1.2) \quad P_c = \frac{S_1.C_1 + S_2.C_2}{S_1 + S_2}$$

Kde	S_1	je suma přistání letadel za rok 2015 o MTOW < 2 t dle statistik letišť
	S_2	je suma přistání letadel o MTOW > 2 t dle statistik letišť
	C_1	je vypočítaná cena za 1 přiblížení letadel o průměrné MTOW kategorie <2 t (1200 kg)
	C_2	je vypočítaná cena za 1 přiblížení letadel o průměrné MTOW kategorie >2 t (4,6 t)

Po dosazení výše uvedených hodnot do vzorce tedy získáme průměrnou cenu P_c za přibližovací poplatek $P_c = 480$ Kč.

6.5 KALKULACE NÁVRATNOSTI INVESTIC S VYUŽITÍM PROGRAMU EBCAST

6.5.1 Zavedení a definice proměnných

Pro další účely studie (Návratnost investic) nyní bude využito programu EBCAST od společnosti ESSP.

Obrázky 27, 28, 29 a 30 stanovují vstupní hodnoty, pomocí kterých bude určena návratnost investice za přiblížení LPV.

The image shows two sections of a software interface. The first section, titled "Airport characteristics", contains three input fields: "Average percentage of DDC occurrences (%)" with a value of 0.59, "Average percentage of DDC potentially avoidable thanks to EGNOS (%)" with a value of 48.50, and "Number of runway ends in the airport" with a dropdown menu set to 1. The second section, titled "Period", contains one input field: "Period of analysis (from now on years)" with a value of 6. Each input field has an information icon (i) to its right.

Obrázek 27, Charakteristiky letiště programu EBCAST [22]

Kde

- DDC occurrences (Delays, Diversions, Cancellations) je údaj v procentech, specifikující kolik letů ročně je průměrně nuceno díky meteorologickým vlivům zrušit let, divertovat na náhradní letiště či je zpožděno. Za hodnotu DDC byla stanovena programem označená hodnota jako standardní.
- Average percentage of DDC avoidable thanks to EGNOS je údaj v procentech, stanovující kolik % letů z DDC by bylo potenciálně schopných se díky zavedení přiblížení LPV za pomocí SBAS systému EGNOS vyhnout faktorům DDC. Opět byla volena předvolená hodnota v programu.
- Number of runway end in the airport je počet přístrojových drah, na kterých je přiblížení zavedeno

- Period of analysis je doba, pro kterou bude studie provedena.

Pomocí obrázku 28 lze definovat další proměnné, potřebné pro kalkulaci návratnosti investic

Traffic and equipage forecast

	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Traffic forecast, movements (baseline) ⓘ	4200	4350	4450	4500	4600	4750
Traffic proportion RW end #1 (%) ⓘ	100	100	100	100	100	100
Forecast add. traffic due to EGNOS network accessibility RWY end #1 (%) ⓘ	5	5	5	5	0	0
% of equipped fleet, forecast (baseline) ⓘ	5	5.75	6.61	9.92	21.82	48.01

Obrázek 28, předpokládaný nárůst provozu na LKCS, program EBCAST [22]

Kde

- Traffic forecast movement je předpokládaný počet pohybů i za předpokladu, že procedura nebude zavedena. Ze statistik pohybů na letišti České Budějovice byl odhadnut předpokládaný nárůst v následujících letech
- Traffic proportion RW end je procentuální poměr pohybů na jednotlivých koncích drah
- Forecast additional movement due to EGNOS network je předpokládaný nárůst provozu od zavedení procedury. Letiště České Budějovice tuto hodnotu odhaduje na 20 % během několika let od zavedení přiblížení. Pro účely studie bude uvažován časový údaj 4 let.
- % Of equipped fleet forecast je předpokládaný procentuální odhad letadel, vybavených pro přiblížení LPV, přilétajících na letiště za předpokladu, že zatím ještě není přiblížení zavedeno.

Investment configuration

Runway end #1

LPV ⓘ

Procedure investment costs (€) ⓘ

Other associated costs (one-off) (€) ⓘ

When? (year) ⓘ

Periodic costs (€) ⓘ

Periodic (years) ⓘ

Obrázek 29, odhadované náklady na implementaci LPV přiblížení, program EBCAST [22]

Za celkové náklady bude dosazena přibližná cena 650 000 Kč [22]. Bude se předpokládat, že bude implementace dokončena roku 2018, s periodickými náklady 1000 € za kontroly, zda procedura vyhovuje mezinárodním standardům či případným úpravám procedury či map. Programem byla stanovena základní hodnota na 4 roky.

Savings model configuration

Ground-side revenue per movement (€) ⓘ

Obrázek 30, odhadovaný zisk z jednoho přiblížení, využívající LPV, program EBCAST [22]

Dále bude nutné zadat předpokládaný zisk za jeden pohyb letadla. Za předpokladu, že ve studii stanovené přibližovací poplatky budou určeny čistě na implementaci procedury, lze tuto částku určit za zisk. Ve studii byla určena průměrná hodnota poplatku 480 Kč, což odpovídá přibližně 18 € .

6.5.2 Vyhodnocení a určení návratnosti zisků z předpokládaného výhledu provozu

Po zadání proměnných do programu byla získána následující data:

Savings of disruption costs (constant euro)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
RW end #1. Avoided disruptions	0.6	0.7	0.8	1.3	2.9	6.5	48.7	59.4	66.1	73.6
RW end #1. Savings due to avoided DDC	11 €	13 €	15 €	23 €	52 €	117 €	877 €	1069 €	1190 €	1324 €

Benefits due to EGNOS-enabled network accessibility (constant euro):

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
RW end #1. Delta movs, EGNOS alone	210.0	427.5	650.0	875.0	875.0	875.0	875.0	875.0	875.0	875.0
RW end #1. Benefits, network accessibility	3780 €	7695 €	11700 €	15750 €	15750 €	15750 €	15750 €	15750 €	15750 €	15750 €

Obrázek 31, program EBCAST, zhodnocení implementace procedury [22]

- Řádek RW end. Avoided disruptions ukazuje, kolik letů díky zavedení přiblížení LPV nebylo zrušeno, nebylo nuceno divertovat na náhradní letiště či nebylo vlivem meteorologických podmínek opožděno.
- RW end.savings stanovuje, kolik € bylo ze strany letiště ušetřeno na poplatcích, které by jinak vlivem DDC nebyly fakturovány.
- RW end. Delta movs. stanovuje nárůst provozu v jednotlivých letech, díky zavedení přiblížení LPV. Letištěm bylo odhadnuto, že by provoz během pár let (pro účely studie byl zvolený časový údaj 4 roky) mohl nárůst činit hodnotu až 20% .
- RW end. Benefits jsou zisky letiště, vybrané na přibližovacích poplatcích, stanovených pro proceduru LPV.

BC Results

Year	Investments	Periodic cost	Savings	Net savings	Accrued
2018	23000 €	- €	3791 €	-19209 €	-19209 €
2019	- €	- €	7708 €	7708 €	-11501 €
2020	- €	- €	11715 €	11715 €	214 €
2021	- €	- €	15773 €	15773 €	15987 €
2022	- €	1000 €	15802 €	14802 €	30789 €
2023	- €	- €	15867 €	15867 €	46656 €

NPV 37259.75 € ⓘ

Breakeven at 2.98 years ⓘ

IRR 52 % ⓘ

Obrázek 32, program EBCAST, zhodnocení implementace procedury [22]

- Sloupec „Investments“ stanovuje investice nutné pro zavedení přiblížení LPV. Tyto náklady byly odhadnuty na částku 23 000 €
- Periodic costs představují pravidelné náklady, nutné na pravidelné kontroly, zda procedura odpovídá příslušným standardům a požadavkům a případně na modifikaci či úpravu procedury včetně zanesení do map.
- Savings představují tržby na přibližovacích poplatcích v jednotlivých letech.
- Net savings představují zisky po odečtení nákladů (Investments, periodic cost) od savings
- Accrued představují akumulované zisky. Ze sloupce accrued lze zjistit, že akumulované zisky s každým rokem rostou o hodnotu Net savings.
- Net present value - Čistá současná hodnota, obvykle se používá zkratka NPV nebo ČSH, je jedním z nejvhodnějších a nejpoužívanějších finančních ukazatelů. Je v něm zahrnuta celá doba životnosti projektu, i možnost investování do jiného stejně rizikového projektu.. Pokud vyjde NPV kladné, je projekt přípustný. Oproti tomu pokud vyjde hodnota záporná, projekt je nepřijatelný. V případě srovnání více investičních alternativ, je preferována vyšší NPV. [31]

V našem případě vyšla hodnota 37 259€, projekt je tudíž výhodný.

- Vnitřní výnosové procento (anglicky Internal rate of return), obvykle se používá zkratka IRR, je ukazatel pro relativní výnos (rentabilitu), kterou projekt během svého životního cyklu poskytuje. [32]

6.5.3 Zhodnocení ekonomické studie

S využitím programu EBCAST tedy byla určena návratnost investic za zavedení přiblížení na českobudějovickém letišti. Bylo zjištěno, že při odhadnutém vývoji provozu a zhruba vypočítaném průměrném přibližovacím poplatku se náklady, investované na implementaci pokryjí přibližně do 3 let. Ve skutečnosti se ale dá odhadnout, že doba návratnosti nákladů spojených s implementací procedury bude kratší, předpokládá se totiž, že vzhledem k ne zcela přesně vypočítané průměrné hodnotě MTOW kategorie >2 t na letišti za rok 2015, která bude podle odhadu vzhledem k charakteru provozu vyšší, bude letiště ročně vykazovat vyšší zisky než za přibližného výpočtu pomocí statistik a programu EBCAST a tudíž se doba návratnosti oproti očekávané hodnotě ještě zkrátí.

Dalším, neméně důležitým uvažovaným faktorem po implementaci přiblížení je předpokládaný zájem leteckých dopravců o spojení tuzemských či zahraničních destinací s českobudějovickým letištem. Tento druh provozu by letišti přinesl jak poměrně vysoké zisky z přibližovacích poplatků, tak z poplatků přistávacích a poplatků za handlingové služby, poskytované na letišti.

7 ZHODNOCENÍ STUDIE A ZÁVĚR

Cílem této studie bylo uvedení čtenáře jak do základní problematiky přístrojového létání, družicové a prostorové navigace, tak do současné problematiky se zaváděním přístrojového přiblížení LPV na neřízených letištích, seznámení s jejich největšími překážkami, bránícími certifikaci pro pravidla letů podle přístrojů a zavedení přiblížení samotnému. Bylo představeno letiště České Budějovice, jeho stručná historie a výhledy do budoucna a naznačeno, co vše by letiště České Budějovice pro zavedení přístrojového přiblížení LPV muselo vykonat a jaké finanční prostředky by na proces muselo vynaložit. Ve studii také byla uvedena problematika konstrukce příletových tratí včetně jednotlivých úseků přiblížení a s využitím programu MET byl proveden výpočet bezpečných výšek nad překážkami, sloužících pro výpočet výšek rozhodnutí pro daná přiblížení a kategorii letadel. Nebyly identifikovány žádné význačné překážky, které by nějakým významným způsobem bránily zavedení procedury LPV.

Druhá část práce se věnovala ekonomické analýze před a po předpokládaném zavedení přiblížení. I přes skutečnost, že data, poskytnutá letištěm, byla do určité míry nepřesná, lze s jistotou říci, že by se letišti zavedení přiblížení LPV jednoznačně vyplatilo, což dokazují data, poskytnutá ze softwaru EBCAST a odhady letiště o případném zájmu leteckých dopravců.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

[1] **BEZPALEC, Pavel.** *Lokalizace a navigace* [online]. [cit. 2017-08-24]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/231/Cover.html>

[2] Global Positioning System. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-08-24]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System

[3] **KRAUS, Jakub a Tomáš DUŠA.** *INCREASING SAFETY AT UNCONTROLLED AERODROMES IN THE CZECH REPUBLIC – INTRODUCING IFR APPROACH PROCEDURES* [online]. 2012, Praha [cit. 2017-08-24]. Dostupné z: http://madgroup.fd.cvut.cz/www/upload/files/Analyza_vyuziti_SBAS_SGS12_final.pdf

[4] Area Navigation. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-08-24]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Area_navigation

[5] RNAV approaches. *EUROCONTROL* [online]. 2012 [cit. 2017-08-24]. Dostupné z: <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/2013-rnav-approaches-factsheet.pdf>

[6] Předpisy: L 6. Letecká informační služba [online]. Česká Republika: Řízení letového provozu, 2016 [cit. 2017-08-24]. Dostupné z: <http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>

[7] Předpisy: L 2. Letecká informační služba [online]. Česká Republika: Řízení letového provozu, 2016 [cit. 2017-08-24]. Dostupné z: <http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>

[8] Předpisy: L 8168. Letecká informační služba [online]. Česká Republika: Řízení letového provozu, 2016 [cit. 2017-08-24]. Dostupné z: <http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>

[9] Letiště České Budějovice. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-08-24]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Leti%C5%A1t%C4%9B_%C4%8Cesk%C3%A9_Bud%C4%9Bjovice

[10] *Letiště České Budějovice- Technické informace* [online]. [cit. 2017-08-24]. Dostupné z: <http://www.airport-cb.cz/cz/page/12/technicke-info.html>

[11] *Letiště České Budějovice- Modernizace* [online]. [cit. 2017-08-24]. Dostupné z: http://www.airport-cb.cz/index.php?art=page&art_id=34&lang=

[12] Letiště v Budějovicích se kvůli pochybnostem modernizovat nebude. *E15.cz* [online]. [cit. 2017-08-24]. Dostupné z: <http://zpravy.e15.cz/domaci/udalosti/letiste-v-budejovicich-se-kvuli-pochybnostem-modernizovat-nebude-rozhodl-uohs-1332127>

[13] KRAUS, Jakub, Jakub NINGER a Karel JEŘÁBEK. *Implementation and certification of LPV approach and options for VFR aerodromes*. Praha, 2012. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Dopravní.

[14] KRCH, Miloslav. *Porovnání zavádění SBAS sestupů na neřízených letištích mezi USA a Evropou*. Praha, 2015. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní.

[15] DRAFT GUIDANCE MATERIAL FOR THE IMPLEMENTATION OF RNP APCH OPERATIONS. *ICAO* [online]. Paris, 2012 [cit. 2017-08-25].

[16] ICAO Doc 8071, volume II : Manual on Testing of Radio Navigation Aids- fifth edition. *International Civil Aviation Organization* [online]. 2007 [cit. 2017-08-25].

[17] A37-11: Performance-based navigation global goals. *ICAO* [online]. 2010 [cit. 2017-08-28]. Dostupné z: https://www.icao.int/safety/pbn/PBN%20references/Assembly%20Resolution%2037-11_%20PBN%20global%20goals.pdf

[18] Předpisy: L 11, dodatek N. Letecká informační služba [online]. Česká Republika: Řízení letového provozu, 2016 [cit. 2017-08-24]. Dostupné z: <http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>

[19] SOLDÁN, Vladimír. *Letové postupy a provoz letadel*. Jeneč: Letecká informační služba Řízení letového provozu České republiky, 2007. ISBN 978-80-239-8595-5.

- [20] Rozdělení vzdušného prostoru. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-08-25]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Vzdu%C5%A1n%C3%BD_prostor#T.C5.99.C3.ADdy_vzdu.C5.A1n.C3.A9ho_prostoru_.28podle_ICAO.29
- [22] *EBCAST Tool methodology* [online]. ESSP, 2017 [cit. 2017-08-28]. Dostupné z: https://egnos-user-support.essp-sas.eu/new_egnos_ops/content/ebcast-tool
- [23] *What is SBAS?* [online]. [cit. 2017-08-26]. Dostupné z: <https://www.egnos-portal.eu/discover-egnos/about-egnos/what-sbas>
- [24] nařízení Evropské komise č. 923/2012 [PDF]. European Aviation Safety Agency. [Online] 2012. [Cit.2017-08-27] <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:281:0001:0066:CS:PDF>
- [25] VFR Příručka [online]. Česká Republika: Řízení letového provozu ČR, 2017 [cit. 2017-08-28]. Dostupné z: http://lis.rlp.cz/vfrmanual/actual/lkcs_text_cz.html
- [26] *SBAS, GBAS. what is it?* [online]. [cit. 2017-08-28]. Dostupné z: <http://www.roger-wilco.net/sbas-gbas-what-is-this-the-technical-aspects/>
- [27] *Fly-by vs fly over waypoints* [online]. 2010 [cit. 2017-08-28]. Dostupné z: http://1.bp.blogspot.com/-7iQbR54mbeU/VId_9kFnhCI/AAAAAAAAAP38/tb3Phblnmnl/s1600/Screen%2BShot%2B2014-12-09%2Bat%2B11.08.31%2BAM.png
- [28] EGNOS. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-08-28]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/European_Geostationary_Navigation_Overlay_Service
- [29] *Technický popis systému EGNOS* [online]. [cit. 2017-08-28]. Dostupné z: <http://www.czechspaceportal.cz/3-sekce/gnss-systemy/egnos/technicky-popis-systemu-egnos/>
- [30] *Letiště České Budějovice, fotografie* [online]. [cit. 2017-08-28]. Dostupné z: <http://obecplana.cz/images/fotogalerie/obecplana-1305103443.jpg>
- [31] *Net present value* [online]. [cit. 2017-08-28]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/cista-soucasna-hodnota>
- [32] *IRR* [online]. [cit. 2017-08-28]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/vnitri-vynosove-procento>
- [33] RAIM. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-08-28]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Receiver_autonomous_integrity_monitoring

[34] Letiště České Budějovice, interní dokumenty a statistiky provozu za roky 2009-2016 [2017]

[35] GLONASS. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-08-28].

[36] *Přiblížovací poplatky* [online]. Praha [cit. 2017-08-28]. Dostupné z: <http://www.rlp.cz/obchod/cenik/Stranky/cenik.aspx>

9 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1, Schéma oběžných drah satelitů GPS [1]

Obrázek 2, Pokrytí světových regionů systémem SBAS [www.esa.int]

Obrázek 3, Schéma funkce systému GBAS [26]

Obrázek 4, Srovnání prostorové navigace oproti zastaralé, konvekční [4]

Obrázek 5, Traťový bod zatáčky s předstihem a po přeletu [27]

Obrázek 6, Rozložení ochranného prostoru v definovaných úsecích letu [19]

Obrázek 7, Odbavení letadla na Českobudějovickém letišti [30]

Obrázek 8, Schéma VPD a pojezdových drah na letišti LKCS [25]

Obrázek 9, Schéma prostoru RMZ na letišti Leipzig- Altenburg [14]

Obrázek 10, Vedení příletových tratí na dráhu 27 (vytvořeno autorem)

Obrázek 11, Procedura GNSS na dráhu 27 (vytvořeno autorem)

Obrázek 12, Procedura GNSS včetně vyčkávacích obrazců (vytvořeno autorem)

Obrázek 13, Vedení příletových tratí a jejich zásah do významných prostorů (vytvořeno autorem)

Obrázek 14, Ochranný prostor příletové tratě DOMAL 1E (vytvořeno autorem)

Obrázek 15, Ochranný prostor příletové tratě TIVAP 1N (vytvořeno autorem)

Obrázek 16, Ochranné prostory příletových tratí VOZ1S a BODAL1W (vytvořeno autorem)

Obrázek 17, Ochranný prostor úseku středního přiblížení [19]

Obrázek 18, Ochranný prostor vyčkávacího obrazce [19]

Obrázek 19, Nárazníkový prostor vyčkávacího obrazce [8]

Obrázek 20, Schéma ochranných a nárazníkových prostorů vyčkávacích obrazců (vytvořeno autorem)

Obrázek 21, Souřadnicový systém, určený pro kalkulaci překážkových rovin [19]

Obrázek 22, Grafické zobrazení ze softwaru MET- Překážkové roviny (vytvořeno autorem s využitím programu od společnosti EUROCONTROL)

Obrázek 23, Grafické zobrazení ze softwaru MET, překážkové roviny- Vertikální profil roviny (vytvořeno autorem s využitím programu od společnosti EUROCONTROL)

Obrázek 24, LNAV přiblížení, ochranné prostory a vyznačení nejvýznamnější překážky „Les“ (vytvořeno autorem s využitím programu od společnosti EUROCONTROL)

Obrázek 25, přiblížení LNAV/VNAV (vytvořeno autorem s využitím programu od společnosti EUROCONTROL)

Obrázek 26, Charakteristiky letiště programu EBCAST [22]

Obrázek 27, předpokládaný nárůst provozu na LKCS, program EBCAST [22]

Obrázek 28, odhadované náklady na implementaci LPV přiblížení, program EBCAST [22]

Obrázek 29, odhadovaný zisk z jednoho přiblížení, využívající LPV, program EBCAST [22]

Obrázek 30, program EBCAST, zhodnocení implementace procedury [22]

Obrázek 31, program EBCAST, zhodnocení implementace procedury [22]

10 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1, Rozdělení kategorií letadel dle Rychlosti V_{at}

Tabulka 2, Překážky, nejvíce bránící přiblížení LPV na neřízených letištích [13]

Tabulka 3, Názvy a souřadnice RNAV bodů, zavedených pro implementaci přiblížení LPV

Tabulka 4, Magnetické směry úseků na jednotlivých úsecích

Tabulka 5, Hodnoty Vertical speed pro jednotlivé hodnoty groundspeed při zachování úhlu sestupu 3°

Tabulka 6, Parametry vyčkávacích obrazců

Tabulka 7, Hodnoty MOC v nárazníkovém prostoru vyčkávacího obrazce

Tabulka 8, Hodnoty ztráty výšky pro jednotlivé kategorie letadel

Tabulka 9, Hodnoty OCH a OCA pro jednotlivé kategorie letadel pro přiblížení LPV na dráhu 27

Tabulka 10, Rozdělení nutných nákladů na zavedení přiblížení LPV [22]

Tabulka 11, Statistiky pohybu a rozdělení dle MTOW [34]

Tabulka 12, ceník přistávacích poplatků na letišti s rozdělením dle MTOW [10]

Všechny tabulky vytvořeny autorem v programu MS Excel

10.1 SEZNAM PŘÍLOH

Všechny vytvořeny autorem

Příloha 1, vertikální profil GNSS přiblížení na dráhu 27 letiště LKCS

Příloha 2, seznam a souřadnice překážek v přibližovacím sektoru RWY 27

Příloha 3, Kalkulace výšek OCH a OCA pro jednotlivé druhy přiblížení programem MET.

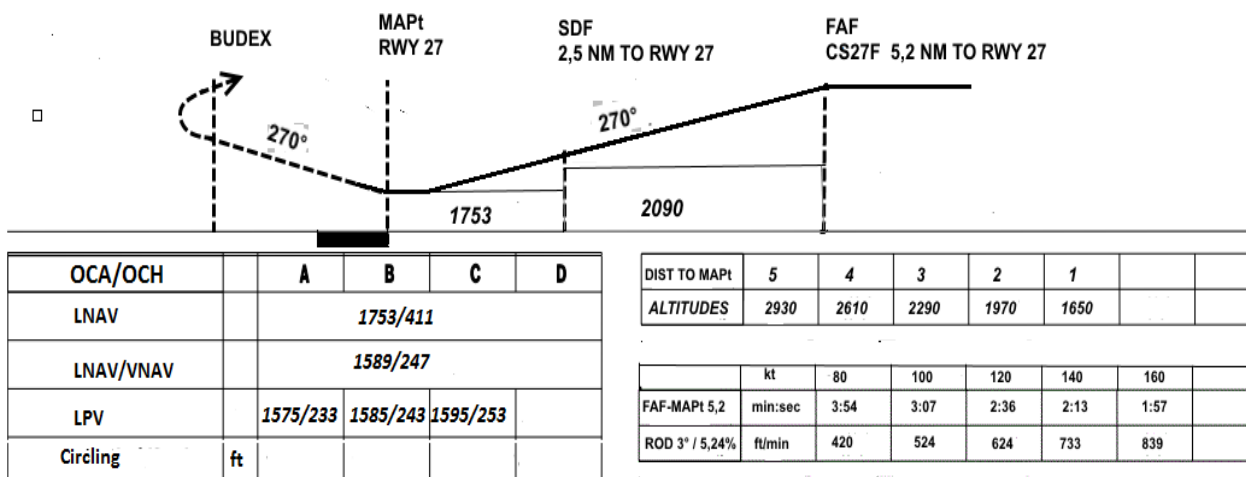
11 PŘÍLOHY

Příloha 1, vertikální profil GNSS přiblížení na dráhu 27 letiště LKCS

LKCS GNSS 27

MISSED APPROACH:

Climb to 5100 ft, after passing BUDEX
turn right to CS 111. Maintain airport altimeter setting (QNH)



Transition altitude 5000ft

Příloha 2, seznam a souřadnice překážek v přibližovacím sektoru RWY 27

Ref	Description	X	Y	Height	VR	Altitude	Updating
000	LTP	0.0	0.0	0		1342	08/17/17 22:43:58
001	P1	4290.0	4356.0	514		1856	08/24/17 00:39:50
002	P2	3036.0	2277.0	341		1683	08/24/17 00:39:21
003	les	-1796.4	-259.2	164		1506	08/21/17 20:48:25
004	P3	2000.0	-7500.0	206		1548	08/23/17 21:16:48
005	P4	9000.0	-5800.0	490		1832	08/23/17 21:17:24
006	P5	12144.0	1106.0	417		1759	08/24/17 00:37:57
007	P6	-1931.0	990.0	160		1502	08/24/17 00:40:45
009	P8	3647.0	4587.0	334		1676	08/24/17 00:41:59
011	P9	-9846.0	-1986.0	1017		2359	08/25/17 17:27:41
012	P7	7920.0	1436.0	497		1839	08/27/17 09:47:54

Příloha 3, kalkulace programem MET výšek OCH/ OCA pro jednotlivé druhy přiblížení

Minima Estimation Tool Results

All Rights Reserved EUROCONTROL © 2007

File generated on : 08/28/17 15:50:33

-- Aerodrome --

Name : LKCS
Altitude : 1417.0 Ft

-- Threshold --

Name : 27
Altitude : 1342.0 Ft
Latitude : 48°56'46.989"N
Longitude : 014°26'39.692"E

-- Study n°1 : lpv.apv --

Type : APV I
OCA : 1575 Ft 1585 Ft 1595 Ft
OCH : 233 Ft 243 Ft 253 ft

Most Significant Obstacle

Description : les
Coordinates : X = -1796.40 M | Y = -259.20 M | Altitude = 1506.00 Ft

-- Study n°2 : lnav.lna --

Type : L-NAV
OCA : 1753 Ft
OCH : 411 Ft

Most Significant Obstacle

Description : les
Coordinates : X = -1796.40 M | Y = -259.20 M | Altitude = 1506.00 Ft

-- Study n°3 : lnav vnav.bna --

Type : Baro-VNAV
OCA : 1589 Ft
OCH : 247 Ft