



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta dopravní
Ústav letecké dopravy**

RNP přiblížení

RNP Approach

Diplomová práce

Studijní program: Technika a technologie v dopravě a spojích

Studijní obor: Provoz a řízení letecké dopravy

Vedoucí práce: Ing. Petr Pačes

Ing. Miloš Strouhal, Ph.D.

Bc. Martin Mašát

Praha 2014

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

Nemám závažný důvod proti 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 30. 11. 2014

Bc. Martin Mašát



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní
d ě k a n

Konviktská 20, 110 00 Praha 1

K621..... Ústav letecké dopravy

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Martin Mašát

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

N 3710 – PL – Provoz a řízení letecké dopravy

Název tématu (česky): **RNP přiblížení**

Název tématu (anglicky): RNP Approach

Zásady pro vypracování

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

- Úvod
- Druhy RNP Approach
- Optimalizace předletových a letových postupů
- Problematika GNSS, Integrity, predikce RAIM a RAIM NOTAM
- Výběr metody predikce RAIM pro RNP Approach pro společnost Travel Service
- Návrh úpravy osnov základního výcviku - zařazení RNP Approach
- Závěr

- Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího diplomové práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: ICAO Doc. 9613
EASA AMC 20-26, 27, 28
EUROCONTROL, RNAV Approach Concept of Operations (CONOPS)
EUROCONTROL, APV Baro Approach Concept of Operations (CONOPS)

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Petr Pačes**
Ing. Miloš Strouhal, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: **19. června 2012**
(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 diplomové práce: **30. listopadu 2014**
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. Daniel Hanus, CSc.
vedoucí
Ústavu letecké dopravy



prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.


Bc. Martin Mašát
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 12. května 2014

Bibliografická identifikace

- Název práce:** RNP přiblížení
- Autor:** Bc. Martin Mašát
- Pracoviště:** Ústav letecké dopravy, Fakulta dopravní, České vysoké učení technické v Praze
- Studijní program:** Technika a technologie v dopravě a spojích
- Vedoucí práce:** Ing. Petr Pačes
Ing. Miloš Strouhal, Ph.D.
- Abstrakt:** Tématem diplomové práce je přiblížení RNP v současné struktuře letového provozu. Úvodní část se zabývá definicí navigace založené na výkonnosti, souvisejícími pojmy a vývojem navigačních postupů. Dále je rozebrána problematika satelitní navigace, jakožto hlavního zdroje polohových dat, se zaměřením na její integritu. Samostatná kapitola se věnuje RAIM a jeho predikci v prostředí leteckého dopravce i všeobecného letectví. Významná část se týká jednotlivých druhů přiblížení RNP – LNAV, LNAV/VNAV, LPV, která jsou srovnána s nepřesným přiblížením založeným na klasické radionavigaci. Hlavním přínosem práce je návrh postupů pro zařazení přiblížení RNP do základního výcviku pilotů. Příloha obsahuje postupy pro výcvikové lety a samotný text diplomové práce může sloužit studentům pro pochopení problematiky.
- Klíčová slova:** Přiblížení RNP, prostorová navigace, navigace založená na výkonnosti, požadovaná navigační výkonnost, globální satelitní navigační systém, integrita, predikce RAIM, přiblížení LNAV, přiblížení LNAV/VNAV, přiblížení LPV, Přiblížení s vertikálním vedením, CDFA, SBAS, baro-VNAV, základní pilotní výcvik, standardní provozní postupy.

Bibliographic identification

- Title:** RNP Approach
- Author:** Bc. Martin Mašát
- Department:** Department of Air Transport, Faculty of Transportation Sciences, Czech Technical University in Prague
- Study programme:** Technology and Technics of Transport and Communications
- Supervisor:** Ing. Petr Pačes
Ing. Miloš Strouhal, Ph.D.
- Abstract:** This master thesis addresses the RNP approach in the current air navigation concept. Performance based navigation, related terms and development of air navigation procedures are discussed in the first part of the thesis. Next topic is dedicated to GNSS as a main source of positioning data and its integrity. RAIM and its prediction in the airline and general aviation environment is analyzed. LNAV, LNAV/VNAV, LPV approaches and related flight procedures are described and compared with conventional non-precision approach in the next chapter. The way of implementing of RNP approach into basic flight training is suggested in the last part of the thesis. The main outcome – SOP for training RNP approaches is in the attachment.
- Key words:** RNP Approach, Area Navigation, Performance Based Navigation, Required Navigation Performance, Global Navigation Satellite System, Integrity, RAIM prediction, LNAV Approach, LNAV/VNAV Approach, LPV Approach, Approach with Vertical Guidance, Continuous Descent Final Approach, Satellite Based Augmentation System, baro-VNAV, Flight Training, Standard Operating Procedures.

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval panu Cpt. Ing. Petru Pačesovi, panu Ing. Ivanu Šubínovi a panu Ing. Tomáši Dukovi za to, že mi věnovali čas, za poskytnutí cenných rad a materiálů pro vytvoření této diplomové práce.

Obsah

Seznam použitých zkratk	3
1 Úvod	6
2 PBN – Performance Based Navigation	7
2.1 RNAV	7
2.2 PBN koncept.....	8
2.2.1 RNAV a RNP	9
2.3 Navigační systémy.....	10
2.3.1 GNSS.....	10
2.3.2 Přijímače GNSS	14
3 RAIM a jeho predikce pro plánování letů – RNP přiblížení	19
3.1.1 Využití palubního systému.....	21
3.1.2 Využití software pro predikci RAIM	21
3.2 Letové postupy	29
3.3 Predikce RAIM v provozu leteckého dopravce (Travel Service).....	29
4 Úvod do přiblížení RNP	31
4.1 Zavádění postupů pro přiblížení RNP	33
4.1.1 Do roku 2012.....	33
4.1.2 2012 až 2016	35
4.1.3 Od roku 2016 do 2020.....	36
5 Druhy přiblížení RNP	37
5.1 Druhy přiblížení RNP podle navigačních senzorů	37
5.2 Druhy RNAV(GNSS) přiblížení.	39
5.3 Konvenční NPA.....	40
5.3.1 Předletové postupy	41
5.3.2 Příprava na přiblížení	41
5.3.3 Přilet, počáteční a střední přiblížení	42
5.3.4 Konečné přiblížení	42
5.3.5 Metoda konečného přiblížení s postupným klesáním	42
5.3.6 CDFA	44
5.3.7 Vizuální segment a nezdařené přiblížení	46
5.3.8 Zhoršení meteorologických podmínek a nestandardní situace.....	47
5.4 Přiblížení LNAV.....	48
5.4.1 Předletové postupy	49

5.4.2	Příprava na přiblížení	49
5.4.3	Přílet, počáteční a střední přiblížení	53
5.4.4	Konečné přiblížení	59
5.4.5	Vizuální segment, nebo nezdařené přiblížení.....	60
5.4.6	Zhoršení meteorologických podmínek a nestandardní situace.....	61
5.5	Přiblížení LNAV/VNAV	62
5.5.1	Předletové postupy	63
5.5.2	Příprava na přiblížení	63
5.5.3	Přílet, počáteční a střední přiblížení	64
5.5.4	Konečné přiblížení	64
5.5.5	Vizuální segment, nebo nezdařené přiblížení.....	67
5.5.6	Nestandardní situace	67
5.6	Přiblížení LPV	68
5.6.1	Předletové postupy	68
5.6.2	Příprava na přiblížení	69
5.6.3	Přílet, počáteční a střední přiblížení	69
5.6.4	Konečné přiblížení	70
5.6.5	Vizuální segment, nebo nezdařené přiblížení.....	71
5.6.6	Nestandardní situace	72
6	Přiblížení RNP v základním pilotním výcviku	75
6.1	Vybavení letadel	75
6.2	Provozní příručka provozovatele.....	76
6.3	SOP.....	77
6.3.1	Výcvikové SOP pro leteckou školu F AIR – kapitola přiblížení RNP	77
6.3.2	Doplňující vysvětlující materiál k SOP.....	77
7	Závěr.....	94
	Seznam použité literatury.....	95
	Seznam obrázků	97
	Seznam tabulek.....	100
	Seznam příloh diplomové práce.....	101

Seznam použitých zkratk

AAIM	Aircraft Autonomous Integrity Monitoring	
AAL	Above Aerodrome Level	
ABAS	Aircraft Based Augmentation System	
ADC	Air Data Computer	
ADF	Automatic direction-finding equipment	Automatický radiokompas
AFTN	Aeronautical Fixed Telecommunication Network	Letecká pevná telekomunikační síť
AIP	Air Information Publication	Letecká informační příručka
AIS	Aeronautical Information Services	Letecké informační služby
AIRAC	Aeronautical Information Regulation and Control	System a řízení rozšiřování leteckých informací
ALT	Altitude	Nadmořská výška
ANP	Actual Navigation Performance	Aktuální navigační výkonnost
AP	Autopilot	Autopilot
APCH	Approach	Přiblížení
APV	Approach with Vertical Guidance	Přiblížení s vertikálním vedením
ATC	Air Traffic Control	Řízení letového provozu
ATIS	Automated Terminal Information Service	Automatická informační služba koncové řízené oblasti
ATPL	Airline Transport Pilot Licence	Průkaz dopravního pilota
ATS	Air Traffic Services	Letecká informační služba
CAT	Category	Kategorie
CDFA	Continuous Descend Final Approach	
CDI	Course Deviation Indicator	Ukazatel odchylky od trati
CDU	Control Display Unit	
CFIT	Controlled Flight into Terrain	Řízený let do terénu
CMV	Converted Meteorological Visibility	
DA	Decision Altitude	Výška rozhodnutí
DDA	Derived Decision Altitude	Odvozená výška rozhodnutí
DME	Distance Measuring Equipment	Měřič vzdálenosti
DOP	Dilution of Precision	
DTK	Desired Track	Požadovaný traťový kurz
EAD	European AIS Database	
EASA	European Aviation Safety Agency	Evropská agentura pro bezpečnost letectví
ECAC	European civil aviation conference	Evropská konference pro civilní letectví
EET	Estimated Elapsed Time	Předpokládané trvání letu
EGNOS	European Global Navigation Overlay Service	
EOBT	Estimated Off-Block Time	Předpokládaný čas zahájení poježdění
EPU	Estimated Position Uncertainty	
ETA	Estimated Time of Arrival	Předpokládaný čas příletu
FAA	Federal Aviation Authority	
FAF	Final Approach Fix	Fix konečného přiblížení
FAP	Final Approach Point	Bod počátku konečného přiblížení
FAS	Final Approach Segment	Segment konečného přiblížení
FD	Fault Detection	
FDE	Fault Detection and Exclusion	

FMC	Flight Management Computer	
FMS	Flight Management System	
FPAP	Flight Path Alignment Point	
FPL	Filed Flight Plan (ATC)	Podaný letový plán
FPL	Flight Plan (GARMIN)	Letový plán (GARMIN)
FSD	Full Scale Deflection	Plná výchylka
FTE	Flight Technical Error	Letově technická chyba
FTP	Fictitious Threshold Point	
GA	Go Around	Nezdařené přiblížení
GARP	GBAS Azimuth Reference Point	
GBAS	Ground Based Augmentation System	
GLS	GPS Landing System	
GNSS	Global Navigation Satellite System	Globální systém satelitní navigace
GP	Glide Path	
GPS	Global Positioning System	Globální systém určení polohy
GS	Glide Slope	
HAL	Horizontal Alert Limit	
HDG	Heading	Kurz
HDOP	Horizontal Dilution of Precision	
HFOM	Horizontal Figure of Merit	
HL	Height loss	
HSI	Horizontal Situation Indicator	Indikátor horizontální situace
IAF	Initial Approach Fix	Fix počátečního přiblížení
ICAO	International Civil Aviation Organization	Mezinárodní organizace pro civilní letectví
IF	Intermediate Approach Fix	Fix středního přiblížení
IFR	Instrument Flight Rules	Pravidla pro let podle přístrojů
ILS	Instrument Landing System	Systém pro přesné přiblížení a přistání
IMC	Instrument Meteorological Conditions	Meteorologické podmínky pro let podle přístrojů
INS	Inertial Navigation System	Inerční navigační systém
IR	Instrument Rating	Přístrojová doložka
IRS	Inertial Reference System	
ISA	International Standard Atmosphere	Mezinárodní standardní atmosféra
JAA	Joint Aviation Authorities	Sdružené letecké úřady
LNAV	Lateral Navigation	Laterální navigace
LOC	Localizer	
LPV	Localiser Precision Approach with Vertical Guidance	
LTP	Landing Threshold Point	
MAPt	Missed Approach Point	Bod zahájení postupu nezdařeného přiblížení
MDA	Minim Descend Altitude	Minimální nadmořská výška pro klesání
MEP	Multi Engine Piston	Vícemotorové pístové letouny
MFD	Multi-Function Display	
MSA	Minimum Sector/Safe Altitude	Minimální sektorová/bezpečná výška
NANU	Notice Advisory to NAVSTAR Users	
ND	Navigation Display	Navigační displej
NOF	International NOTAM Office	Mezinárodní kancelář NOTAM

NOTAM	Notice to Airmen	
NPA	Non-Precision Approach	Nepřesné přístrojové přiblížení
NPS	Navigation Performance Scale	
NSE	Navigation System Error	Chyba navigačního systému
OBS	Omni Bearing Selector	
OFP	Operational Flight Plan	Provozní letový plán
OM	Operations Manual	Provozní příručka
PA	Precision Approach	
PBN	Performance Based Navigation	Navigace založená na výkonnosti
PDE	Path Definition Error	Chyba definice dráhy
PFD	Primary Flight Display	Primární letový displej
RAIM	Receiver autonomous integrity monitoring	Autonomní monitorování integrity přijímače
RF	Radius to Fix	
RNAV	Area Navigation	Prostorová navigace
RNP	Required Navigation Performance	Požadovaná navigační výkonnost
RNZ		Radionavigační zařízení
RVR	Runway visual range	Dráhová dohlednost
SA	Selective Availability (GPS)	Selektivní dostupnost (GPS)
SBAS	Space/Satellite Based Augmentation System	
SDF	Stepdown fix	Fix postupného klesání
SID	Standard Instrument Departure	Standardní přístrojový odlet
SOP	Standard Operating Procedures	
SRA	Surveillance Radar Approach	Přiblížení přehledovým radarem
STAR	Standard (Instrument) Arrival	Standardní (přístrojový) přilet
STC	Supplemental Type Certificate	
SUP	Supplement (AIP Supplement)	Příloha/doplňk AIP
SUSP	Suspended	Pozastaveno
TAA	Terminal Arrival Altitude	Koncová přiletová nadmořská výška
TC	Type Certificate	
TMA	Terminal Manoeuvring Area	Koncová řízená oblast
TSE	Total System Error	Celková chyba navigačního systému
TSO	Technical Standard Order	
ÚCL		Úřad pro civilní letectví
VAL	Vertical Alert Limit	Vertikální limit varování
VDF	Very High Frequency Direction-Finding Station	Zaměřovací stanice pracující na velmi krátkých vlnách
VDI	Vertical Deviation Indicator	Vertikální ukazatel odchylky od trati
VFOM	Vertical Figure of Merit	
VKV		Velmi krátké vlny
VMC	Visual Meteorological Conditions	Meteorologické podmínky pro let za viditelnosti
VNAV	Vertical Navigation	Vertikální navigace
VOR	VHF omnidirectional radio range	VKV všesměrový radiomaják
VPA	Vertical Path Angle	
VTF	Vector to Final	
WAAS	Wide Area Augmentation System	
XTK	Cross Track Error	Odchylka od trati

1 Úvod

Vývoj postupů pro lety podle přístrojů byl jedním z klíčových faktorů rozvoje letecké dopravy od konce druhé světové války. Jedná se především o možnosti a přesnost určení polohy letadla v prostoru a s tím spojenou konstrukci letových cest, odletových a příletových postupů a postupů přiblížení podle přístrojů. Technická část vývoje se týká jak pozemních zařízení, systémů satelitní navigace, tak i palubních systémů. Důležitou součástí je i optimalizace způsobu prezentace navigačních údajů posádce a v neposlední řadě samotné postupy pro řízení toku letového provozu, letové provozní služby a standardní postupy pro posádky letadel. Cílem vývoje civilního letectví je zvyšování bezpečnosti a ekonomické i ekologické efektivity. Snaha je o maximální využití kapacity vzdušného prostoru při snižování délky letu díky využití ideální horizontální i vertikální trajektorie. Důraz je kladen také na bezpečné provádění letů za zhoršených meteorologických podmínek. Koncept prostorové navigace je jedním z významných, ne-li hlavních prvků tohoto vývoje za poslední tři dekády. Postupy prostorové navigace přináší mnoho možností v optimalizaci letového provozu letecké dopravy.

Ve vztahu k navigačním postupům se přístrojový let dělí na odlet, traťový let, přílet, přiblížení a případný postup nezdařeného přiblížení. Tato diplomová práce se bude zabývat využitím prostorové navigace pro postup přiblížení podle přístrojů. Přiblížení je z hlediska přesnosti navigace vzhledem k blízkosti terénu a překážek nejkritičtější částí letu. Vyžaduje plnou koncentraci posádky, správné využití všech systémů a postupů, rychlou identifikaci a korekci případných nestandardních situací. Důkladný a efektivní výcvik posádek je v tomto ohledu významnou součástí vývoje letecké dopravy. Proto je cílem diplomové práce vytvořit materiál, který poslouží pro vzdělávání leteckého personálu v oblasti RNP přiblížení, navrhnout systém výuky a implementaci postupů RNP přiblížení do základního výcviku budoucích dopravních pilotů a optimalizace těchto postupů. Dále se práce bude týkat zhodnocení možností predikce RAIM pro letecké provozovatele. Věřím, že tato práce bude vhodná především pro studenty ČVUT Fakulty dopravní jako materiál ke studiu postupů přiblížení RNP.

2 PBN – Performance Based Navigation

Aby bylo možné pochopit smysl a filosofii postupů pro přiblížení RNP, je třeba mít znalosti konceptu PBN – Performance Based Navigation a souvisejících pojmů RNAV a RNP. Koncept PBN, v češtině navigace založená na výkonnosti, je popsán v ICAO Doc 9613 PBN manuálu.

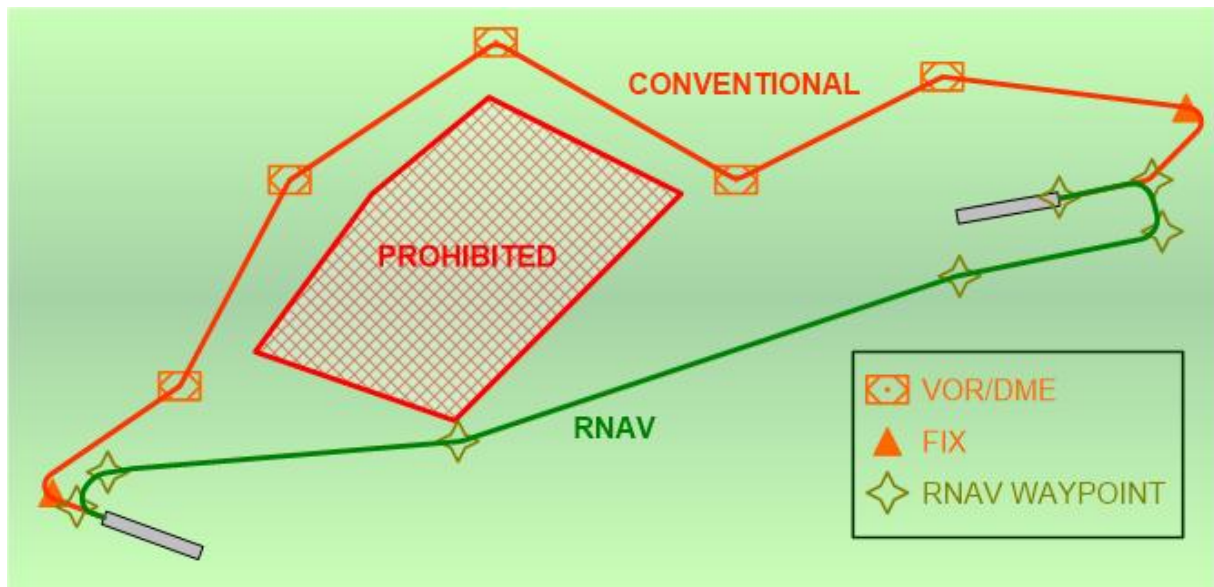
2.1 RNAV

RNAV (Area Navigation), česky prostorová navigace, je pojem, který podle dnešního významu znamená schopnost letadla navigovat v prostoru po jakékoliv předvolené trati v rámci limitů použitého zařízení. Původním smyslem prostorové navigace bylo zefektivnit traťové vedení letadla tak, aby nebylo závislé na pozemních navigačních zařízeních, tedy na letu od zařízení k zařízení po radiálech a směrnicích s využitím fixů, které jsou dány jejich průsečíky, případně DME vzdáleností. Systém RNAV se postupně dostával do všech fází přístrojového letu a to: odletových postupů, traťového letu, příletových postupů i samotného přístrojového přiblížení. Z příkladu na obrázku 2.1 je patrná výhoda RNAV trati oproti trati založené na konvenční navigaci zejména vzhledem k organizaci vzdušného prostoru a rozmístění pozemních navigačních prostředků. Výhody prostorové navigace se dají shrnout do následujících bodů:

- 1) zvýšení bezpečnosti;
- 2) zkrácení letových tratí;
- 3) zkrácení letových časů;
- 4) snížení spotřeby paliva;
- 5) efektivnější využití vzdušného prostoru;
- 6) odlehčení ATC – snížené požadavky na vektorování, změny hladin a úpravy rychlosti provozu.

Poloha letadla v prostoru je určována pomocí navigačních senzorů. Tyto senzory mohou být založeny na pozemních navigačních prostředcích, kdy palubní navigační systém vyhodnocuje svoji polohu v prostoru vzhledem k zařízením v dosahu jako průsečík radiálu a vzdálenosti (systém VOR/DME), nebo průsečík dvou vzdáleností (systém DME/DME). Dále se jedná o palubní nezávislé systémy inerciální navigace INS a senzory satelitní navigace GNSS, případně dnes již nefunkční systém LORAN C atd. Jednotlivé systémy prostorové navigace založené na zmíněných senzorech byly vyvíjeny a certifikovány spolu s organizací vzdušného prostoru,

konstrukcí tratí a kritérii pro vzdálenost od překážek odpovídající navigační výkonnosti daného systému. Požadovaná navigační výkonnost se označovala jako RNP (Required Navigation Performance), kde označení například RNP 5 znamená schopnost letadla navigovat s přesností ± 5 námořních mil od zadané trati. Nicméně tento způsob certifikace je zdlouhavý a nákladný a není příliš pružný pro vývoj nových postupů.



Obrázek 2.1 Trať RNAV

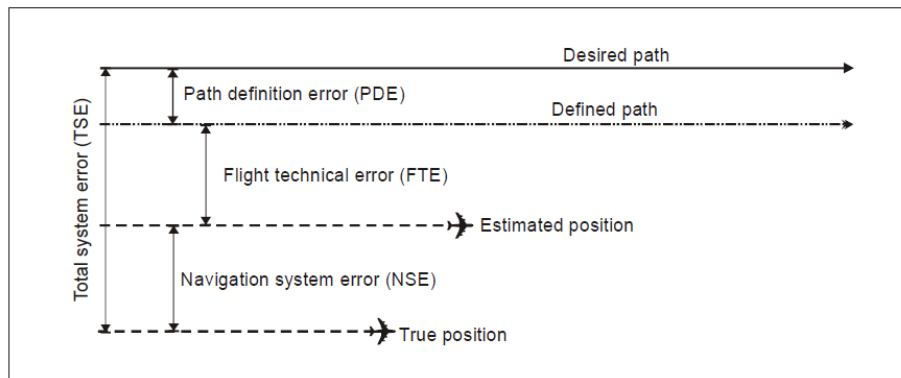
2.2 PBN koncept

PBN koncept nahrazuje tuto konstrukci závislou na navigačním vybavení letadla požadavkem na navigační výkonnost letadla danou přesností, integritou, kontinuitou a dostupností. Koncept počítá se schopností navigačního vybavení určovat svojí polohu s 95% pravděpodobností. Definice dle směrnice CAA-SLP-031c-0-14:

Přesnost

Stupeň shody mezi předpokládanou, měřenou nebo požadovanou polohou v určitém čase a jeho skutečnou polohou nebo rychlostí. Příčná a vertikální celková chyba systému je závislá na chybě navigačního systému (NSE), chybě definice dráhy (PDE) a letově technické chybě (FTE). Přesnost navigační výkonnosti je obvykle prezentována jako statistická míra systémové chyby a je stanovena jako předvídatelná, opakovatelná a relativní.

Celková chyba navigačního systému (TSE) je dána vzorcem $TSE = \sqrt{NSE^2 + PDE^2 + FTE^2}$ (obrázek 2.2)



Obrázek 2.2 Celková chyba navigačního systému [31]

Integrita

Představuje důvěru, kterou klademe na schopnost systému poskytovat navigační informace, které nejsou zavádějící.

Kontinuita

Schopnost celého systému (zahrnujícího všechny prvky nezbytné pro udržení polohy letadla ve stanoveném vzdušném prostoru) provádět svou funkci bez neplánovaných přerušení během zamýšleného provozu.

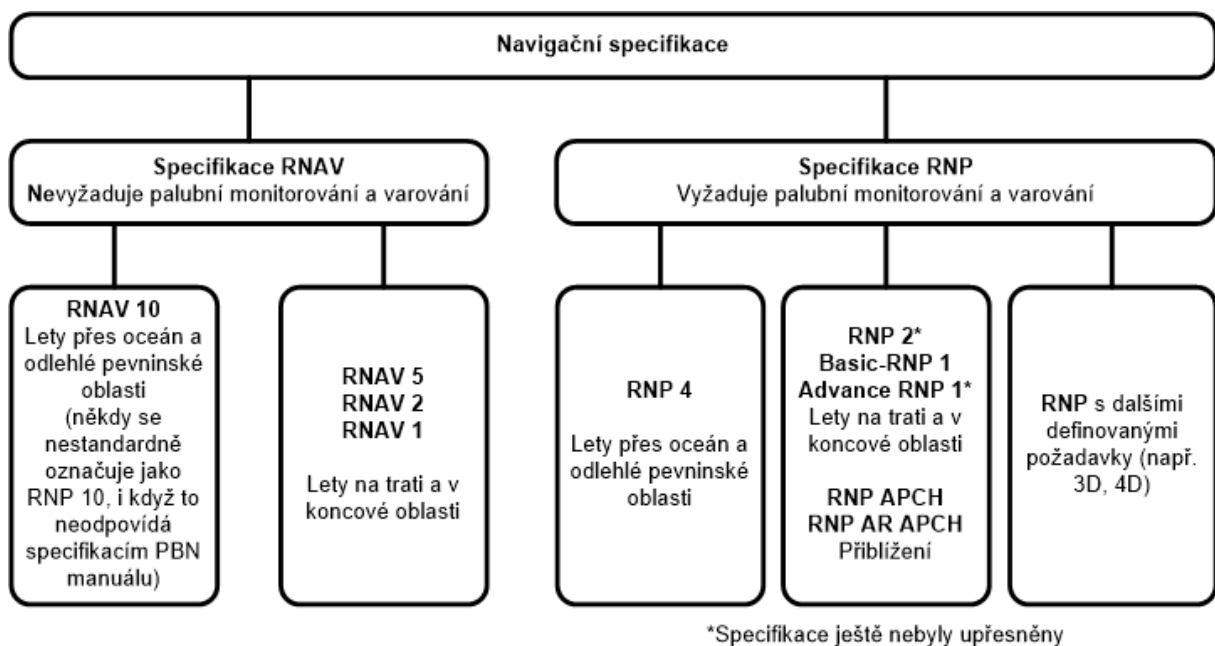
Dostupnost

Indikace schopnosti systému poskytovat využitelnou službu v rámci stanovené oblasti pokrytí a je definována jako časový úsek, během kterého bude systém použit k navigaci a během něhož budou letové posádce, autopilotu nebo jiným systémům pro řízení letu letadla prezentovány spolehlivé navigační informace.

2.2.1 RNAV a RNP

Důležitá je definice RNAV a RNP podle PBN manuálu. Oba pojmy se vyskytují v navigačních specifikacích. RNAV zůstává obecným názvem pro prostorovou navigaci tak, jak bylo popsáno výše a také má význam specifikace prostorové navigace bez palubního monitorování navigační výkonnosti a bez schopnosti varovat posádku o ztrátě navigační výkonnosti. Zatímco RNP je provozní specifikace, která monitorování navigační výkonnosti a varování posádky vyžaduje. Z definice je jasné, že specifikace RNAV je vhodná v oblastech s radarovým pokrytím a v situacích, kdy navigační výkonnost není tak kritická vzhledem k blízkosti překážek. RNP specifikace se implementuje tam, kde není dostatečné radarové

pokrytí (oceán, odlehlé oblasti) a tam, kde je poloha letadla kritická vzhledem k překážkám (např. přiblížení RNP). Navigační specifikace se označuje druhem specifikace (RNAV, nebo RNP) a přesností. Například RNAV 1 znamená schopnost navigovat s přesností $\pm 1\text{NM}$. Přehled současných specifikací je na obrázku 2.3. Každá specifikace vyžaduje samostatné schválení provozovatele a má svoje postupy. Pokud tedy provozovatel drží oprávnění k RNP 1, neznamená to, že může automaticky létat i RNP 10, jakožto specifikaci s „menší“ přesností. V tabulce 2.1 jsou uvedeny dokumenty (FAA a EASA/JAA) týkající se jednotlivých druhů provozu dle PBN manuálu.



Obrázek 2.3 Navigační specifikace dle PBN manuálu

2.3 Navigační systémy

Z hlediska provozu PBN je pro posádky důležité znát jak senzory polohových dat navigačních systémů, tak informace, které systém posádce nabízí a způsob jejich interpretace. Důležitou součástí jsou výstrahy, které systém vydává. Pro RNP přiblížení, kterého se bude týkat další text, je jako hlavní navigační senzor uvažován GNSS.

2.3.1 GNSS

GNSS (Global Navigation Satellite System) je akronymem pro systém globální satelitní navigace. Tento systém obsahuje známý a rozšířený systém GPS (Global Positioning System) provozovaný Spojenými státy, dále ruský satelitní navigační systém GLONASS a zpřesňující systémy SBAS (WAAS, EGNOS a další), GBAS, ABAS. Do budoucna dojde k zapojení

evropského GALILEO, případně čínského COMPASS a dalších pro zaručení ještě většího stupně integrity. Pro účely civilního letectví dnes připadá v úvahu systém GPS s případným rozšířením zpřesňujícími systémy.

Specifikace		RNAV 10 (RNP 10)	B-RNAV/ RNAV 5	RNAV 2	RNAV 1	P-RNAV/ RNAV 1	RNP 4	RNP 1	RNP APCH LNAV	RNP APCH LNAV/VNAV	LPV	RNP AR APCH
		FAA	FAA Order 8400.12B	FAA AC 90-96A CHG 1	FAA AC 90-100A	FAA AC 90-100A	FAA AC 90-96A CHG 1	FAA Order 8400.33	FAA AC 90-105	FAA AC 90-105	FAA AC 90-105	FAA AC 90-107
Dokument	EASA/JAA		EASA AMC 20-4			JAA TGL 10 Rev 1			EASA AMC 20-27	EASA AMC 20-27 + CM-AS-002	EASA AMC 20-28	EASA 20-26

Tabulka 2.1 Dokumenty FAA a EASA/JAA pro PBN

2.3.1.1 Navigační výkonnost GNSS

Navigační výkonnost GNSS lze posuzovat na základě různých parametrů, jako je např. přesnost, integrita systému, dostupnost nebo citlivost k rušení.

2.3.1.2 Přesnost GNSS

Přesnost udává odchylku navigačního řešení od skutečné polohy. GNSS je možno používat jako navigační senzor pro všechny specifikace uvedené výše, od letu přes oceán, pro kontinentální tratě, pro lety v koncových řízených oblastech i pro přiblížení. Pro většinu aplikací postačuje systém GPS, ale některá přiblížení již vyžadují rozšiřující vybavení například kvůli limitům v přesnosti vertikální navigace.

Chyby určení polohy jsou:

- **Geometrická chyba rozmístění družic** – Nazývaná též DOP (Dilution of Precision) je způsobená geometrickým uspořádáním satelitů na oběžných drahách v době měření

vzdálenosti daného fixu. Pokud není vhodná konstelace funkčních satelitů, může tato chyba dosahovat významných hodnot.

- **Odchyłka efemerid** - Ačkoliv jsou oběžné dráhy satelitů velmi přesné, mají různé odchylky způsobené gravitací měsíce a tlakovým polem slunečního záření.
- **Měření času** – Chyba měření času je způsobená nepřesností hodin v zařízení vysílače a relativistickým efektem.
- **Přijímač** – Chyba ve zpracování signálu v přijímači.
- **Ionosféra** – Jednu z největších chyb měření pseudovzdáleností zanáší do systému stav ionosféry v místě přenosu. Ionosféra mění své vlastnosti s denní dobou, sluneční aktivitou a dalšími vlivy. Ionosférické zpoždění může být do určité míry předvídáno a opraveno průměrnou hodnotou stavu ionosféry.
- **Vícecestný přenos** – Tato chyba je způsobena odrazem a lomem signálu o objekty stojící v cestě přenosu.

2.3.1.3 Integrita GNSS

Integrita GNSS souvisí s mírou důvěry, která se přiděluje informaci dodané celým systémem. Toto zahrnuje schopnost systému upozornit pilota, pokud satelit vysílá vadný signál. Bez dodatečného monitorujícího zařízení může dojít ke značnému ovlivnění funkce navigačního palubního zařízení využívajícího tento satelit. Autonomní systém monitorující integritu přijímače (RAIM) je nejčastější forma monitoringu integrity.

2.3.1.4 Dostupnost GNSS

Dostupnost lze definovat jako procento času, kdy jsou služby GNSS přístupné. Je to funkce fyzických charakteristik prostředí a technických možností vysílače. Dostupnost GNSS je kapacita systému poskytovat potřebný počet satelitů pro určení polohy bodu ve specifikované oblasti krytí. Dostupnost satelitu znamená, že je v danou chvíli v dohledu a je funkční.

Selektivní dostupnost GPS

Selektivní dostupnost byla technika užívaná americkým ministerstvem obrany pro limitování poskytované přesnosti jednotlivým uživatelům pomocí zavádění chyby měření času nebo efemeridy do jejich zařízení. S rostoucím využitím GPS v civilním sektoru bylo toto zrušeno roku 2000 dekretem prezidenta USA. Systémy se selektivní dostupností měly pro nepřesné přiblížení při 24 satelitové konstelaci dostupnost RAIM 99,7% a po zrušení je to 99,998% .

2.3.1.5 Kontinuita

Tato vlastnost je důležitá při fázi letu, kde závislost na tomto systému je kritická. Ačkoliv konstelace satelitů GPS byla deklarována jako plně provozuschopná, existuje možnost, že dojde k náhlé poruše a redukuje se tak počet v danou chvíli viditelných satelitů pod požadované provozní minimum.

2.3.1.6 Citlivost signálu GNSS k rušení

Citlivost je kvalitativní charakteristika náchylnosti navigačního systému k nepředvídatelným rušením. Všechny navigační systémy jsou náchylné k určitému rušení, jako například efekt bouřky na funkci ADF přijímače. Aplikuje se celá řada opatření zmírňujících rizika rušení GNSS signálu. Jedná se o zdokonalování přijímače a antény, rozšiřující zpřesňující systémy, náhradní satelity, vícečetné frekvence, rozšíření GPS o další systémy a zodpovědný management radiofrekvenčního spektra.

2.3.1.7 Zpřesňující systémy GNSS

Existuje několik aplikací zpřesňujících systémů GNSS a můžeme je rozdělit do tří skupin podle místa a rozsahu aplikace:

- ABAS (Aircraft Based Augmentation System);
- SBAS (Satellite Based Augmentation System);
- GBAS (Ground Based Augmentation System).

ABAS

Tento systém umístěný na palubách letadel má dvojí podobu. Za prvé je to výše uvedený systém autonomního monitorování integrity systému tedy RAIM a za druhé tzv. AAIM (Aircraft Autonomous Integrity Monitoring), který využívá funkce jiných navigačních senzorů k ověření integrity určení polohy pomocí GNSS.

SBAS

SBAS je systém zpřesňující určení polohy GNSS na rozsáhlém území. V území aplikace jsou rozmístěny pozemní stanice měřící kvalitu signálu GPS a zpřesňující informace je potom posílána přes satelit do přijímače GPS, který ji využije k opravení polohy. EGNOS je systém SBAS pro území Evropy, zatímco WAAS pokrývá USA.

GBAS

GBAS je zpřesňujícím systémem pro lokální použití – např. letiště. V aplikaci na letišti se používají zpravidla 4 stanice měřící kvalitu signálu GPS a zpřesňující informace se posílají datalinkem letadlům. GBAS dosahuje velké přesnosti a je možné jeho využití v systému GLS k přiblížení až III kategorie.

Pokud je GPS rozšířena o SBAS, nebo GBAS zpřesňující systém, bavíme se poté o tzv. diferenční GPS.

2.3.2 Přijímače GNSS

Následující odstavec se bude týkat přijímačů GPS s případným rozšířením na diferenční GPS. Obecně je terminologie přijímačů GNSS následující

- **GNSS stand-alone receiver** – Samostatný přijímač GNSS obsahující senzor, databázi a poskytující navigační vedení;
- **GNSS senzor** – senzor poskytující GNSS polohová data dalším systémům;
- **Basic GPS** – Základní GPS = GPS s RAIM;
- **Multisenzor Navigation System** – multisenzorový navigační systém – např. FMS, využívá více senzorů pro určení polohy, které zpracovává počítač obsahující navigační databázi a výstup je poskytován do dalších systémů včetně indikátorů polohy.

TSO (Technical Standard Order) jsou dokumenty udávající konstrukční a certifikační požadavky na přijímače GPS. Americkým TSO odpovídají evropské ETSO. Hlavní tři dokumenty týkající se přijímačů GPS jsou:

- **E/TSO – C129** – Samostatné přijímače GPS i senzory GPS (viz tabulka 2.2);
- **E/TSO – C145** – GPS/SBAS senzory;
- **E/TSO – C146** – GPS/SBAS samostatné přijímače.

Z obrázku 2.4 je patrná aplikace jednotlivých přijímačů pro různé fáze letu včetně přiblížení.

TSO-C129						
Equip-ment Class	RAIM	Int. Nav Sys. to Prov. RAIM Equiv.	Oceanic	En Route	Terminal	Nonprecision Approach Capable
Class A - GPS sensor and navigation capability.						
A1	yes		yes	yes	yes	yes
A2	yes		yes	yes	yes	no
Class B - GPS sensor data to an integrated navigation system (i.e. FMS, multi-sensor navigation system, etc.).						
B1	yes		yes	yes	yes	yes
B2	yes		yes	yes	yes	no
B3		yes	yes	yes	yes	yes
B4		yes	yes	yes	yes	no
Class C - GPS sensor data to an integrated navigation system (as in Class B) which provides enhanced guidance to an autopilot, or flight director, to reduce flight tech. errors. Limited to 14 CFR Part 121 or equivalent criteria.						
C1	yes		yes	yes	yes	yes
C2	yes		yes	yes	yes	no
C3		yes	yes	yes	yes	yes
C4		yes	yes	yes	yes	no

Tabulka 2.2 Přijímače TSO-C129 [33]

	P-RNAV Initial & Intermediate Approach Segments	RNP APCH Initial & Intermediate Approach Segments	LNAV Final Approach Segment	LNAV/VNAV Final Approach Segment	LPV Final Approach Segment
E/TSO C129 (class B1, B3, C1 or C3) + FMS	AMC 20-16	AMC 20 RNP APCH	AMC 20 RNP APCH	(*)	(**)
E/TSO C129 (class A1)	AMC 20-16	AMC 20 RNP APCH	AMC 20 RNP APCH	(**)	(**)
E/TSO C145a (class Beta 1) + FMS	AMC 20-16	AMC 20 RNP APCH	AMC 20 RNP APCH	(*)	(**)
E/TSO C145a (class Beta 2) + FMS	AMC 20-16	AMC 20 RNP APCH	AMC 20 RNP APCH	(*)	(**)
E/TSO C145a (class Beta 3) + FMS	AMC 20-16	AMC 20 RNP APCH	AMC 20 RNP APCH	(*)	AMC 20 LPV
E/TSO C146a (class Gamma 1)	AMC 20-16	AMC 20 RNP APCH	AMC 20 RNP APCH	(**)	(**)
E/TSO C146a (class Gamma 2)	AMC 20-16	AMC 20 RNP APCH	AMC 20 RNP APCH	Future development for SBAS equipment	(**)
E/TSO C146a (class Gamma 3)	AMC 20-16	AMC 20 RNP APCH	AMC 20 RNP APCH	Future development for SBAS equipment	AMC 20 LPV
E/TSO C146a (class Delta 4)	(**)	(**)	(**)	(**)	AMC 20 LPV

Applicable Airworthiness and Operational Approval criteria:

-  AMC 20-16
-  AMC 20 RNP APCH
-  AMC 20 LPV
-  Future development for SBAS equipment

(*) operation possible if a Baro-VNAV function is supported by the navigation equipment

(**) operation not possible

Obrázek 2.4 Aplikace přijímačů pro různé fáze letu [38]

2.3.2.1 Indikace pilotovi

Výstup z navigačního systému může být poskytován jak indikátorům pro pilota, tak systému automatického letu – FD (Flight Director) a AP (Autopilot). Existuje několik způsobů indikace pilotovi, nicméně uvedme si zde dva základní.

CDI (Course Deviation Indicator)

Indikátor ukazující odchylku na relativní stupnici, která může mít různý rozsah plné výchylky (FSD) podle fáze letu. FSD se zpravidla rovná RNP. Ukázka CDI a CDI vloženého do směrového indikátoru (HSI) je na obrázku 2.5.



Obrázek 2.5 CDI a HSI [40]

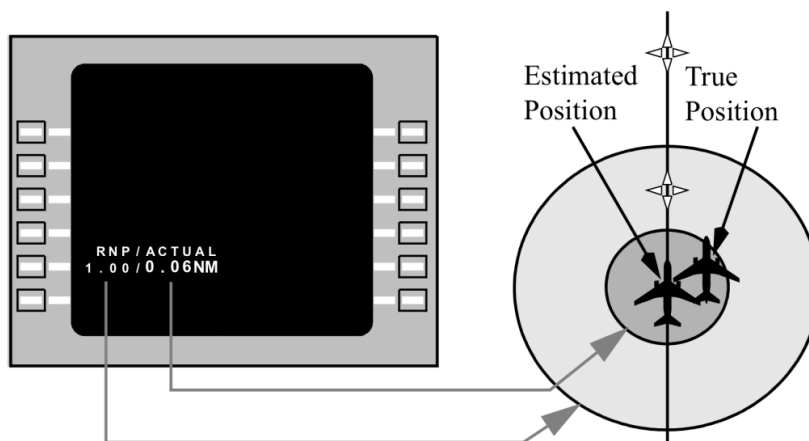
ND (Navigation Display)

Navigační display zobrazuje pohybuující se mapu obsahující aktivní trať a další pilotem zvolené prvky (letišť, RWY, radionavigační zařízení atd.) a k nim relativní polohu letadla. ND poskytuje posádce výborný základ pro udržení situačního povědomí, ale pokud není spojený s dalším indikátorem, nemůže poskytnout dostatečnou přesnost traťového vedení při manuálním letu (bez FD). Obrázek 2.8 ukazuje možnosti dosažené RNP B737NG vzhledem na mód řízení letounu. Ukázka ND je například na obrázku 5.30 na straně 58.

2.3.2.2 Indikace navigační výkonnosti

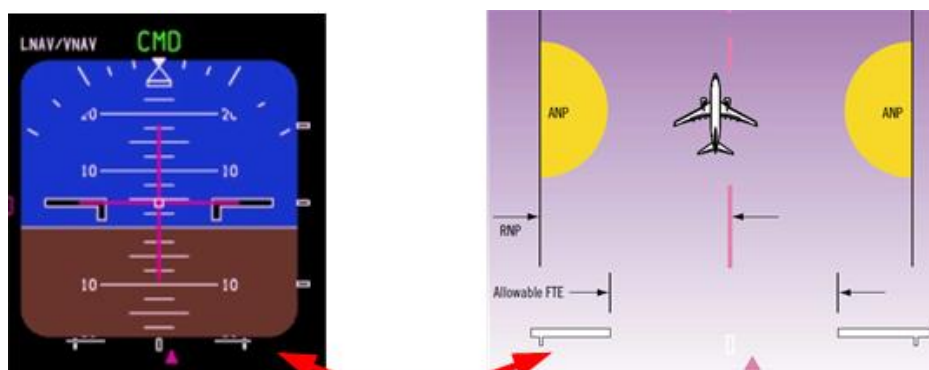
RNP požaduje varování posádky v případě ztráty navigační výkonnosti. Ukažme si příklady indikace navigační výkonnosti a filosofie varování posádky u multisenzorového systému (FMC) B737NG. FMC neustále počítá svoji polohu pomocí GPS, IRS a radionavigačních senzorů (DME, VOR, LOC) a matematicky určuje přesnost této polohy (ANP - Actual Navigation Performance). GPS je primárním systémem pro určení polohy. Výpočet ANP je založen na RAIM, metodě aktualizace polohy a jiných faktorech. Poloha letadla je tedy s 95%

pravděpodobností určena v kružnici se středem v aktuální vypočítané poloze a poloměrem ANP (obrázek 2.6). Systém si automaticky volí hodnotu RNP podle fáze letu, nebo může být hodnota RNP zadána posádkou. Pokud by například došlo ke ztrátě signálu GPS, ANP začne narůstat a pokud překročí RNP, systém vydá varování „UNABLE REQD NAV PERF – RNP“. Toto znamená ztrátu integrity pro danou fázi letu, tedy např. přiblížení s RNP 0.3NM.



Obrázek 2.6 ANP a RNP [4]

Nadstavbou tohoto způsobu indikace u B737NG je tzv. Navigation Performance Scale (NPS), které přímo na PFD zobrazuje odchylku (letově technickou chybu) od zadané trati a do stejného indikátoru vkládá ANP, a to jak pro horizontální, tak i pro vertikální vedení. Taková indikace dává posádce okamžitý přehled o navigační výkonnosti a umožňuje i přesnější manuální (bez FD) vedení letounu po trati, jak je patrné z obrázku 2.7.



Navigation Performance Scale

Obrázek 2.7 B737NG – Navigation Performance Scale [9]

MINIMUM DEMONSTRATED RNP FLIGHT OPERATIONS VERSUS MODE OF FLIGHT Navigation Performance Scales NOT Installed		
Mode of Flight	Demonstrated RNP	
	FMC GPS Enabled	FMC GPS Not Installed/Enabled
LNAV with A/P Engaged	0.11 nm	0.19 nm
LNAV with F/D	0.15 nm	0.24 nm
Manual Control with Map display only*	0.64 nm	0.72 nm
DEMONSTRATED RNP - Navigation Performance Scales Installed		
LNAV with A/P Engaged	0.10 nm	0.23 nm
LNAV with F/D	0.10 nm	0.24 nm

*When using the electronic MAP for manual control for RNP operations of 2.0 or less, down to the demonstrated RNP, using a MAP scale of 10 nm or less has been shown to assure acceptable lateral path track performance.

Obrázek 2.8 B737NG – demonstrovane RNP v závislosti na módu letu [5]

3 RAIM a jeho predikce pro plánování letů – RNP přiblížení

Dostupnost kvalitní polohové informace je z principu pro přiblížení RNP kritická. Vzhledem k tomu, že většina postupů RNP přiblížení je založena na GNSS, je třeba řešit problematiku dostupnosti tohoto systému, v dnešní době tedy především GPS a systému diferenční GPS jako EGNOS a WAAS.

Pro srovnání si uveďme příklad přiblížení založeného na konvenční navigaci, např. VOR. Před letem si posádka zkontroluje, zda toto zařízení bude v době přiletu funkční (NOTAM, AIP SUP). Během přiletu pak po naladění příslušné frekvence provede odposlech morseova identifikačního znaku radionavigačního zařízení pro ověření příjmu signálu ze správného zařízení a pro ověření jeho funkčnosti. Dále je v palubním přijímači kontrolní okruh, který v případě nedostupnosti signálu vydá posádce varování zobrazením praporku na navigačním indikátoru. Pozemní radionavigační zařízení jsou navíc monitorována a v případě jejich poruchy může být posádka informována složkami letových provozních služeb. Při konstrukci přiblížení se počítá s chybou pozemního zařízení, chybou palubního zařízení a s letově technickou chybou. Maximální hodnoty těchto chyb jsou dané certifikací systémů. Tyto provozní postupy zaručují přijatelnou spolehlivost celého systému pro přístrojová přiblížení.

Filosofie satelitní navigace je ovšem odlišná. Navigační systém sám vypočítává polohu ve 3D prostoru pomocí příjmu signálu z více zdrojů (satelitů). Na přesnost polohy má vliv mnoho faktorů od funkčnosti samotných satelitů přes jejich konstelaci a dohlednost, vliv ionosférických chyb až po výpočetní chybu samotného palubního systému. Certifikační požadavky (Annex 10) udávají charakteristiku těchto chyb. Samotný přijímač potom musí určit přesnost a pravděpodobnost (95%) určení své polohy. Aby byl schopen přijímač kontrolovat signál ze satelitů, musí být ve vhodné konstelaci a v dohledu více satelitů, než je nutné minimum pro výpočet 3D polohy, tedy více než 4 satelity. Princip nezávislého monitorování integrity přijímačem (RAIM) je porovnávání výpočtu polohy z různých kombinací více satelitů. Chyby navigačního signálu nejsou přijímači známé, a proto musí porovnat výpočet polohy z více nezávislých satelitů, aby byl schopen určit, že přesnost výpočtu je vyhovující, nebo vydat varování, že chyba výpočtu polohy může být nadměrná (FD – Fault Detection). Toto je možné, pokud je k dispozici 5 satelitů ve vhodné konstelaci. Výhodnější je ovšem, pokud je přijímač schopný i určit satelit, jehož příjem způsobuje chybu výpočtu polohy (FDE – Fault Detection and Exclusion). K tomu je nutné přijímat minimálně 6 satelitů ve vhodné konstelaci.

Základem zaručení integrity satelitní navigace je tedy znalost konstelace a dohlednosti funkčních satelitů během provedení GNSS přiblížení. Zjišťování dostatečné dostupnosti navigačního signálu pro RAIM, tedy predikce RAIM, patří již do fáze plánování letu. Jak již bylo zmíněno, jediným plně funkčním a celosvětově používaným systémem prostorové satelitní navigace je dnes systém GPS. Dále tedy bude rozebírán pouze tento systém.

Pro výpočet dostupnosti RAIM v dané poloze se u systému GPS používají data o poloze satelitů dostupná z almanachu GPS. Informace o jejich případných plánovaných výpadcích obsahuje NANU (Notice Advisory to Navstar Users), které vydává provozovatel GPS (obrázek 3.1).

```
NOTICE ADVISORY TO NAVSTAR USERS (NANU) 2012037
SUBJ: SVN35 (PRN30) FORECAST OUTAGE JDAY 171/1400 - JDAY 172/0200
1.  NANU TYPE: FCSTMX
    NANU NUMBER: 2012037
    NANU DTG: 132037Z JUN 2012
    REFERENCE NANU: N/A
    REF NANU DTG: N/A
    SVN: 35
    PRN: 30
    START JDAY: 171
    START TIME ZULU: 1400
    START CALENDAR DATE: 19 JUN 2012
    STOP JDAY: 172
    STOP TIME ZULU: 0200
    STOP CALENDAR DATE: 20 JUN 2012

2.  CONDITION: GPS SATELLITE SVN35 (PRN30) WILL BE UNUSABLE ON JDAY 171
    (19 JUN 2012) BEGINNING 1400 ZULU UNTIL JDAY 172 (20 JUN 2012)
    ENDING 0200 ZULU.

3.  POC: CIVILIAN - NAVCEN AT 703-313-5900, HTTP://WWW.NAVCEN.USCG.GOV
    MILITARY - GPS OPERATIONS CENTER at HTTPS://GPS.AFSPC.AF.MIL/GPSOC, DSN 560-2541,
    COMM 719-567-2541, gpsoperationscenter@us.af.mil, HTTPS://GPS.AFSPC.AF.MIL
    MILITARY ALTERNATE - JOINT SPACE OPERATIONS CENTER, DSN 276-3514,
    COMM 805-606-3514, JSPOCCOMBATOPS@VANDENBERG.AF.MIL
```

Obrázek 3.1 Ukázka NANU [28]

Dostupnost RAIM pro RNAV (GPSS) Approach (s přijímači jejichž ABAS je založen na RAIM) v destinaci by měla být zaručena od 15 minut před ETA do 15 minut po ETA. Výpadek RAIM kratší než 5 minut se nebere jako omezující. Jsou tři základní možnosti pro predikci RAIM během plánování letu:

- 1) využití palubního vybavení;
- 2) využití softwaru pro predikci RAIM;
- 3) využití RAIM NOTAM.

3.1.1 Využití palubního systému

Některé přijímače GPS (zpravidla samostatné) s funkcí RAIM jsou na základě příjmu navigační zprávy schopny vyhodnotit a predikovat dostupnost RAIM v zadané poloze, tedy například v destinaci. Problémem může být neaktuálnost informací o nefunkčnosti jednotlivých družic. Systém není například schopný brát v úvahu výpadky publikované NANU. Může se tedy stát, že systém bude indikovat, že RAIM bude dle predikce v destinaci dostupný, i když software predikce by vydal varování o nedostupnosti na základě výpočtu, který bere v úvahu plánované výpadky zveřejněné v NANU.

Při využití tohoto způsobu by posádky zjišťovaly dostupnost RAIM až na palubě letounu, kdy případné změny při nedostupnosti, by již byly řešeny na poslední chvíli. Proto se tento způsob nejeví jako nejvhodnější.

3.1.2 Využití software pro predikci RAIM

Velmi efektivním způsobem je využití softwaru přímo určeného k predikci RAIM. Vstupní data jsou poskytována U.S. COAST GUARD NAVIGATION CENTER. V dnešní době existuje již množství poskytovatelů těchto softwarů od základních online s volným přístupem po softwaru plně integrované do plánovacího nástroje provozovatele.

Ukázkou prediktivních nástrojů s volným přístupem mohou být:

- AUGUR;
- AC90-100A GPS RAIM PREDICTION.

Ukázkou placených systémů mohou být:

- RAIM GRPS;
- Rocket Route.

3.1.2.1 AUGUR – vzdušný prostor ECAC

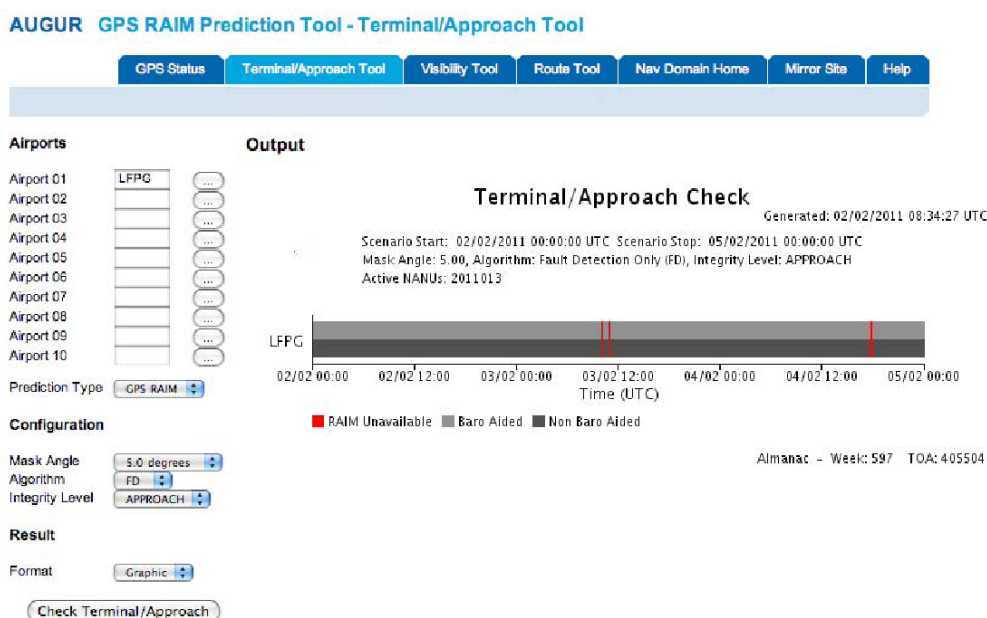
(www.augur.ecacnav.com)

AUGUR je systém predikce RAIM vyvinutý a provozovaný firmou DW International pro EUROCONTROL od roku 2006. AUGUR informuje uživatele o provozuschopnosti satelitů GPS a obsahuje nástroje pro ověření integrity systému GPS pro zamýšlený let ve všech jeho fázích. Navíc AUGUR funguje jako zdroj návrhů RAIM NOTAMů. DWI provozuje i záložní internetovou stránku (mirror website) pro případ výpadku primární stránky. AUGUR byl

navržen, aby zaručoval předpisové požadavky pro navigaci na trati a v koncové oblasti. Funkce AUGUR jsou následující:

Terminal/Approach Tool

Nabízí 72 hodinovou predikci RAIM pro provoz v koncové oblasti ($\pm 1\text{NM}$) a na přiblížení ($\pm 0,3\text{NM}$). Umožňuje zadání ICAO kódu až 10 letišť, pro která má být predikce určena. Dále je možno zvolit parametry predikce. Mask Angle – minimální úhel satelitů nad horizontem – standardní hodnota je 5° , algoritmus – pouze FD, nebo FDE a výše zmíněnou úroveň integrity – TERMINAL – koncová oblast, nebo APPROACH pro přiblížení. Výsledky je možné zobrazit graficky (obrázek 3.2), nebo v tabulce. Výstup je rozdělen pro systémy s funkcí barometrického zpřesnění, nebo bez něho.



Obrázek 3.2 AUGUR – Terminal/Approach Tool [1]

GPS Status

Startovní stránka systému, která zobrazuje aktuální stav GPS – počet aktivních satelitů, aktuální almanach a případné zprávy NANU.

Route Tool

Umožňuje predikci RAIM pro traťové vedení při zadání trati letu bod po bodu. Dostupný je i algoritmus pro mód koncové oblasti ($\pm 1\text{NM}$)

Visibility Tool

Umožňuje textové a grafické zobrazení viditelných satelitů podle zvolených parametrů pro místo zadané v souřadnicích a daný čas.

Nevýhodou je, že od 1.7.2012 je AUGUR omezen svojí funkčností na vzdušný prostor ECAC. Do této doby fungoval celosvětově.

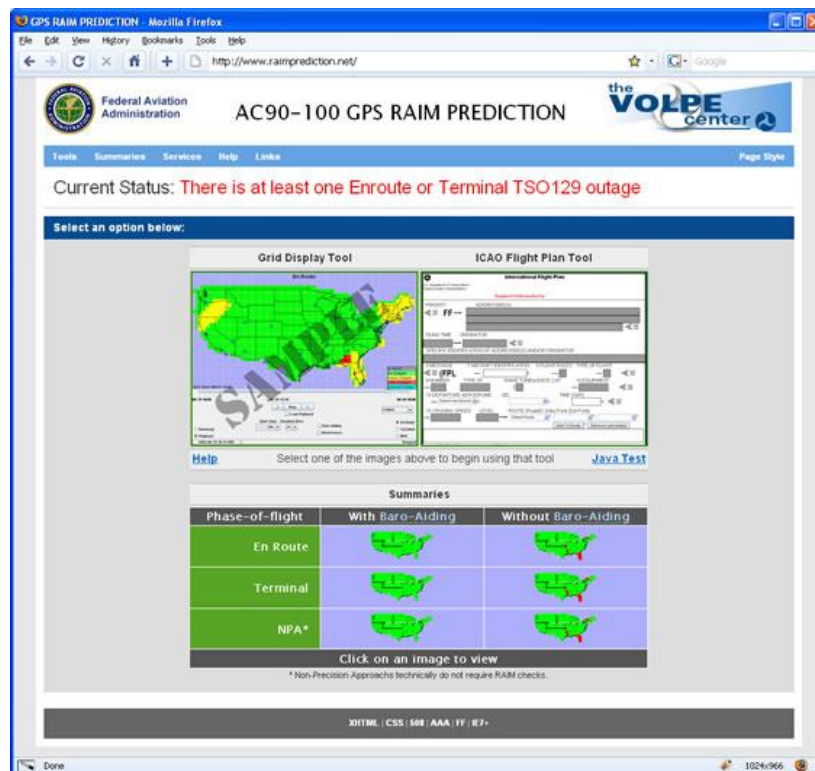
3.1.2.2 AC90-100A GPS RAIM PREDICTION – vzdušný prostor US

(www.raimprediction.net)

AC90-100A GPS RAIM PREDICTION je vhodný pro predikci RAIM na území USA a obsahuje tyto funkce:

Current Status Message

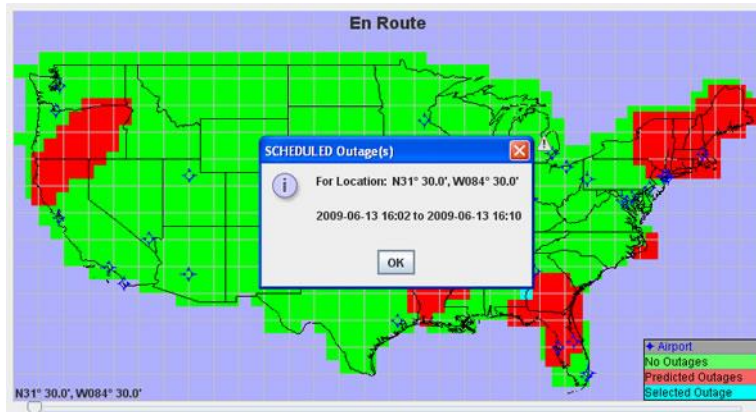
Rychlý přehled na následujících 24 hodin. Pokud se nevyskytují výpadky, zobrazuje se zelená zpráva "No Enroute and Terminal TSO129 outages." V opačném případě je zpráva červená a oznamuje, že se vyskytují výpadky. Pro další podrobnější zjištění, zda výpadky ovlivní zamýšlený let, je nutné použít jeden z následujících nástrojů.



Obrázek 3.3 AC90-100A GPS RAIM Prediction [28]

Grid Display Tool

Grafické zobrazení výpadků s možností nastavení časového okna. Je možné přepínat mezi En Route, Terminal a Non Precision Approach predikcí. Červené gridy zobrazují výpadek. Po kliknutí na požadovaný grid se zobrazí list zpráv o výpadku v oblasti gridu (obrázek 3.4)



Obrázek 3.4 Grid Display Tool [28]

ICAO Flight Plan Tool

Vyhodnocuje dostupnost RAIM pro let na základě vyplnění požadovaných částí formuláře ICAO letového plánu – především tedy letiště odletu, SID, trať, STAR, destinace, náhradní letiště a samozřejmě EOBT a EET (obrázek 3.5). Vrácená odpověď obsahuje informace o dostupnosti RAIM (obrázek 3.6).

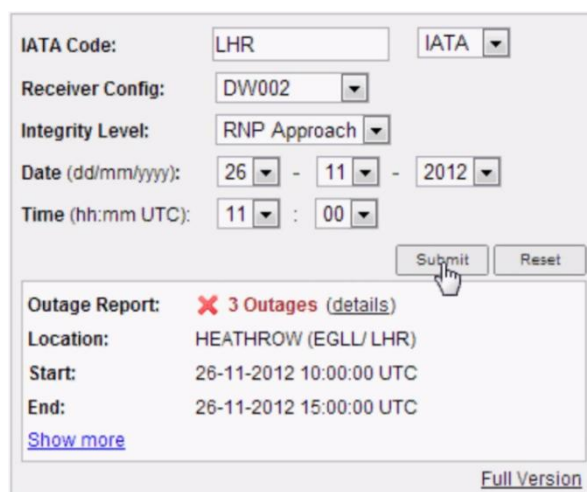
Obrázek 3.5 ICAO Flight Plan Tool [28]



Obrázek 3.6 Výstup z ICAO Flight Plan Tool [28]

3.1.2.3 RAIM GRPS

Firma DW International nabízí kromě spolupráce s EUROCONTROL i možnosti predikce RAIM koncovým uživatelům, především leteckým dopravcům. Nabízí jak plně integrovaný systém predikce RAIM, který spolupracuje s plánovacím software, tak samostatný predikční nástroj pro celý svět GNSS RAIM/RNP Prediction Service Web User Interface. Zajímavá je například funkce Dispatcher Tool, které umožňuje rychlé zjištění dostupnosti RAIM pro zvolené letiště a zvolený letoun z flotily (např. podle registrační značky) s definovaným navigačním systémem (obrázek 3.7). Jedná se samozřejmě o placené služby.



Obrázek 3.7 Dispatcher Tool [12]

3.1.2.4 Rocket Route

Alternativou pro všeobecné letectví může být například britský plánovací software Rocket Route. Tento placený software umožňuje kompletní plánování letů, včetně podání letového plánu, výpočtu OFP a přípravy briefingového balíčku, který od roku 2013 obsahuje i predikci RAIM (obrázek 3.8)

GPS RAIM PREDICTION

DEPARTURE:	No GPS outages predicted
ENROUTE:	No GPS outages predicted
DESTINATION:	No GPS outages predicted
ALTN1:	Outage is expected between 10:12 z and 12:12 z

This report is a Receiver Autonomous Integrity Monitoring (RAIM) prediction for the enroute and terminal environments. It is an operational requirement to check the availability of GPS RAIM if TSO-C129 equipment is used to solely satisfy the RNAV requirement.

This briefing checks GPS availability within +/- 60 minutes of your expected time over each waypoint.

RocketRoute sets the Horizontal Alert Limit (HAL) as follows:

HAL=1852 meters (1 NM) for the departure and arrival segment

HAL=3704 meters (2NM) for the enroute segment

HAL=555.6 meters (0.3NM) for the destination and alternate airports

Baro-Aided GPS is assumed to be available in the aircraft for this briefing.

Only continuous loss of RAIM more than five (5) minutes duration is reported.

Automatic refresh of RAIM predictions with new (unplanned, unknown) satellite vehicle outages within 15 minutes.

Data provided by the VOLPE center.

Obrázek 3.8 Rocket Route – predikce RAIM [39]

3.1.2.5 Využití RAIM NOTAM (ECAC)

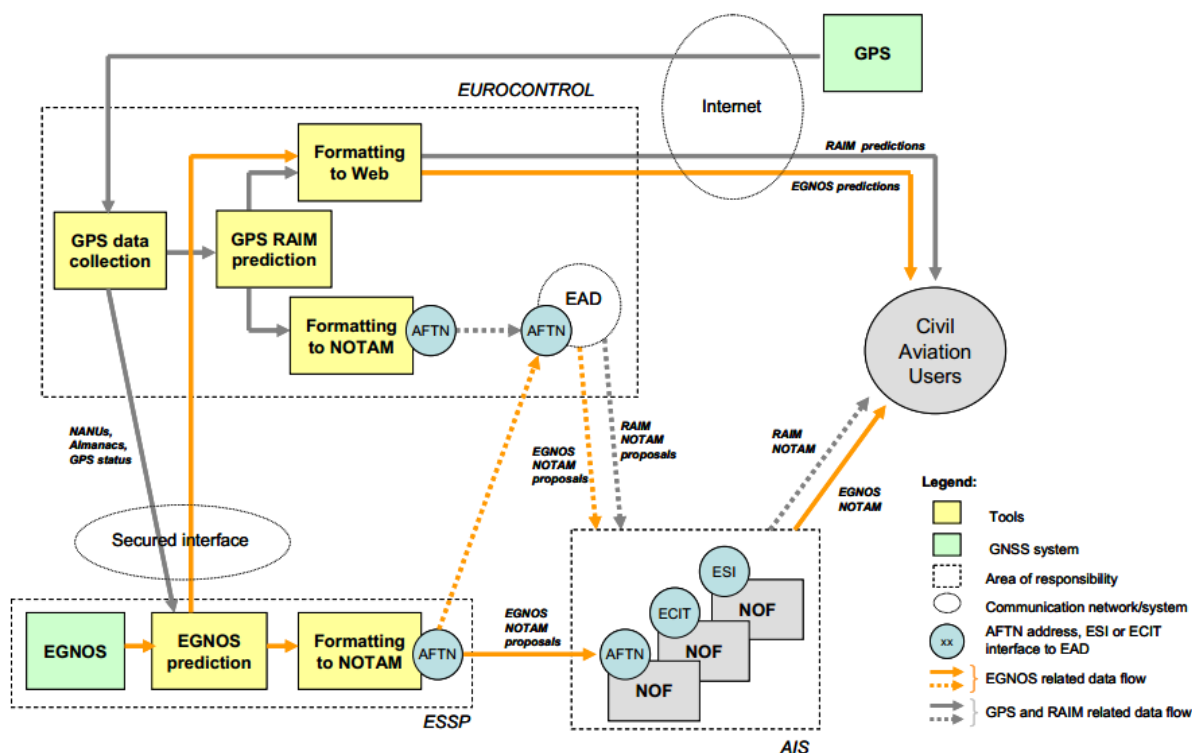
Pro potřeby RNAV (GNSS) přiblížení byl vytvořen evropský koncept GNSS NOTAM. Obsahuje jak RAIM NOTAM, tak EGNOS NOTAM (viz kapitola 5.6.1). Na počátku vydání nového RAIM NOTAMu stojí stejný predikční software, který byl popsán v předchozích kapitolách (pro ECAC toto zajišťuje AUGUR). Výpadky RAIM se určují pro jednotlivá letiště s publikovanými RNAV GPSS přiblíženími a to s parametry:

- přijímač TSO C129, bez funkce baro-aiding, bez SA;
- mask Angle = 5°;
- HAL = 0,3NM.

Případné výpadky se poté publikují jako RAIM NOTAM prostřednictvím AFTN a leteckých informačních služeb jednotlivých států. RAIM NOTAM se vydává každý den s 72 hodinovým výhledem predikce. Pokud dojde ke změně predikce, vydává se NOTAM nový.

Vznik a distribuce RAIM NOTAM

Obecným principem je, že se návrhy NOTAMů generované predikčním softwarem distribuují národním NOF (NOTAM Office), které NOTAM schválí a vydávají tak oficiální NOTAM dostupný koncovým uživatelům. Diagram s ukázkou takového procesu pro ECAC je na obrázku 3.9.



Obrázek 3.9 Vznik a distribuce RAIM NOTAM a EGNOS NOTAM [16]

Struktura RAIM NOTAM

Struktura popsaná zde se týká evropského konceptu pro GNSS NOTAM. NOTAMy, které popisují nedostupnost přiblížení z jiného důvodu (např. chyba v konstrukci procedury atd.) mají jinou strukturu. Některé evropské státy publikovaly RAIM NOTAMy ještě před ustanovením evropského konceptu pro GNSS NOTAM, nicméně pro piloty by všechny tyto NOTAMy měly být srozumitelné stejně tak, jako NOTAMy týkající se RAIM, či dostupnosti přiblížení mimo ECAC.

Q) LOVV/ QGAAU/ I/ NBO/ A/ 000/ 999/ 5204N01137E005

A) LOWW

B) 1310240625

C) 1310241200

D) 24 0625-0640 0720-0755 1145-1200

E) GPS RAIM IS NOT AVAILABLE FOR LNAV

Dekódování:

Q) LOVV – FIR – letová informační oblast: Vienna

QGAAU – Q kód NOTAMU

používaná 2 a 3 písmena Q kódu v RAIM NOTAM:

GA – GNSS letiště

používaná 4 a 5 písmena Q kódu v RAIM NOTAM:

AU – Není k dispozici (uvést, je-li to na místě, důvod) – dle evropského konceptu používáno pro nový NOTAM

XX – Otevřená řeč – dle evropského konceptu používáno pro Cancel NOTAM, po kterém bude následovat NOTAM nový

AK – dle evropského konceptu používáno pro Cancel NOTAM, po kterém nebude následovat NOTAM nový

I – provoz IFR

NBO –
N – NOTAM určen pro okamžitou pozornost provozovatelů
B – NOTAM určen do PIB
O – NOTAM vztahující se k letovému provozu

A – letiště

000/999 – Rozsah výšek – neaplikované pro letištní NOTAMy

5204N01137E005 – Souřadnice a rádius (rádius = 5NM)

- A) **LOWW** – ICAO kód letiště – Vídeň Swechat
- B) **1310240625** – Začátek platnosti – rok 2013 měsíc 10 den 24 čas v UTC 06:25
- C) **1310241200** – Konec platnosti – rok 2013 měsíc 10 den 24 čas v UTC 12:00
- D) **24 0625-0640 0720-0755 1145-1200** – Časové úseky výpadků v UTC
- E) Vlastní text NOTAM:

GPS RAIM IS NOT AVAILABLE FOR LNAV

nebo pro Cancel NOTAM, po kterém bude následovat NOTAM nový:

GPS RAIM IS NOT AVAILABLE FOR LNAV NEW NOTAM TO FOLLOW

nebo pro Cancel NOTAM, po kterém nebude následovat NOTAM nový:

GPS RAIM RESUMED NORMAL OPERATION

3.2 Letové postupy

Nepředpokládá se, že složky letových provozních služeb mají aktuální informaci o dostupnosti satelitů. Vydání povolení k přiblížení tedy není odvislé od aktuální dostupnosti navigačního signálu pro jeho provedení. Do systému ATS mohou být sice zakomponovány prostředky monitorující dostupnost signálu, nicméně z podstaty GNSS není zaručeno, že příjem signálu bude stejně vyhodnocen i palubním přijímačem. RAIM NOTAM (předpověď dostupnosti) jsou pro využití složkami ATS dostupné. Nepředpokládá se ovšem například ani vysílání této informace o predikované nedostupnosti ve zprávě ATIS. Konečná odpovědnost tedy zůstává na palubním vybavení. Pokud palubní vybavení indikuje, že je pro RNP přiblížení před jeho zahájením schopné, může posádka přiblížení provést.

3.3 Predikce RAIM v provozu leteckého dopravce (Travel Service)

Letouny B737NG flotily společnosti Travel Service jsou vybaveny multisenzorovým navigačním systémem integrovaným do FMC s monitorováním integrity popsáním v kapitole 2.3.2.2.

Z požadavku AMC 20-27 vyplývá, že povinnost na předletovou kontrolu dostupnosti RAIM se vztahuje na systémy, jejichž palubní sledování integrity je založeno na RAIM. Přijatelnou formou kontroly predikce RAIM je v takovém případě kontrola RAIM NOTAM. Nicméně dále je uvedeno, že RAIM NOTAM může být pro přijímače využívající hybridní určení polohy (např. GPS + IRS, radionavigační senzory, barometrické senzory) příliš restriktivní. RAIM NOTAM má tedy v takovém případě spíše informační charakter, a pokud je během přiblížení dosaženo dostatečné navigační výkonnosti, přiblížení může být posádkou provedeno. Alternativní metodou k RAIM NOTAM jsou predikční softwary, které mohou být vytvořeny poskytovateli letových navigačních služeb, nebo přímo pro potřeby dopravce.

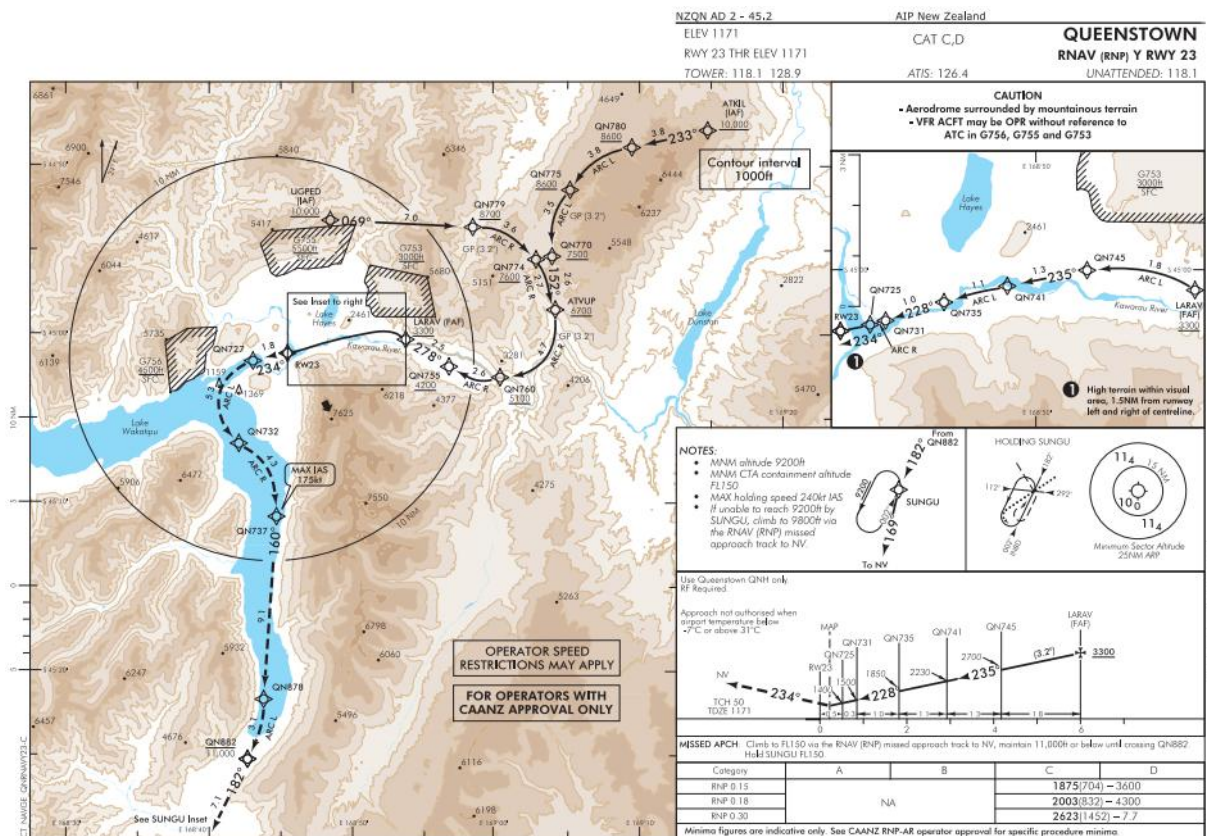
V současném stavu se díky vybavení obsluhovaných letišť prakticky není potřeba spoléhat na RNP přiblížení. V případě, že by RNP přiblížení bylo pro zakončení letu plánováno, vystačí v takové situaci použít RAIM NOTAM, nebo predikční software AUGUR (Terminal/Approach Tool – Baro Aided), nebo podobné pro jiné oblasti tam, kde je to možné. Ovšem pokud je pro předpokládaný přílet dostupné i jiné (konvenční) přiblížení, není nutné se predikcí omezovat a o provedení přiblížení může být rozhodnuto ve fázi příletu podle aktuální dostupnosti dle FMC (dostatečná ANP). Pokud velitel uvažuje o provedení RNP přiblížení ve fázi plánování, například za účelem využití nižších minim, kdy jiný druh přiblížení není

možné plánovat, je ověření dostupnosti RAIM nutné a je možno využít těchto restriktivnějších metod (RAIM NOTAM). Ověření dostupnosti přiblížení je nyní čistě na posádkách letadel. S nárůstem využití RNP přiblížení v budoucnosti bude vhodné zařadit do samotného plánovacího nástroje systém predikce dostupnosti přiblížení a to navržený přímo pro danou flotilu a druh provozu. V takovém případě by se informace o dostupnosti přiblížení zobrazovaly přímo v OFP a navigační oddělení by mohlo poskytovat aktuální informace spojené s predikcí dostupnosti přiblížení. Toto je ideální metoda, ovšem finančně nákladná.

4 Úvod do přiblížení RNP

Přiblížení RNP bylo vyvinuto a implementováno díky pokroku navigačních systémů prostorové navigace, zdokonalení přesnosti prostorové navigace a možnostech zajištění integrity systémů. Dále se v textu jako ekvivalent českého pojmu RNP přiblížení bude vyskytovat i pojem RNP approach tak, jak je zavedený ICAO Doc 9613 PBN manuálem. K praktickému vysvětlení konkrétních postupů v následujících kapitolách se bude používat převážné dokumentace Jeppesen. Především z důvodu, že tato dokumentace je nejrozšířenější v IFR leteckém výcviku i obchodní letecké dopravě.

RNP přiblížení přináší nesporné výhody do civilního letectví. Je například umožněn vznik nových procedur přiblížení na dráhy, které byly dříve pouze vizuální, bez nutnosti nákladné instalace pozemního radionavigačního zařízení. Navíc je přímé RNAV přiblížení několikanásobně bezpečnější, než vizuální manévrování na dříve pouze vizuální dráhu (z dat ICAO vyplývá, že přímé přiblížení je až 25 krát bezpečnější, než přiblížení okruhem). Dále může nová RNP procedura nahradit stávající konvenční přístrojové přiblížení a snížit tak náklady na udržování pozemního radionavigačního vybavení, nebo může sloužit jako záloha například v době údržby pozemního vybavení, nebo jiném zneschopnění přiblížení založeném na pozemních prostředcích. Přiblížení RNP se takto například vhodně používá při údržbě systému ILS, nebo samotné přistávací a vzletové dráhy na letišti Václava Havla v Praze. Výhodou bylo například vyloučení vlivu strojů pracujících v citlivé oblasti systému ILS pro dráhu 30 při rekonstrukci střední části dráhy 06/24. V neposlední řadě umožnila konstrukce RNP přiblížení zpřístupnit letiště ve složitém terénu. A to nahrazením stávajících konvenčních, či vizuálních přiblížení přiblížením RNP s mnohem nižšími minimy, nebo zavedením zcela nových procedur na dráhy, na které by ani konstrukce přiblížení založeném na pozemních radionavigačních prostředcích nebyla možná. Tyto postupy v nepřístupném terénu většinou spadají do kategorie RNP AR approach, tedy přiblížení vyžadující speciální autorizaci. Každý takto stanovený postup je jedinečný a speciální schválení pro něj musí získat každý dopravce, který má v úmyslu jej využít. Příklad takového RNP AR přiblížení na letišti Queenstown na Novém Zélandu je na obrázku 4.1.

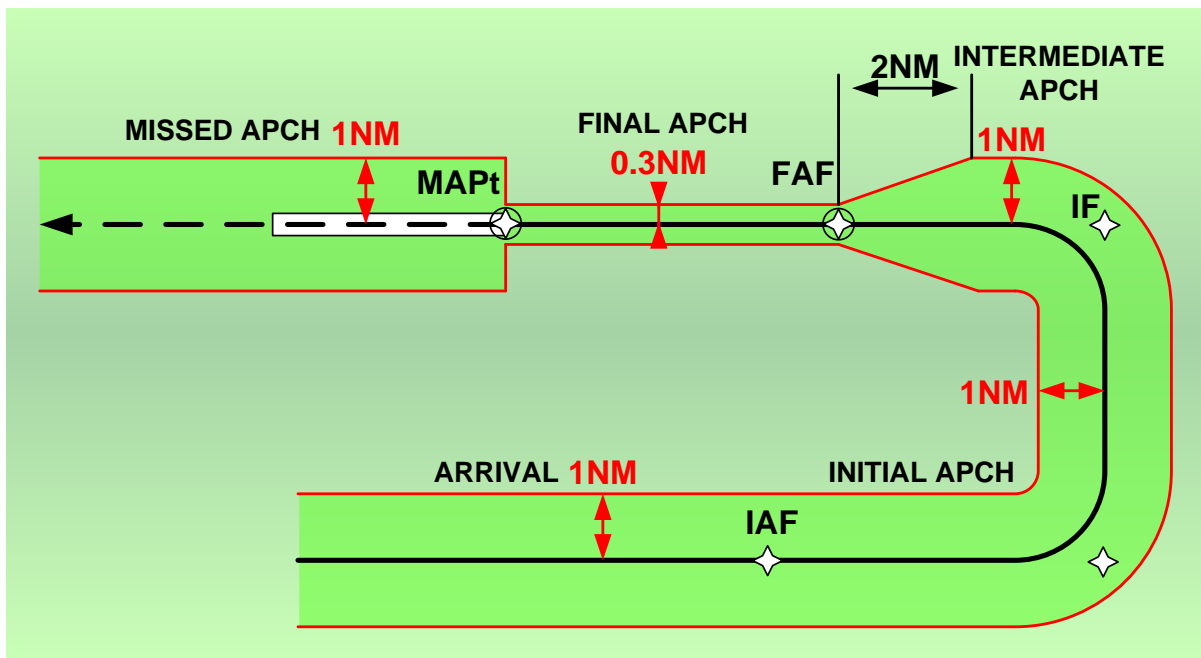


Obrázek 4.1 RNP AR na letišti Queenstown [7]

Koncept RNP approach zahrnuje všechny segmenty přístrojového přiblížení:

- počáteční přiblížení;
- střední přiblížení;
- konečné přiblížení;
- nezdařené přiblížení.

Každému segmentu je stanovena RNP specifikace, které u konečných přiblížení může být 0,3NM a méně. Obecné schéma postupu RNP přiblížení s ukázkou maximální výchylky indikátoru odchylky od trati (FSD – Full Scale Deflection), které odpovídá RNP v jednotlivých fázích přiblížení, je na následujícím obrázku 4.2.



Obrázek 4.2 Schéma postupu RNP přiblížení s možnými FSD pro jednotlivé segmenty

4.1 Zavádění postupů pro přiblížení RNP

Rezoluce ICAO A37/11 vyzvala členské státy k zavedení RNP APCH přiblížení na všech přístrojových letištích do roku 2016.

Ukažme si vývoj přiblížení založeného na prostorové navigaci na příkladu implementace těchto postupů v České republice. Pro dokreslení je přidán i popis celkového vývoje navigačního prostředí České republiky.

4.1.1 Do roku 2012

4.1.1.1 Traťové vedení

V Evropě je používán koncept B-RNAV pro traťovou navigaci s povinností na toto vybavení nad FL95. V ČR je pro navigační vedení B-RNAV možno využívat struktury VOR, DME a GNSS.

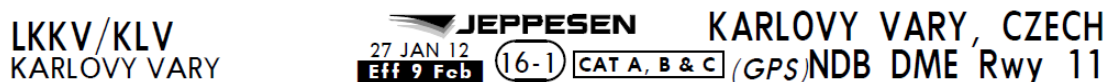
4.1.1.2 Koncová řízená oblast – odlety a přílety

V Evropě je pro lety v koncové řízené oblasti specifikováno P-RNAV. V TMA Praha je možno pro P-RNAV navigaci využít strukturu DME nebo GNSS. Pro ostatní letiště jsou publikovány konvenční tratě, nebo je využito B-RNAV nad MSA/MRVA.

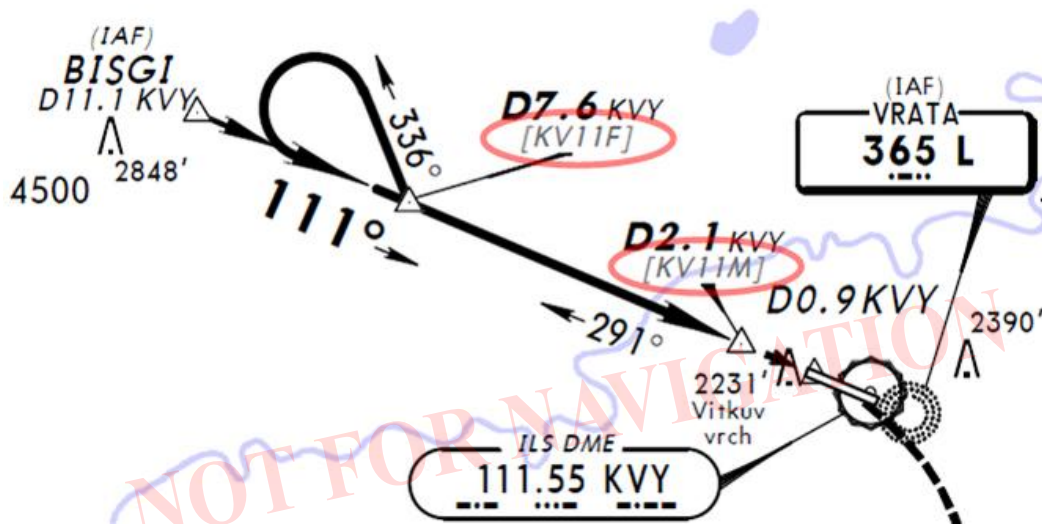
4.1.1.3 Konečné přiblížení

Pro konečné přiblížení je primárním systémem ILS. Tam kde je možno nahradit markery DME vzdáleností, jsou tyto markery rušeny. Jsou postupně také rušena některá letištní NDB, nicméně nepřesná přístrojová přiblížení založená na VOR a NDB zůstávají zachována.

Prvním krokem v zavádění postupů konečného přiblížení založeném na prostorové navigaci byly tzv. GPS overlay, jinak řečeno překrytí stávajícího konvenčního postupu přiblížení podle přístrojů. Tento postup zahrnuje GPS body, které odpovídají bodům na původním přiblížení a při nahrání postupu z navigační databáze zajistí vedení letounu po trajektorii shodné s původním přiblížením. Použitým navigačním zařízením v tomto případě musela být GPS a palubní přijímač a indikátory musely být schopné GPS approach. Konstrukce horizontální trati byla shodná s přiblížením LNAV se základním přijímačem GPS tak, jak je popsáno v dalších kapitolách. Na následujících obrázcích 4.3 a 4.4 je ukázán příklad označení mapek pro takové postupy a ukázka horizontálního navigačního plánu s označením GPS bodů.



Obrázek 4.3 Označení mapky přiblížení NDB s GPS overlay



Obrázek 4.4 GPS body na mapce přiblížení NDB s GPS overlay

Postupy RNP přiblížení na samostatných mapách se v ČR začaly publikovat v roce 2010 a to nejprve pro letiště Václava Havla v Praze. Postupy obsahovaly přiblížení LNAV a LNAV/VNAV s Baro APV. Do roku 2013 se postupně publikovala tato přiblížení pro letiště Brno, Vodochody a Ostrava.

4.1.1.4 Navigace na pohybové ploše

K vedení letadel po ose přistávací a vzletové dráhy po přistání a během vzletu je možné využívat localizer na příslušně vybavených drahách. Satelitní navigace se nevyužívá.

4.1.2 2012 až 2016

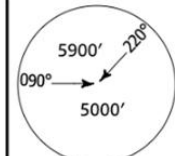
V Evropě postupně dochází k nahrazování specifikace B-RNAV specifikací RNAV 5 a P-RNAV specifikací RNAV 1. Jedná se více méně o změnu názvu. Dále se počítá s postupným zařazením satelitního navigačního systému Galileo. Případně se budou používané PBN specifikace rozšiřovat o Basic RNP 1 a Advanced RNP 1.

4.1.2.1 Traťové vedení

Budou pozvolně rušena traťová zařízení VOR. Zařízení DME zůstanou zachována, případně budou přemístěna pro lepší využití DME/DME senzory. Možné využití RNAV 1 na letových tratích.

4.1.2.2 Koncová řízená oblast – odlety a přilety

Zaváděny jsou přilety RNAV 1 na většinu IFR letišť. Počítá se s použitím především satelitní navigace, s doplňováním pozemních stanic se nepočítá. Letištní VOR zůstanou zachovány jako záloha.

LKKV/KLV KARLOVY VARY		JEPPESEN 19 APR 13 (10-2A) Eff 2 May	KARLOVY VARY, CZECH RNAV STAR
ATIS 118.95	Apt Elev 1989'	Alt Set: hPa (MM on request) Trans level: By ATC Trans alt: 5000' 1. RNAV 5 capable ACFT only, but able to follow assigned route, shall inform ATC at first contact, flight path monitoring will be provided. 2. ACFT not approved for RNAV operations shall inform ATC at first contact, vectoring will be provided. 3. STAR segments outside Karlovy Vary TMA cross through airspace 'Class E' below FL95.	
BALTU ONE PAPA (BALTU 1P) [BALT1P] BEKTO TWO PAPA (BEKTO 2P) [BEKT2P] RWY 29 RNAV ARRIVALS RNAV 1 (GNSS)			

Obrázek 4.5 Standardní přilet RNAV do Karlových Varů se specifikací RNAV 1 založeném na GNSS senzoru

4.1.2.3 Konečné přiblížení

Preferovaným systémem zůstává ILS. Do roku 2016 budou postupy pro RNP přiblížení publikovány pro všechna IFR letiště v ČR. V roce 2014 dochází k publikaci prvních SBAS APV(EGNOS) přiblížení v Brně a Ostravě. Současně by se měly začít publikovat RAIM a

EGNOS zprávy NOTAM varující o výpadku signálu a tedy nedostupnosti přiblížení. Na letištích, kde je publikováno nepřesné přiblížení založené na VOR, se budou rušit NDB přiblížení. GBAS postupy se mohou začít implementovat na konci období.

4.1.2.4 Navigace na pohybové ploše

S využitím satelitní navigace se stále nepočítá, dále se využívá LOC pro vedení letadla po vzletové a přistávací dráze.

4.1.3 Od roku 2016 do 2020

Budou zrušena traťová pozemní zařízení VOR a NDB. DME infrastruktura zůstane zachována jako záloha pro satelitní navigaci, která se stane primárním systémem.

4.1.3.1 Traťové vedení

Předpokládá se využívání RNAV 1

4.1.3.2 Koncová řízená oblast – odlety a přílety

V TMA se předpokládá RNAV 1 (případně Basic RNP 1) založené na satelitní navigaci s možností DME/DME v TMA Praha.

4.1.3.3 Konečné přiblížení

Preferovaným přiblížením zůstává ILS. Uvažuje se o rozšíření na CAT II/III i na další letiště v ČR a případně i zavádění GLS pro CAT II/III. Nepřesná přístrojová přiblížení VOR a NDB se budou rušit a nahrazovat APV.

4.1.3.4 Navigace na pohybové ploše

Satelitní navigace se bude využívat k vedení na pohybových plochách a dále se využívá LOC pro vedení letadla po vzletové a přistávací dráze.

5 Druhy přiblížení RNP

V kapitole Druhy přiblížení RNP se čtenář seznámí s popisem a letovými postupy pro jednotlivé RNP přiblížení. Budou popsány druhy přiblížení RNP podle navigačních senzorů. Pro srovnání bude úvod stručně popsáno konvenční NPA včetně metody plynulého klesání na konečném přiblížení CDFA. Metoda CDFA není vždy správně chápána a využívána především studenty v leteckých školách, a proto se jí bude věnovat samostatný odstavec. A to i vzhledem k tomu, že dnešní navigační systémy mohou poskytovat pomocnou indikaci sestupové roviny k usnadnění vertikálního vedení při letu metodou CDFA. Podrobněji budou rozebrána a porovnána jednotlivá přiblížení RNAV(GNSS), tedy LNAV, LNAV/VNAV, LPV. Letové postupy nejsou zaměřeny na konkrétní typ navigačního vybavení, ani letounu. Nicméně ukazují příklady pro různé typy avioniky k usnadnění praktického pochopení problematiky. Postupy pro navigační systémy využívané v letounech při výcviku pilotů jsou uvedeny v kapitole 6. Na závěr kapitoly 5 je uvedena celé mapka RNAV (GNSS) RWY 10 v Brně Tuřanech, které může čtenáři sloužit jako reference pro pochopení látky, během studia celého textu.

Obecně lze přiblížení založené na prostorové navigaci rozdělit do tří základních skupin:

- NPA – Non-Precision Approach (nepřesné přístrojové přiblížení)
Zástupcem tohoto přiblížení je například GNSS LNAV;
- APV – Approach with Vertical Guidance (přiblížení s vertikálním vedením)
Zástupcem těchto přiblížení je například GNSS LNAV/VNAV nebo LPV;
- PA – Precision Approach (přesné přiblížení)
Zástupcem těchto přiblížení je například GLS – GNSS Landing System.

5.1 Druhy přiblížení RNP podle navigačních senzorů

Hlavním navigačním systémem v současné době uvažovaným pro provádění konečného přiblížení založeném na prostorové navigaci je GNSS. Další senzory prostorové navigace pro RNP přiblížení mohou být např. DME/DME, VOR/DME, INS. Postupy pro přílety a přiblížení na výše uvedených senzorech popisuje ICAO Doc 8168. Sensory, které je možné pro daný postup využít, jsou patrné z názvu mapky, případně jsou uvedeny v poznámce. RNP přiblížení na mapce s názvem „RNAV (GNSS) RWY XY“ stanovuje požadavek na použití GNSS jako navigačního senzoru. Název „RNAV“ v mapce se může zdát zavádějící. Tento název udává, že se jedná o přiblížení založené na prostorové navigaci, nicméně stále se jedná

o specifikaci přiblížení RNP dle PBN. Jako příklad může posloužit následující obrázek části mapky pro RNAV (GNSS) přiblížení na dráhu 10 v Brně Tuřanech.

LKT B /BRQ TURANY		JEPPESEN 30 DEC 11 (12-1)		BRNO, CZECH RNAV (GNSS) Rwy 10	
ATIS	BRNO Approach/Radar	TURANY Tower	*TURANY Ground (TWR)		
131.1	120.55 119.9	119.6	125.42		
RNAV	Final Apch Crs 094°	Procedure Alt TB10F 3000' (2236')	LNAV/VNAV DA(H) 1020' (256')	Apt Elev 778'	RWY 764'
MISSED APCH: Climb to TB476, then turn RIGHT (MAX 220 KT) to VOR climbing to 3000'.					MSA BNO VOR
Alt Set: hPa (MM on req)		Rwy Elev: 28 hPa	Trans level: By ATC		Trans alt: 5000'
1. Min temperature for Baro-VNAV systems -15°C. 2. Initial apch turn speed restricted to MAX 220 KT.					

Obrázek 5.1 RNAV (GNSS) přiblížení na dráhu 10 v Brně Tuřanech

Další obrázek ukazuje RNP přiblížení na dráhu 34 v egyptské Hurghadě. Zde je možno využít jak senzorů VOR/DME tak GNSS

HEGN/HRG HURGHADA INTL		JEPPESEN 11 FEB 11 (12-2)		HURGHADA, EGYPT RNAV (VOR DME or GNSS) Rwy 34	
ATIS	HURGHADA Radar	HURGHADA Tower (APP/TWR)		Ground	
120.45	123.4	119.6		121.9	
RNAV	Final Apch Crs 341°	Mandatory Alt GN618 2200' (2165')	MDA(H) 530' (495')	Apt Elev 52'	RWY 35'
MISSED APCH: Climb STRAIGHT AHEAD to 1500', then contact ATC.					MSA HGD VOR
Alt Set: hPa		Rwy Elev: 1 hPa		Trans level: FL 110	
Trans alt: 9500'					

Obrázek 5.2 RNAV (VOR DME or GNSS) přiblížení na dráhu 34 v Hurghadě

Mapka RNP přiblížení na dráhu 01 ve Washingtonu (obrázek 5.3) má ve specifikaci senzorů uvedeno RNP a v poznámce je dále upřesněno, že pro přiblížení je nutná autorizace provozovatele a požadavek na GPS senzor s funkcí RF (Radius to Fix). Minima pro takto označená přiblížení mohou být publikována v souvislosti s navigační výkonností použitého systému. Na obrázku 5.4 je uveden příklad minim pro přímé RNAV (RNP) Z RWY 7R na letišti Los Angeles International. Minima jsou publikována pro RNP 0,12 a RNP 0,30. Jedná se o autorizaci vyžadující přiblížení, které může být použito i pro souběžný provoz na paralelních drahách.

KDCA/DCA RONALD REAGAN WASHINGTON NATL		JEPPESEN 23 MAY 14 (12-20)		WASHINGTON, DC (VA) RNAV (RNP) Rwy 1	
D-ATIS 132.65	POTOMAC Approach (R) 124.7	WASHINGTON Tower 119.1	Ground 121.7	Helicopter 134.35	
RNAV	Final Apch Crs 005°	Minimum Alt BADDN 1600' (1586')	RNP 0.30 DA(H) 539' (525')	Apt Elev 15' TDZE 14'	2100' MSA RW01
MISSED APCH: (Do not exceed 185 Kts until FIVUD) Climb to 2100' LEFT turn to FIVUD, and on track 325° to HESLO, and on track 325° to GTN NDB and hold. Missed approach requires RNP less than 1.00.					
Alt Set: INCHES Trans level: FL 180 Trans alt: 18000' 1. AUTHORIZATION REQUIRED 2. Radar required. 3. RF and GPS required. 4. For uncompensated Baro-VNAV systems, procedure not authorized below -10°C (14°F) or above 48°C (120°F).					

Obrázek 5.3 RNAV (RNP) přiblížení na dráhu 01 ve Washingtonu

STRAIGHT-IN LANDING RWY 7R					
RNP 0.12 DA(H) 418' (293')			RNP 0.30 DA(H) 483' (358')		
RAIL out		ALS out	RAIL out		ALS out
A					
B					
C	RVR 24 or 1/2	RVR 40 or 3/4	RVR 50 or 1	RVR 40 or 3/4	RVR 60 or 1/4
D					

Obrázek 5.4 Tabulka minim pro RNAV (RNP) Z RWY 7R na letišti Los Angeles Int.

Vzhledem k tomu, že valná většina postupů přiblížení je dnes konstruována na bázi GNSS a většina používaných letadel, od výcvikových strojů po moderní dopravní letouny, je vybavena systémem GPS (případně doplněným o ABAS, SBAS, GBAS), budeme se zabývat především problematikou spojenou s tímto systémem, jako hlavním navigačním senzorem pro provádění postupů přiblížení.

5.2 Druhy RNAV(GNSS) přiblížení.

Specifikace pro přiblížení založené na GNSS je dána ICAO Doc 9613 PBN manuálem. V současné době jsou běžně tato přístrojová přiblížení založená na prostorové navigaci publikovaná na mapce označené RNAV (GNSS) RWY XY. Tato mapka může sdružovat více typů přiblížení. Přiblížení, pro které je mapka publikována, jsou uvedeny v tabulce s minimy a mohou být následující:

- LPV;
- LNAV/VNAV;
- LNAV.

Řídící letového provozu není informován o druhu letěného přiblížení. Povolení se vydává obecně pro RNAV přiblížení a je již na pilotovi, jaký druh přiblížení a tedy i jaká minima si

zvolí. Toto samozřejmě závisí na vybavení letadla a schválení jak provozovatele, tak posádky. Z výše uvedeného vyplývá, že horizontální konstrukce přiblížení na jedné mapce RNAV (GNSS) je stejná pro všechny druhy konečného přiblížení uvedených v tabulce minim (obrázek 5.5 a 5.6).

Standard		STRAIGHT-IN LANDING RWY 24		CIRCLE-TO-LAND		
LNAV/VNAV		LNAV				
DA(H) 1460' (302')		DA(H) 1590' (432')		Max Kts	MDA(H)	VIS
ALS out		ALS out		100	1650' (403')	1500m
A				135	1750' (503')	1600m
B	RVR 750m	RVR 1400m	RVR 1300m	180	1850' (603')	2400m
C				D	NOT AUTHORIZED	
D			RVR 2000m			

1 With TDZ, CL and HUD: RVR 700m.
2 After LNAV: MDA(H) 1680' (433'). **3** Not authorized East of apt between extended RCL 06/24 & 12/30.
 CHANGES: RWY 13/31 redesignated 12/30. © JEPPESEN, 2010, 2012. ALL RIGHTS RESERVED.

Obrázek 5.5 Tabulka s minimy pro RNAV (GNSS) RWY 24 na LKPR obsahuje minima pro LNAV/VNAV a LNAV

Standard		STRAIGHT-IN LANDING RWY 21		CIRCLE-TO-LAND		
LPV		LNAV CDFA				
DA(H) 1 A: 1585' (310') C: 1605' (330') B: 1595' (320') D: 1620' (340')		DA/MDA(H) 1750' (475')		Max Kts	MDA(H)	VIS
ALS out		ALS out		110	1800' (525')	1500m
A	RVR 700m	RVR 1400m	RVR 1500m	135	1800' (525')	1600m
B				180	1980' (705')	2400m
C	RVR 800m	RVR 1500m	RVR 1500m	205	2030' (755')	3600m
D			CMV 2200m			

1 For add-on to the MDA(H), see ATC pages FRANCE. **2** Circl height based on rwy 21 thresh elev of 1275'.
 CHANGES: New procedure. © JEPPESEN, 2012. ALL RIGHTS RESERVED.

Obrázek 5.6 Tabulka s minimy pro RNAV (GNSS) RWY 21 na LFBL obsahuje minima pro LPV a LNAV

5.3 Konvenční NPA

Jako konvenční nepřesné přístrojové přiblížení pro účely tohoto textu chápeme přiblížení založené na pozemních radionavigačních zařízeních:

- LOC, LOC/DME (tedy localizer only, neboli ILS GS out);
- VOR, VOR/DME;
- NDB, NDB/DME.

Systémová minima pro nepřesná přístrojová přiblížení podle PART-CAT jsou patrná z obrázku 5.7.

Facility	Lowest DH/MDH (ft)
ILS/MLS/GLS	200
GNSS/SBAS (LPV)	200
GNSS (LNAV)	250
GNSS/Baro-VNAV (LNAV/ VNAV)	250
LOC with or without DME	250
SRA (terminating at ½ NM)	250
SRA (terminating at 1 NM)	300
SRA (terminating at 2 NM or more)	350
VOR	300
VOR/DME	250
NDB	350
NDB/DME	300
VDF	350

Obrázek 5.7 Minima pro systémy v závislosti na zařízeních [23]

5.3.1 Předletové postupy

Předletové postupy při plánování letu zakončeného NPA obsahují:

- kontrolu dostupnosti pozemních radionavigačních zařízení v NOTAM, případně AIP SUP;
- kontrolu funkčnosti palubního vybavení;
- správné vyplnění FPL obsahující potřebné vybavení v poli 10;
- ověření meteorologických podmínek pro přiblížení. Pro plánovací minima se vyžaduje zhodnocení jak dohlednosti (RVR/CVM) tak základny oblačnosti (ceiling). Obě tyto hodnoty musí být v předpokládaném čase příletu ± 1 hodina stejné, nebo větší než minima uvedená na přiblížovací mapce (případně minima stanovená dle požadavku provozovatele).

5.3.2 Příprava na přiblížení

Příprava na přiblížení je vhodné zahájit ještě v hladinovém letu odposlechem ATIS (pokud je k dispozici). Zde posádka získá informace o počasí, dráze a přiblížení v používání a případné další informace (např. případný výpadek radionavigačního vybavení atd.). Následuje briefing přiblížení obsahující přípravu a nastavení všech přístrojů a hodnot v předstihu, tak jak jen to jejich využití dovoluje. Briefing dále obsahuje směrování příletu (využití RNZ), trať

konečného přiblížení, vertikální profil s důrazem na minimální výšky a výšku rozhodnutí včetně MAPt. Briefing musí být dokončen do naletění IAF. Nejpozději před naletěním tratě konečného přiblížení je nutné odposlechem morseova kódu identifikovat správnost naladění použitého pozemního radionavigačního zařízení.

5.3.3 Přílet, počáteční a střední přiblížení

Příletová trať STAR může být sledována pomocí konvenční radionavigace s navázáním na postupy počáteční přiblížení dle ICAO Doc 8168 (reversal procedure – procedure turn a base turn, racetrack, úsek dead reckoning, DME arc). Nebo jsou publikovány postupy RNAV (např. evropský P-RNAV (RNAV 1) pro koncové oblasti). Případně může být letoun do trati konečného přiblížení vektorován.

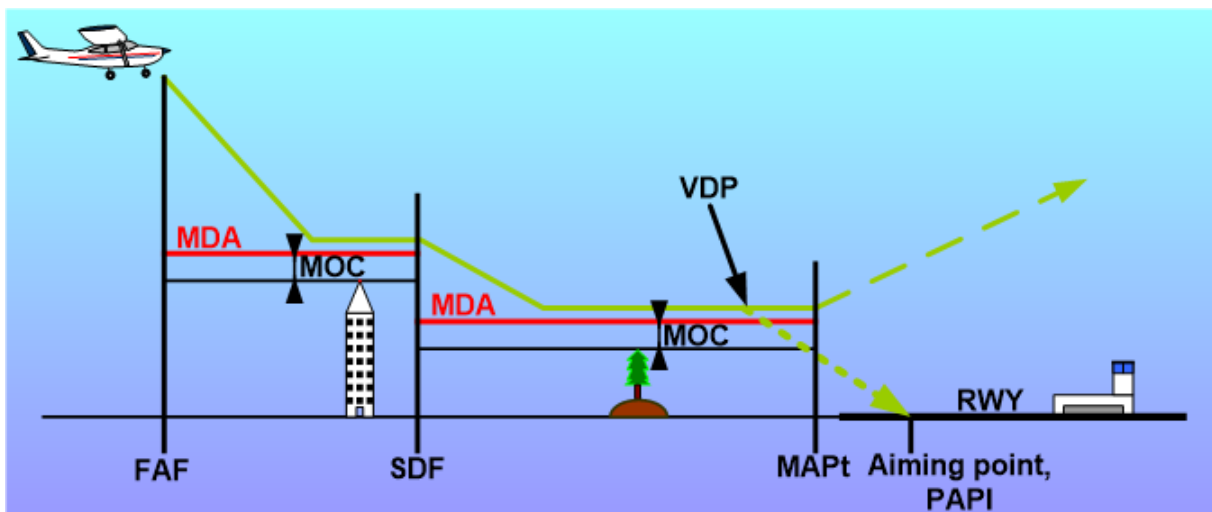
5.3.4 Konečné přiblížení

Konečné přiblížení je dáno trati konečného přiblížení z fixu konečného přiblížení FAF do bodu nezdařeného přiblížení MAPt. Trať konečného přiblížení může s dráhovým kurzem svírat úhel až 30°, aby stále mohlo být považováno za přímé přiblížení. MAPt může být definovaný jako radionavigační zařízení, VKV návěstidlo (marker), DME vzdálenost, protnutím radiálu či směrníku k radionavigačnímu zařízení, nebo i pomocí měření času.

5.3.5 Metoda konečného přiblížení s postupným klesáním

V případě „staré“ metody konečného přiblížení posádka zahajuje klesání na FAF takovou vertikální rychlostí, která vede k dosažení minimální výšky pro klesání před bodem nezdařeného přiblížení (MAPt), nebo fixu postupného klesání (SDF). Technika pilotáže takového přiblížení většinou vyžaduje přiblížení v přistávací konfiguraci, jelikož změny rychlosti při změně konfigurace vyžadují i změnu vertikální rychlosti. Postup přiblížení neobsahuje pravidelné kontroly výšek, a tak by nesladěním traťové rychlosti a vertikální rychlosti mohlo vést k nepředvídanému vertikálnímu profilu přiblížení. Pro zahájení a pokračování v klesání je vždy podmínkou usazení na trati konečného přiblížení (maximálně $\pm 5^\circ$ na NDB, nebo půl výchylky CDI pro VOR a LOC). Úsek konečného přiblížení nemusí obsahovat žádný, nebo může obsahovat jeden a více fixů postupného klesání (SDF) s příslušnou minimální výškou pro klesání MDA. Použijme obrázek 5.8 jako příklad takového přiblížení. Jedná se o přiblížení s jedním SDF. Posádka tedy uvede letoun do klesání na FAF a jako limit klesání má první MDA před SDF. MDA nikdy nesmí být podklesána, a proto posádka vyrovnává letoun s předstihem nad MDA (např. $MDA + \frac{V/S}{10}$). Zde je samozřejmě

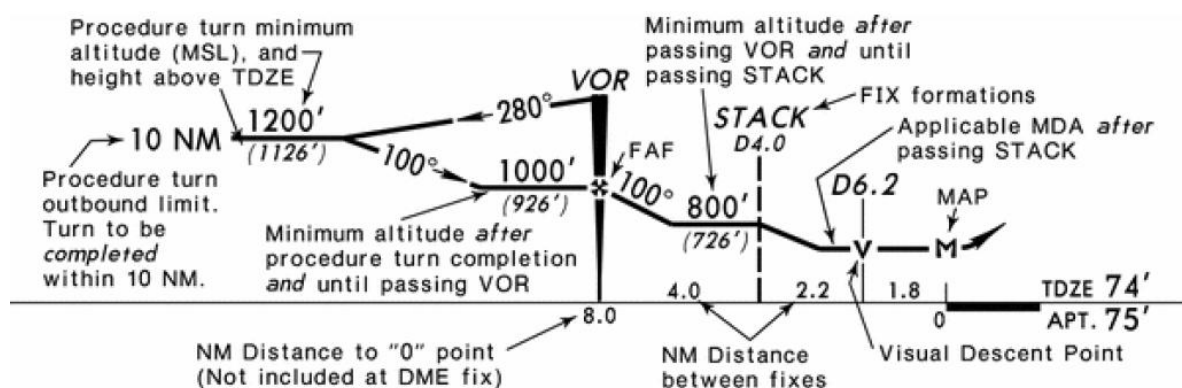
nutná velká změna výkonu motorů k udržení horizontálního letu. Dále posádka čeká na identifikaci SDF. Ten může být definovaný pomocí radionavigačního zařízení, markeru, vzdálenosti DME, nebo průtutím radiálu či směrníku k radionavigačnímu zařízení. Pokud je SDF posádkou pozitivně identifikován, může zahájit klesání do další MDA s následným vyrovnáním v nebo lehce nad MDA. Pokud by přiblížení obsahovalo více SDF tento postup by se opakoval až do nejnižší MDA. Pokud není SDF identifikován a letadlo se nachází v podmínkách IMC, udržuje posádka výšku až do MAPt. Kdykoliv jsou navázány vizuální reference, může posádka pokračovat pod MDA na přistání, ovšem pouze pokud se letadlo nachází v poloze, ze které je schopné přistání na dráhu bezpečně provést. Pokud by vizuální reference navázány nebyly, pokračuje posádka v MDA a nejpozději ve fixu nezdařeného přiblížení MAPt zahajuje postup nezdařeného přiblížení.



Obrázek 5.8 Vertikální profil - metoda konečného přiblížení s postupným klesáním

Je patrné, že neustálé změny režimů, vyrovnávání letounu v blízkosti překážek do horizontálního letu, čtení a použití minimálních výšek a fixů pro postupné klesání, vede k větší pravděpodobnosti chyby. V minulosti došlo k několika nehodám řízeného letu do terénu CFIT, právě v důsledku chyby na konečném přiblížení při NON-CDFA metodě letu NPA. Dalším rizikem této metody je vyšší pravděpodobnost nestabilizovaného přiblížení v konečné vizuální fázi, kdy je letoun převeden do klesání až za VDP (Visual Descent Point). Toto může vést k tvrdému přistání, tail strike, nebo k přejetí dráhy. Tento způsob letu konečného přiblížení je tedy nevhodný pro těžší letouny s turbínovými motory. Pro lehčí letadla všeobecného letectví by snad jedinou výhodou mohl být fakt, že pokračování letu v MDA za VDP až k MAPt zvyšuje možnost navázání vizuálních referencí při špatné dohlednosti. Pro lehký letoun bude podmínka polohy, ze které je možno bezpečně přistát,

splněna i za VDP blíže dráze. Toto je dáno poměrně kratší vzdáleností potřebnou pro přistání oproti těžším a rychlejším letounům.



Obrázek 5.9 Vertikální profil NON-CDFE konečného přiblížení [33]

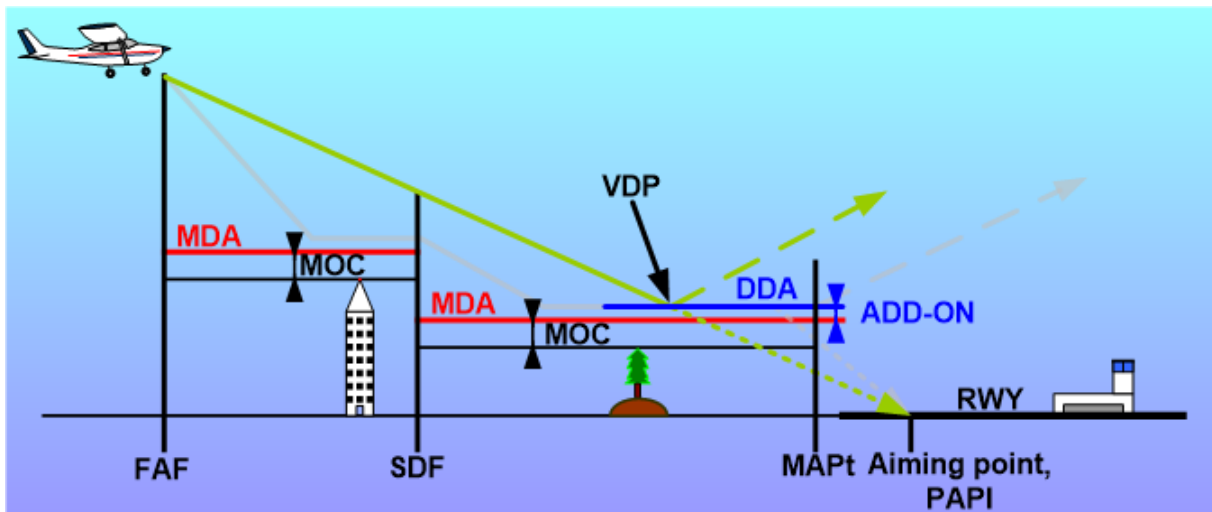
5.3.6 CDFE

CDFE je metoda konečného přiblížení NPA, kde posádka udržuje konstantní úhel klesání z FAF až do minim s dodržáním všech výškových omezení na přiblížení. Tím zaniká nutnost „schodovitého“ letu a všech jeho nevýhod. Vertikální profil se tak přibližuje přiblížení přesnému. Výhodou CDFE je bezesporu vyšší bezpečnost přiblížení (snížení rizika CFIT, nižší zátěž posádky), snížení emisí spalin i hluku, redukce spotřebovaného paliva a tak i ekonomické výhody.

Přiblížení CDFE je konstruováno „odzadu“ tak, že se z bodu dotyku vykreslí trajektorie přiblížení pod úhlem konečného přiblížení (VDA). Úhel je zvolen tak, aby byla dodržena všechna výšková omezení na přiblížení (standardní úhel je 3° tak, jak je tomu u přesných přiblížení). U některých postupů může tedy dojít například k tomu, že klesání pod konstantním úhlem je zahájeno až za FAF. Toto bývá na mapkách, které ještě obsahují i konvenční profil klesání, vyznačeno. Při postupu CDFE se již minima nepovažují za MDA, ale přistupuje se k nim jako k DA. Nezdařené přiblížení je tedy zahájeno ihned po dosažení DA, bez jakéhokoliv dalšího letu v horizontu. Je třeba si ale uvědomit základní rozdíl v definici DA a MDA. DA je výška rozhodnutí, ve které se posádka v případě nenavázání vizuálních referencí rozhodne pro go around a během přechodu do stoupání DA podklesá o tzv. height loss (HL). Zatímco MDA je minimální výška, která s height loss nepočítá a podklesána bez vizuálních referencí nikdy být nesmí. Posádka si tedy musí k publikované MDA přičíst přídavek pro height loss, aby během případného přechodu do stoupání při GA nebyla původní MDA podklesána.

Nařízení EK (EU) 965/2012 vyžaduje, aby všechna NPA byla až na výjimky létána metodou CDFA a stanovuje pro provozovatele také požadavek na přídavek na MDA (typicky 50ft). Přídavkem k MDA tak vznikne použitelná výška rozhodnutí DA (někdy též DDA Derived Decision Altitude), která zohledňuje ztrátu výšky HL tak, aby nedošlo při přechodu do stoupání v případě nezdařeného přiblížení k podklesání původní MDA. Při přechodu na EU OPS 1 a jeho nový dodatek týkající se provozu za každého počasí (Dodatek 1 (nový) k OPS 1.430, který musel být evropskými leteckými dopravci používán nejpozději od 16. července 2011), došlo také k úpravě map Jeppesen (viz. Briefing bulletin z 26. září 2008). Přibližovací mapky pro NPA byly postupně upraveny na zobrazení pouze metody CDFA (pokud není na mapce uvedeno jinak) a minima MDA byla nahrazena DA. Jeppesen ale pouze zkopíroval původní hodnoty MDA a označil je DA, tedy bez jakéhokoliv přídavku. Zvolení přídavku tak, aby uvedená hodnota nebyla podklesána, tak zůstává na provozovateli.

VDP Visual Descend Point se objevoval již na mapkách NPA s konvenčním vertikálním profilem. Je definován jako bod, ze kterého může být zahájeno plynulé, stabilizované klesání z MDA do bodu dotyku (standardní úhel 3°). Z principu tedy vyplývá, že při postupu CDFA můžeme za bod VDP považovat průsečík minim a ideální sestupové roviny.



Obrázek 5.10 Vertikální profil CDFA

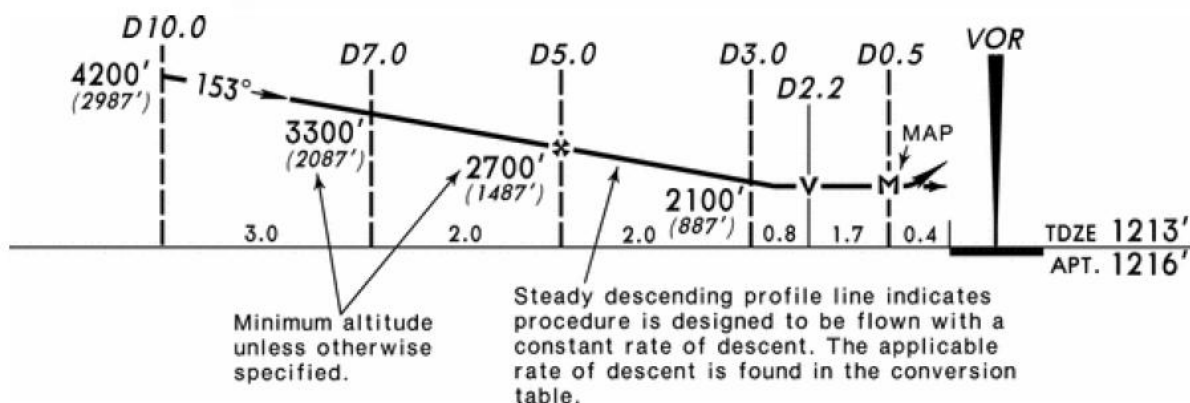
Pro praktické zaletění CDFA má posádka několik možností, které se zpravidla odvíjí od stupně vybavení letounu. Základem je zvolení správné vertikální rychlosti klesání v závislosti na traťové rychlosti a VDA. Snazší pro posádku bude opět provedení konečného přiblížení v přistávací konfiguraci, tak aby nemusela rychlost klesání se změnami konfigurace příliš korigovat. Základní metoda letu CDFA je založena na kontrolách výšky na „kontrolních

bodech“ daných nejčastěji vzdálenostmi DME, případně měřením času. Na obrázku 5.11 je ukázka tabulky vzdáleností a kontrolních výšek. Posádka na každé kontrolní vzdálenosti kontroluje svoji výšku a upravuje rychlost klesání tak, aby sledovala požadovanou vertikální trajektorii. Je důležité, aby si posádka uvědomovala, že stále je třeba si dávat pozor na podklesání jakýchkoliv výškových restrikcí (SDF). Stejně tak nesmí přeletět MAPt a pokračovat v klesání i v případě, že ještě díky nepřesnosti nebyla doklesána DA (pokud nebyly navázány vizuální reference).

PR DME	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
PH DME	2.6	3.6	4.6	5.6	6.6	7.6	8.6	9.6
OKL DME	1.8	2.8	3.7	4.7	5.7	6.7	7.7	8.6
ALTITUDE	1480'	1800'	2110'	2420'	2740'	3060'	3380'	3690'

Obrázek 5.11 Tabulka pro kontrolu výšek na DME vzdálenosti [32]

Vybavení letadla může provedení plynulého klesání značně zjednodušit. Například využití flight director a/nebo autopilota ve spojení s předvolenou rychlostí klesání, případně možnost předvolení úhlu klesání (FPV – Flight Path Vector). Největším pomocníkem je zobrazení břevna odchylky od předvoleného vertikálního profilu (VDI – Vertical Deviation Indicator) založeném například na Baro-VNAV, nebo GPS SBAS.



Obrázek 5.12 Vertikální profil CDFA[33]

5.3.7 Vizuální segment a nezdařené přiblížení

V DA (případně MDA před MAPt) posádka buď naváže vizuální reference, nebo zahájí postup pro nezdařené přiblížení. Pokud posádka dostatečně identifikuje prvky dráhového značení, nebo dráhových světel, nebo přibližovací světelné soustavy, může vizuálně pokračovat na přistání. Autopilot, pokud byl pro přiblížení využit, je odpojen a přiblížení a přistání dokončeno manuálně. Požadavek PART-CAT na minimální vizuální reference je

stanoven tak, že pilot může pokračovat vizuálně v přiblížení pod DA, jestliže zřetelně vidí alespoň jednu z těchto vizuálních referencí jím rozlišitelných pro zamýšlenou dráhu:

- prvky přibližovací světelné soustavy;
- práh dráhy;
- prahové značky;
- prahová světla;
- světla označení prahu dráhy;
- sestupový vizuální indikátor;
- dotykové pásmo nebo značky dotykového pásma;
- světla dotykového pásma;
- dráhovou postranní řadu;
- jiné vizuální reference schválené úřadem.

Postup nezdařeného přiblížení musí být zahájen i v případě, kdy letově technická chyba na konečném přiblížení dosáhne poloviny výchylky na CDI, případně více než 5° na indikátoru ADF, pokud již nebyly navázány vizuální reference. Dále vzhledem k povaze nepřesného přiblížení, zejména nepřesnosti radionavigačních zařízení, se při získání vizuálních podmínek nemusí letoun nacházet v poloze, ze které je možné bezpečně přistát. V tomto případě je taktéž nutné zahájit postup pro nezdařené přiblížení. Nezdařené přiblížení může být také letounu přikázáno dispečerem ATC. Pokud postup nezdařeného přiblížení obsahuje točení, zatáčka z trati konečného přiblížení nesmí být zahájena před MAPt. O Provedení nezdařeného přiblížení pilot informuje stanoviště ATC.

5.3.8 Zhoršení meteorologických podmínek a nestandardní situace

V případě zhoršení meteorologických podmínek může posádka podle Nařízení EK (EU) 965/2012 pokračovat v přiblížení až do 1000ft nad výšku letiště AAL, kde pokud není ohlášeno zlepšení meteorologických podmínek, musí zahájit postup pro nezdařené přiblížení. Pokud dojde ke zhoršení podmínek pod 1000ft AAL může posádka pokračovat do minim a v případě navázání vizuálních referencí přistát. Pokud jsou minima vyšší než 1000ft AAL, může posádka pokračovat pouze do úseku konečného přiblížení.

V případě závady jak na pozemním, tak na palubním navigačním zařízení, které je kritické pro vedení letounu, musí posádka zahájit postup nezdařeného přiblížení, pokud není možné dokončit přiblížení vizuálně.

5.4 Přiblížení LNAV

Přiblížení LNAV je nepřesné přístrojové přiblížení založené na GNSS publikované na mapce RNAV (GNSS) RWY XY s hodnotou LNAV MDA (nebo DA) v tabulce minim. Nejnižší systémová minima pro tento druh přiblížení dle PART-CAT jsou MDH 250ft (dle EU-OPS 1 byla 300ft). Na mapkách je stejně jako u konvenčních NPA běžně uváděna hodnota DA(H) a stanovuje tak evropským obchodním leteckým dopravcům metodu konečného přiblížení CDFA. Platí zde stejné požadavky na přídavek pro podklesání během počáteční fáze nezdařeného přiblížení. Pro konstrukci přiblížení se stále stanovuje MAPt pro nejzazší zahájení postupu nezdařeného přiblížení.

K provádění přiblížení LNAV je nutné schválení provozovatele na RNP approach a proškolení posádky. Postupy schválení dopravce vyžadují i doložení schopnosti vybavení letadel zabezpečit RNP approach. V tabulce 5.1 je seznam certifikačních požadavků na palubní vybavení, které je možné pro provedení LNAV přiblížení využít. Samostatný přijímač GPS s RAIM, který je certifikována pro přiblížení LNAV, zahrnuje například ve výcvikových letounech velmi rozšířenou GNS Garmin G430 a podobné modely. Dalšími uvažovanými systémy jsou FMS, které používají GPS senzor. Požadované horizontální traťové vedení na úseku konečného přiblížení je lineární s HAL = 0.3NM. Některé systémy mohou mít traťové vedení s úhlovým zúžením, které ovšem leží ve výše uvedené lineární hranici. Indikace je poskytována buď samostatnou GNSS, nebo jako výstup z palubního počítače (FMS), který využívá senzor GNSS.

Samostatný navigační systém GPS	TSO C129 třída A1
GPS senzory pro multisenzorové systémy (FMS)	TSO C129 třída B1, B3, C1 a C3
GPS/SBAS senzory pro multisenzorové systémy (FMS)	TSO C146a třída Beta 1,2 a 3
Samostatný navigační systém GPS/SBAS	TSO C146a Gamma 1,2 a 3, Delta 4

Tabulka 5.1 TSO pro LNAV

5.4.1 Předletové postupy

Předletové postupy při plánování letu zakončeného přiblížením LNAV obsahují:

- kontrolu využitelnosti přiblížení, včetně funkčnosti konvenčních radionavigačních prostředků, které mohou být vyžadovány. (NOTAM, případně AIP SUP);
- přípravu a kontrolu mapek (traťové dokumentace) pro přiblížení LNAV;
- kontrolu dostupnosti navigačního signálu pro přiblížení založené na GNSS. Pro systém GPS tedy predikce dostupnosti RAIM v čase +/- 15 minut od očekávaného času příletu. Predikci RAIM se věnuje kapitola 3;
- kontrolu funkčnosti palubního vybavení, včetně konvenčních navigačních vybavení pokud jsou pro let vyžadovány (např. pro postup nezdařeného přiblížení). Kontrolu MEL pro případná omezení RNP postupů. Pro jakýkoliv let RNAV musí být navigační databáze platná (aktuální cyklus AIRAC) a musí obsahovat příslušné procedury, tedy pochopitelně i zamýšlený LNAV approach;
- správné vyplnění FPL obsahující potřebné vybavení v poli 10 a 18. Pro LNAV approach pole 10 obsahuje mimo další vybavení **G** a **R** a do pole 18 se musí vyplnit **PBN/S1**;
- prověření záložních postupů v případě neschopnosti RNAV. Podle evropských předpisů musí být na záložním letišti, nebo v destinaci pokud se záložní letiště nevyžaduje, dostupné přiblížení založené na konvenčních radionavigačních prostředcích. (v USA se toto v případě SBAS systémů nevyžaduje – vyžaduje se pouze využití LNAV plánovacích minim pro záložní letiště);
- ověření meteorologických podmínek pro přiblížení. Pro LNAV platí stejná plánovací meteorologická minima jako pro konvenční NPA dle Nařízení EK (EU) 965/2012.

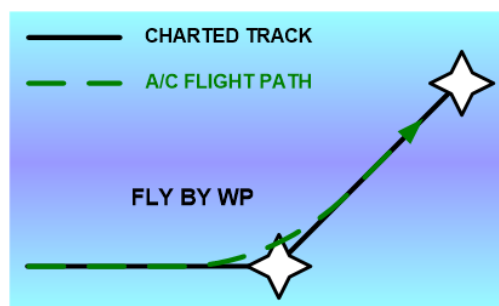
5.4.2 Příprava na přiblížení

Odposlech ATIS a příprava na přiblížení včetně briefingu se stejně jako u konvenčního NPA provádí ideálně ještě před zahájením klesání. Procedura přiblížení je zvolena z navigační databáze podle kódu letiště a názvu přiblížení na dráhu v užívání. Obrázek 5.13 ukazuje příklad nahrání přiblížení na CDU B737NG.

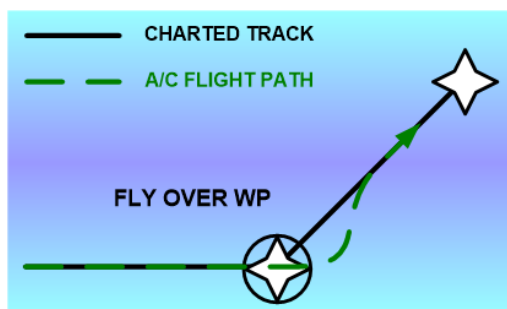
LKPR ARRIVALS		2/4
STARS		APPROACHES
GOSE2S<ACT>		VOR 12
GOSE2T		ILS 24
GOSE3R	<ACT>	RNV 24
LOMK4P		NDB 24
LOMK4S		ILS 30
<INDEX		ROUTE>

Obrázek 5.13 B737NG – volba přiblížení z databáze

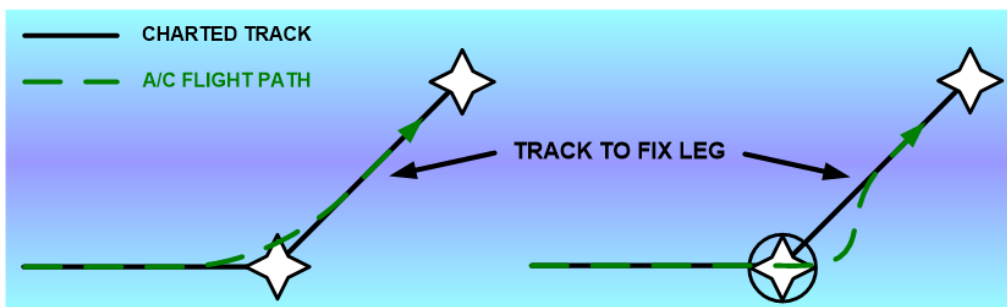
Briefing přiblížení obsahuje standardní přípravu a nastavení všech přístrojů a hodnot, směrování přiletu, trať konečného přiblížení, vertikální profil s důrazem na minimální výšky, výšku rozhodnutí a MAPt. Na základě předpokládané rychlosti a úhlu sestupu posádka určí vertikální rychlost klesání, kterou očekává na konečném přiblížení. Posádka musí pro RNAV (GNSS) přiblížení zkontrolovat správnost nahrané procedury, především řazení traťových bodů (waypoint sequence), traťové úhly a vzdálenosti mezi body. Dále je důležité zkontrolovat, zda jsou body a traťové úseky v databázi správně definovány. Jedná se o kontrolu bodů „FLY BY“, nebo „FLY OVER“ a traťových úseků jako jsou „TRACK TO FIX“, „DIRECT TO FIX“, „COURSE TO FIX“, „RADIUS TO FIX“, nebo „HEADING“. Obrázky 5.14 až 5.20 ukazují, jak jsou tyto body a traťové úseky definovány a v tabulce 5.2 jsou uvedeny další možné traťové úseky, které se přímo netýkají čistě RNAV postupů. Kontrola může být provedena jak přímou kontrolou nahraných bodů v letovém plánu GPS (na stránce LEGS v FMS), tak grafickou formou zobrazení v mapě na navigačním displeji (Obrázek 5.21)



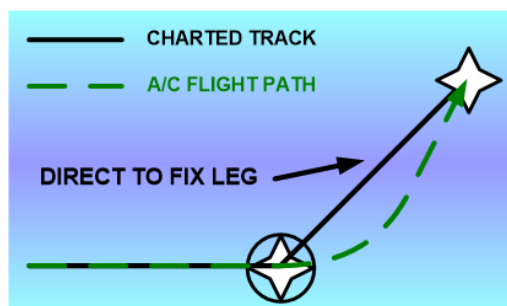
Obrázek 5.14 Přelet bodu FLY BY



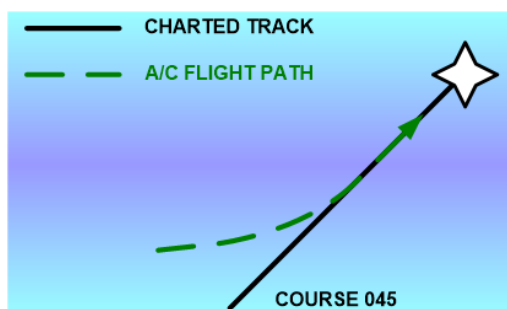
Obrázek 5.15 Přelet bodu FLY OVER



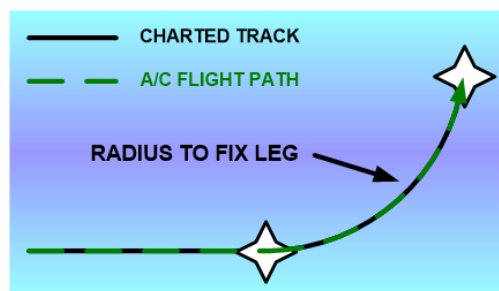
Obrázek 5.16 TRACK TO FIX LEG (TF) – letadlo po přeletu bodu A nalétává trať danou spojnici s bodem B



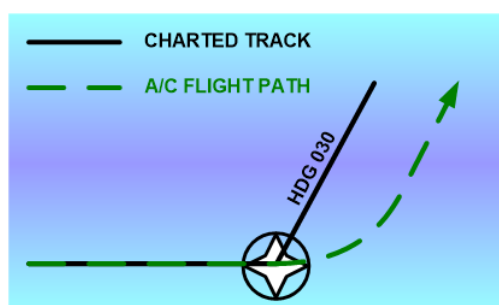
Obrázek 5.17 DIRECT TO FIX LEG (DF) – letadlo po přeletu bodu A točí přímo na bod B



Obrázek 5.18 COURSE TO FIX LEG (CF) – letadlo nalétává definovanou trať (traťový úhel) na traťový bod



Obrázek 5.19 RADIUS TO FIX LEG (RF) – trať mezi dvěma traťovými body po oblouku s definovaným středem a konstantním poloměrem.



Obrázek 5.20 HEADING – letadlo po přeletu bodu točí a udržuje definovaný kurz (heading)

AF	DME Arc to Fix	HA	Racetrack Terminating at Altitude
CA	Course to Altitude	HF	Racetrack Terminating at FIX
CD	Course to DME distance	HM	Racetrack with manual Termination
CI	Course to Intercept	PI	Procedure Turn
CR	Course to Radial	VA	Heading to Altitude
FA	Course From Fix to Altitude	VD	Heading to DME distance
FC	Course From Fix to Distance	VI	Heading Vector to Intercept
FD	Course From Fix to DME Distance	VM	Heading Vector to Manual Termination
FM	Course From Fix to Manual Termination	VR	Heading Vector to Radial

Tabulka 5.2 Traťové úseky

```

ACT RTE   LEGS   2/3
 62°      2.3NM
PR530     220/ 4000A
 332°     4.2NM
PR532     197/ 4859
 242°     2.7NM
CI24      182/ 4000
 242°     2.0NM GP 3.00°
FI24      159/ 4000
 242°     8.7NM GP 3.00°
RW24      150/ 1214
RNP/ACTUAL-----
2.00/0.05NM      RTE DATA>

```



Obrázek 5.21 B737NG – CDU LEGS Page a ND v Plan Mode – kontrola nahrané procedury

Pro multisenzorové systémy (FMS) je třeba pro přiblížení RNAV (GNSS) zkontrolovat využití GNSS jako hlavního zdroje polohových dat (např. „GPS primary“, nebo potlačit ostatní nevhodné zdroje např. VOR update OFF – obrázek 5.22). Pokud se čas ETA liší o více než ± 15 min než bylo předpokládáno při plánování letu, měla by posádka provést novou kontrolu dostupnosti RAIM, pokud je to možné (Funkcí predikce RAIM musí být vybaveny samostatné přijímače TSO C129).

```

NAV OPTIONS 2/2
DME INHIBIT
-----
VOR INHIBIT
-----
DME UPDATE   GPS UPDATE
<ON/OFF>     <ON/OFF>
VOR UPDATE   LOC UPDATE
<ON/OFF>     <ON/OFF>
<INDEX>

```

Obrázek 5.22 B737NG – Nastavení VOR UPDATE OFF

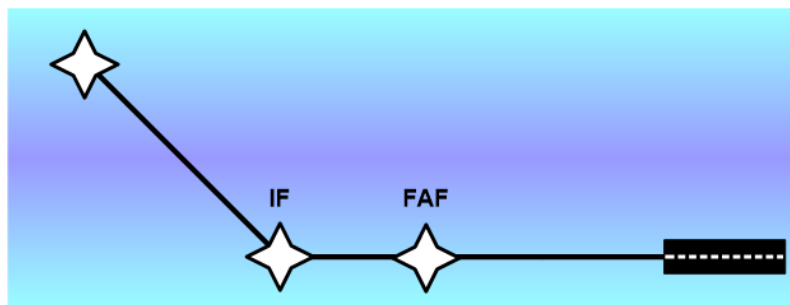
5.4.3 Přílet, počáteční a střední přiblížení

Základním způsobem nalétnutí konečného přiblížení je sledování sekvence traťových bodů příletu a počátečního přiblížení na úsek středního přiblížení (Obrázek 5.23). Vedle běžných postupů při příletu po STAR (na velkých evropských letištích nejběžněji P-RNAV (RNAV 1) je možné očekávat zkracování DIRECT TO na body příletové tratě nebo počátečního a

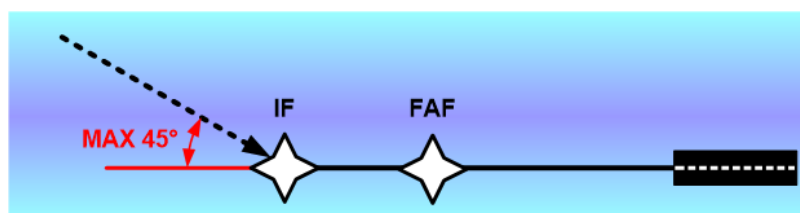
středního přiblížení, které je umožněno právě vybavením RNAV. Při zasahování do sekvence traťových bodů na přiletu a přiblížení není akceptováno:

- „DIRECT TO“ na FAF;
- „DIRECT TO“ na IF při úhlech nalétnutí tratě konečného přiblížení přesahujících 45°;
- jakékoliv zásahy do laterální tratě konečného přiblížení (segment FAF – MAPt);
- manuální zadávání souřadnic do navigačního systému.

První dva výše uvedené požadavky jsou dány konstrukcí procedury, kde je počítáno s 2NM přímým úsekem ve směru konečného přiblížení před FAF. Tento úsek slouží ke stabilizaci letadla na trati konečného přiblížení v ochranném prostoru daném RNP.

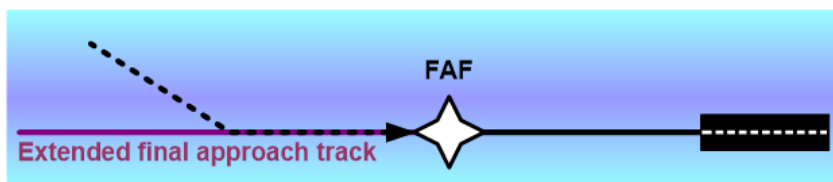


Obrázek 5.23 Nalétnutí konečného přiblížení po publikované proceduře



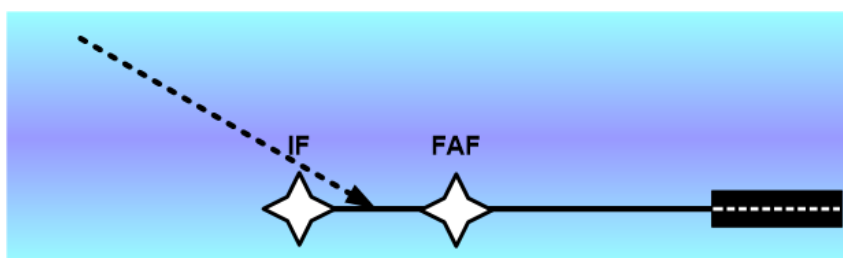
Obrázek 5.24 DIRECT TO na IF

Dále je možné očekávat radarové vektorování. Pro nalétnutí tratě konečného přiblížení při radarovém vektorování je možné využít možnosti navigačního systému, jako jsou: VECTORES TO FINAL (VTF), INTERCEPT COURSE TO, OBS a další. Účel je, aby systém zobrazoval prodlouženou osu přiblížení, odchylku od prodloužené osy a vzdálenost do aktivního bodu – FAF. U systémů s CDI a funkcí VTF přechází systém automaticky do módu přiblížení.



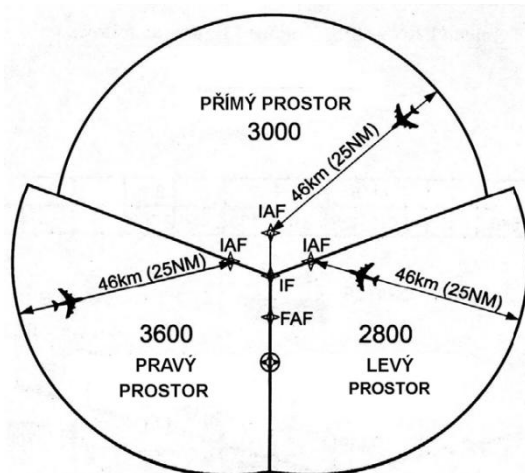
Obrázek 5.25 Vektorování na konečné přiblížení

V případě uvedeném na obrázku 5.26, kdy je letoun vektorován na úsek IF-FAF je možné využít aktivaci legu v navigačním systému. Systém s CDI poté automaticky přechází do módu přiblížení 2NM před FAF.

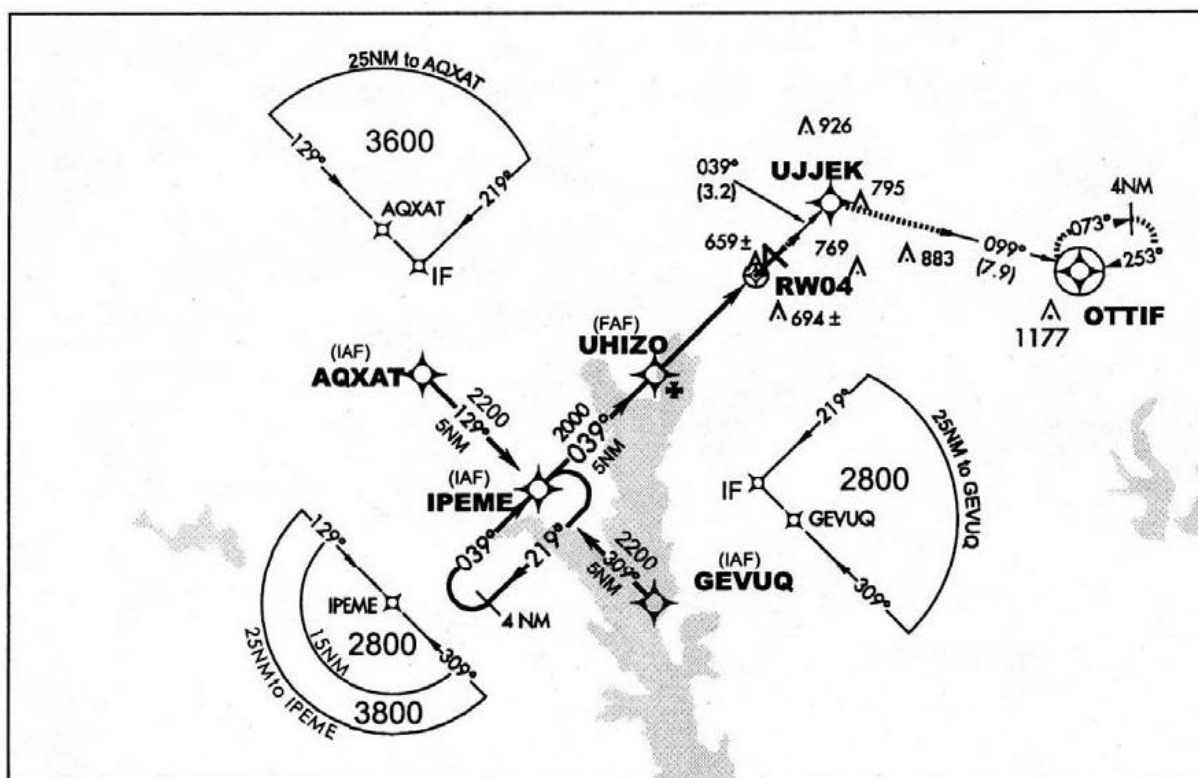


Obrázek 5.26 Vektorování na úsek IF-FAF

Kritickým požadavkem je ve všech výše uvedených případech nalétnutí konečného přiblížení dodržení výšek nad překážkami. V případě, kde je letoun veden po publikované trati, je toto zajištěno dodržím minimálních výšek publikovaných pro jednotlivé úseky. V případě radarového vektorování přebírá odpovědnost řídicí letového provozu podle minimálních výšek pro radarové vektorování. V některých případech se předpokládá nalétnutí IAF přímo z en-route části letu. Pro tyto případy se publikuje TAA, která v takovém případě nahrazuje pro podobné účely MSA. TAA se publikuje buď ve tvaru T, nebo Y. Předpokládá se, že letoun bude přímo z trati pokračovat na jeden z IAF podle sektoru, ze kterého přilétá. Do tohoto IAF bude také RNAV systém zobrazovat vzdálenost a posádka tedy může klesat podle publikovaných minimálních výšek v sektoru TAA. Poloměr sektoru je 25NM a může obsahovat oblouky s nižšími výškami pro postupné klesání. Maximální úhel k nalétnutí tratě z IAF je 110° a v případě jeho překročení je v rámci TAA povoleno manévrování (předpisová zatáčka). Ukázky TAA jsou na obrázcích 5.27 a 5.28.



Obrázek 5.27 Ukázka TAA tvaru Y [45]

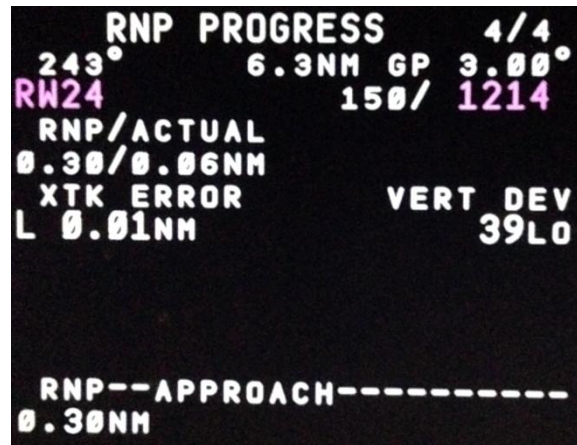


Obrázek 5.28 Zobrazení TAA tvaru T v přibližovací mapce [45]

Posádka s nalétnutím tratě konečného přiblížení nastaví všechny dostupné indikátory (displeje), tak aby zobrazovaly nutná data pro přiblížení, především:

- Požadovanou trať a aktivní bod
- Vzdálenost do aktivního bodu

- Polohu letadla vzhledem k požadované trati – letově technickou chybu (na CDI, nebo číselně jako Cross Track Error (XTK), případně vhodně nastaveným navigačním displejem.)



Obrázek 5.29 B737NG CDU RNP Progress Page – zobrazení údajů pro konečné přiblížení

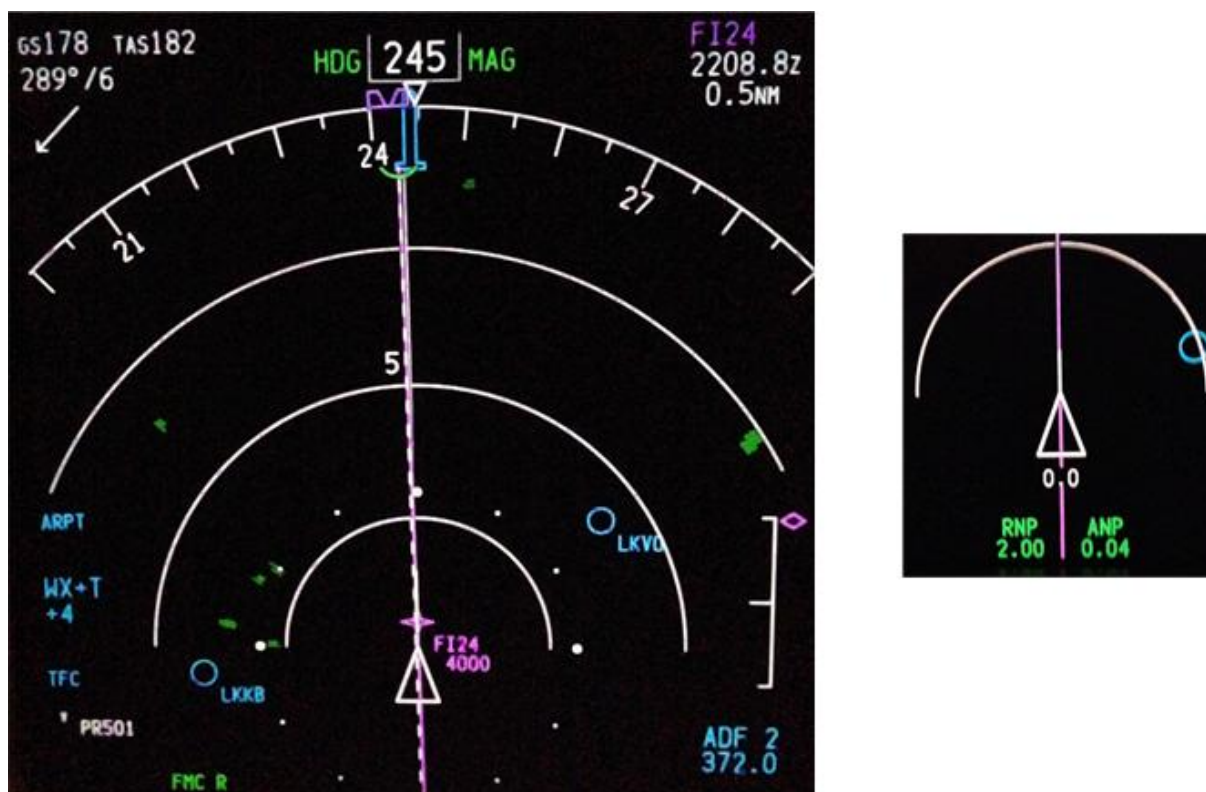
2NM před FAF přechází samostatné GPS systémy do módu přiblížení (APPROACH MODE) a aktivace tohoto módu musí být zkontrolováno posádkou. Systém s CDI během těchto 2NM plynule přechází z rozsahu plné výchylky (FSD) 1NM v Terminal módu do FSD příslušného přiblížení. Tyto přijímače GPS aktivují mód přiblížení při splnění jedné z těchto podmínek:

- FAF je aktivní traťový bod a systém naviguje v sekvenci traťových bodů z aktivního FPL (neboli systém je v „LEG“ módu);
- FAF je aktivní traťový bod a úhel nalétnutí tratě konečného přiblížení je do 45°;
- Je aktivován mód vektorování na trať konečného přiblížení VTF.

U přijímačů TSO C129 třídy A1 dochází v poloze 2NM před FAF také k automatické kontrole dostupnosti RAIM na konečném přiblížení.

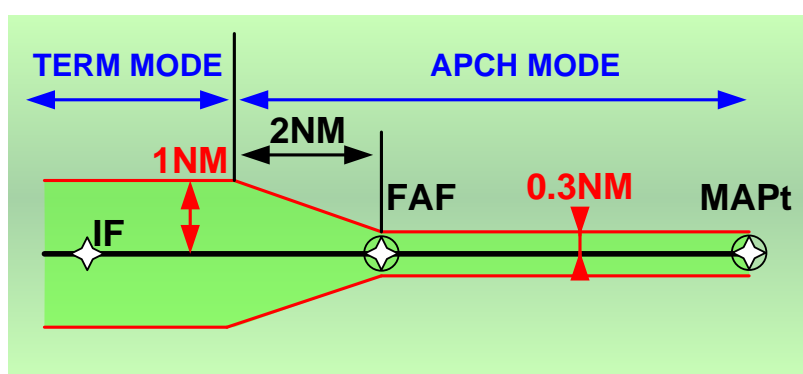
Filosofie multisenzorových FMS může být jiná. Některé systémy neposkytují na trati přiblížení indikaci na CDI a letadlo je v tomto případě vedeno pomocí flight director. Aktivace správných módů (LNAV) je zobrazen na FMA – Flight Mode Annunciator. Indikací dodržení tratě vzhledem k letově technické chybě může být například navigační display (ND) se zvoleným vhodným rozsahem, případně číselně zobrazená hodnota XTK (obrázek 5.29 výše). Příklad ND B737NG s rozsahem 10NM je na obrázku 5.30. Aktivní zobrazená trať (purpurová) se nesmí dostat mimo symbol letadla. Přejít FMS do módu přiblížení je v tomto případě již na prvním bodě přiblížení (IAF). Krom jiných prvků logiky FMS a systému automatického letu je součástí přechodu do módu přiblížení i změna hodnoty RNP.

Je třeba, aby posádka zkontrolovala aktivaci správného rozsahu RNP (0.3NM), nebo případně hodnotu RNP manuálně zadala.



Obrázek 5.30 B737NG – ND v rozsahu 10NM, obrázek vpravo – varianta s XTK (bíle pod symbolem letounu) a RNP, ANP indikací

Pro samostatné přijímače GPS s CDI bez SBAS je přechod do módu přiblížení zobrazen na obrázku 5.31. Systém přechází z konstantní plné výchylky FSD $\pm 1\text{NM}$ v TERMINAL MODE lineárně do APPROACH MODE s konstantní plnou výchylkou FSD $\pm 0,3\text{NM}$.



Obrázek 5.31 Přechod do módu přiblížení – základní GPS přijímač

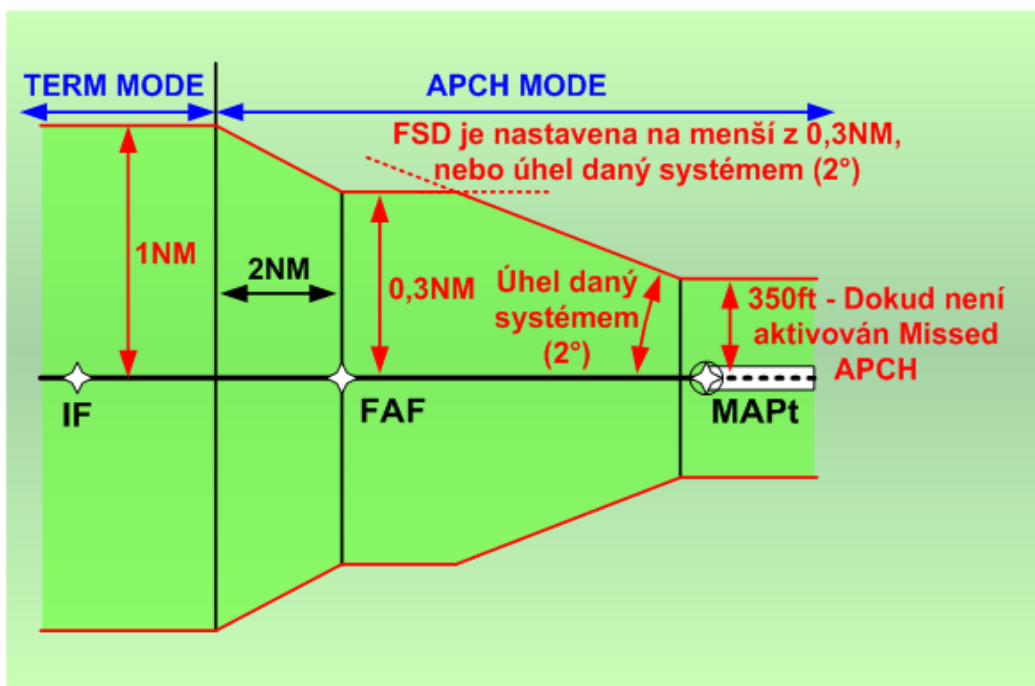
Pro samostatné přijímače GPS s funkcí SBAS je mód přiblížení komplexnější. Pokud je vedle přiblížení LNAV na stejné přiblížovací mapce dostupné i přiblížení LPV, řídí se FSD

datovým blokem FAS pro LPV přiblížení (viz kapitola 5.6). Přesnost laterální vedení letadla na přiblížení daná FSD, bude tedy shodná pro LNAV i LPV. Pokud LPV přiblížení publikováno není je systém zpravidla nastaven tak, že 2NM před FAF přechází z konstantní FSD $\pm 1\text{NM}$ na menší z úhlové FSD $\pm 2^\circ$, nebo konstantní FSD $\pm 0,3\text{NM}$ (obrázek 5.32). V případě aktivace vektorů na konečné přiblížení VTF se ihned aktivuje úhlové FSD $\pm 2^\circ$, pokud je menší než FSD $\pm 1\text{NM}$.

5.4.4 Konečné přiblížení

Pokud letadlo přelétlo FAF a je aktivní APCH MODE, může být zahájeno konečné klesání. Stejně jako u konvenčních přiblížení mohou být publikovány fixy postupného klesání, ale preferovanou metodou je plynulé klesání CDFA a pro obchodní leteckou dopravu je metoda CDFA až na výjimky vyžadována.

Trať konečného přiblížení je dána úsekem mezi traťovými body, zpravidla FAF – MAPt, případně jsou vloženy SDF. MAPt bývá ve většině případů práh dráhy označený jako RWXY. CDI (případně jiné indikátory) zobrazují laterální odchylku od trati konečného přiblížení. Dále systém indikuje GPS vzdálenost do následujícího bodu FPL (MAPt). Je důležité odečítat správnou vzdálenost pro kontrolu výšek podle tabulky pro plynulé klesání a případnou kontrolu SDF, tedy GPS vzdálenost a ne DME vzdálenost, která se vztahuje k pozemní stanici DME.



Obrázek 5.32 Přechod do módu přiblížení – SBAS GPS přijímač

MAPt je typicky umístěn na prahu dráhy. Může být posunut i před práh a v takovém případě musí být označen na mapce jako zvláštní WP a musí být uložen v navigační databázi. Umístění MAPt na práh dráhy může občas způsobit nárůst MDA oproti konvenčním přiblížením na danou dráhu a to v případě, kdy se do překážkové roviny pro nezdařené přiblížení posunutím MAPt dostane nová překážka (např. řídicí věž na LKPR pro RNAV (GNSS) RWY 24).

Pro provedení LNAV přiblížení technikou CDFA přinášejí navigační systémy často užitečné pomůcky. Pro pomocné vedení na sestupové rovině mohou být využity systémy baro-VNAV nebo skluzová roviny definovaná přijímačem SBAS, často označovaná jako LNAV+V. Je nutno mít na paměti, že v tomto případě se ale stále jedná o nepřesné přiblížení LNAV s příslušnými minimy a skluzová rovina je tedy opravdu jen pomocná.

5.4.5 Vizualní segment, nebo nezdařené přiblížení

Jelikož je LNAV nepřesné přiblížení, požadavky na vizualní reference a podmínky pro dokončení přiblížení a přistání jsou shodné s konvenčním nepřesným přiblížením.

Nezdařené přiblížení musí být zahájeno v případě stejných kritérií, jako pro konvenční NPA:

- nadměrná odchylka od trati (standardně doporučené – více než polovina plného rozsahu indikátoru odchylky, nebo XTK je větší než polovina RNP);
- nebyly navázány dostatečné vizualní reference;
- letadlo se nachází v poloze, ze které nelze přiblížení a přistání bezpečně dokončit;
- na žádost ATC.

A dále musí být nezdařené přiblížení zahájeno v případech specifických pro RNP, pokud není možné přiblížení dokončit vizualně:

- závada na palubním vybavení RNAV;
- indikace ztráty integrity;
- ztráta systému monitorování integrity (např. nedostupnost RAIM).

V těchto třech případech není možné využít prostorové navigace pro postup nezdařeného přiblížení.

V případě nezdařeného přiblížení, ve kterém je možno využít prostorové navigace, musí být tento postup nezdařeného přiblížení nahrán z navigační databáze jako součást přiblížení. V takovém případě je letadlo v laterální rovině dále vedeno po trati konečného přiblížení

s FSD odpovídající konečnému přiblížení. Není povoleno zahájit točení z kurzu konečného přiblížení před MAPt. U samostatných přijímačů GPS musí pilot manuálně navolit přechod do módu nezdařeného přiblížení. FSD se poté přestavuje podle typu přijímače. U přijímačů bez diferenční GPS přechází do TERMINAL MODE s FSD $\pm 1\text{NM}$, zatímco pro SBAS přijímače se aktivuje MISSED APCH MODE s FSD $\pm 0,3\text{NM}$ do prvního otočného bodu, poté přechází do TERMINAL MODE s FSD $\pm 1\text{NM}$. O Provedení a důvodu provedení nezdařeného přiblížení pilot informuje ATC.

5.4.6 Zhoršení meteorologických podmínek a nestandardní situace

Postupy a kritéria pro pokračování/přerušování přiblížení v případě zhoršení meteorologických podmínek jsou shodná s konvenčními postupy NPA podle Nařízení EK (EU) 965/2012.

Nestandardní postupy pro přiblížení LNAV se týkají především ztráty navigační výkonnosti. Pokud dojde ke ztrátě požadované navigační výkonnosti pro přiblížení ve fázi příletu, počátečního a středního přiblížení nesmí posádka v přiblížení pokračovat. Je třeba využít konvenčních radionavigačních prostředků nebo radarového vektorování, případně postupu, pro který je navigační výkonnost dostatečná (RNAV 1). Pokud se jedná o výpadek RAIM pro mód přiblížení, může posádka, pokud je to možné, využít přiblížení založené na konvenční navigaci, nebo vyčkat na obnovení dostupnosti RAIM v případě dočasného výpadku v rozumném časovém horizontu. Poslední variantou je diverze na záložní letiště.

Pokud systém vyhodnotí, že RAIM není pro danou navigační výkonnost dostupný, mód přiblížení se deaktivuje a je vydáno varování pro posádku. Multisenzorové systémy vydají varování o neschopnosti dodržet požadovanou navigační výkonnost. Níže jsou uvedeny příklady varovných zpráv pro A320 a B737NG.

A320:

- FM/GPS POSITION DISAGREE
- NAV ACCURACY DOWNGRADE
- GPS PRIMARY LOST
- GPS FAULT

B737NG:

- VERIFY POS
- UNABLE REQD NAV PREF - RNP
- FMC DISAGREE

Výše uvedené zprávy vyžadují postup nezdařeného přiblížení, pokud nelze přiblížení dokončit vizuálně. FMC může ale vydávat zprávy, které neznamenají okamžitou ztrátu navigační

výkonnosti. Může například jít o požadavek nastavení FMS zkontrolovat (např. kontrola zadané RNP – „VRIFY RNP“). Posádka musí umět takové zprávy rozpoznat. V případě ztráty navigační výkonnosti (včetně výpadku RAIM) během konečného přiblížení musí být zahájen postup nezdařeného přiblížení, jak již bylo uvedeno výše. Z podstaty věci vyplývá, že postup nezdařeného přiblížení musí být buď konstruován tak, že je možno ho zaletět jako konvenční, tedy s využitím standardní radionavigace, případně s využitím radarového vektorování, nebo musí být publikován tento NON RNAV postup nezdařeného přiblížení jako alternativa k RNAV postupu. Takovou alternativu mohou například tvořit postupy pro ztrátu spojení na českých letištích (Obrázek 5.33)

LKMT/OSR MOSNOV		JEPPESEN 18 APR 14 (12-1) Eff 1 May		OSTRAVA, CZECH RNAV (GNSS) Rwy 04	
ATIS 118.05		OSTRAVA Approach/Radar 119.37 124.05		MOSNOV Tower 120.8	
EGNOS Ch 45337 E04A	Final Apch Crs 042°	Procedure Alt MT04F 3200' (2356')	LPV DA(H) 1140' (296')	Apt Elev 844'	<p>MSA OTA VOR</p>
<p>MISSED APCH: Climb on track 042° to MT596, then turn LEFT to MT598, climbing to 3500', continue to ODRAN. MISSED APCH WITH COMM FAILURE: Climb to 2500' and turn LEFT to VOR climbing to 3500'.</p>					
Alt Set: hPa Apt Elev: 31 hPa		Trans level: By ATC		Trans alt: 5000'	
Baro-VNAV not authorized below -15°C.					

Obrázek 5.33 Postup nezdařeného přiblížení pro RNAV (GNSS) RWY 04 na letišti Mošnov

5.5 Přiblížení LNAV/VNAV

LNAV/VNAV publikované na mapkách RNAV(GNSS) RWY XY patří mezi přiblížení s vertikálním vedením, tedy APV (Approach with Vertical Guidance). Horizontální vedení je požadováno lineární s HAL = 0,3NM. Pro vertikální vedení se nejčastěji uvažuje BARO VNAV, tedy systém vertikální navigace založený na palubním vybavení, které jako vstup dat využívá barometrický tlak z pitot-statického systému letadla. Pro laterální vedení jsou pro tento případ uvažovány navigační systémy/senzory schválené podle certifikačních požadavků uvedených v tabulce 5.3. S tímto také počítal dokument EASA AMC 20-27. SBAS systémy se uvažovaly pro použití při přiblížení LPV. Nicméně EASA dodatečně publikovala dokument CM - AS – 002 Clarification to AMC 20-27, který popisuje možnost certifikace a použití SBAS systémů pro přiblížení LNAV/VNAV. Navigační systémy schválené pro SBAS LNAV/VNAV jsou uvedené v tabulce 5.4. Navigační vybavení výcvikových letounů (např.

G430, G1000) s SBAS rozšířením spadají do této kategorie. Publikovaná minima jsou označena jako DA(H) a nejnižší hodnota DH je stanovena na 250ft. Pro plánovací minima je třeba brát v úvahu jen RVR a to standardně v $ETA \pm 1$ hodina. Minimální hodnoty RVR pro obchodní leteckou dopravu vycházejí z PART-CAT.

Samostatný navigační systém GPS	TSO C129 třída A1
GPS senzory pro multisenzorové systémy (FMS)	TSO C129 třída B1, B3, C1 a C3
GPS/SBAS senzory pro multisenzorové systémy (FMS)	TSO C145a třída Beta 1,2 a 3

Tabulka 5.3 TSO pro LNAV/VNAV

Samostatný navigační systém GPS/SBAS	TSO C146a Gamma 1,2 a 3, Delta 4
--------------------------------------	----------------------------------

Tabulka 5.4 TSO (SBAS) pro LNAV/VNAV

5.5.1 Předletové postupy

Předletové postupy jsou vesměs shodné s přiblížením LNAV a je třeba sledovat všechny kroky uvedené v kapitole 4.4.1 s tím, že tam kde se sleduje dostupnost přiblížení, mapky, navigační databáze atd., je třeba se zaměřit na přiblížení označené LNAV/VNAV. Pro SBAS systémy je nutné zjistit dostupnost signálu v průběhu přiblížení například pomocí EGNOS NOTAM, nebo predikčních softwarů.

Letový plán musí obsahovat v poli 10 **G** a **R** a dále v poli 18 **PBN/S1 S2** pro baro-VNAV systémy, nebo v poli 10 **G**, **R** a **B** a v poli 18 **PBN/S1** a **NAV/SBAS** pro systémy využívající SBAS vertikální vedení na konečném přiblížení.

5.5.2 Příprava na přiblížení

Příprava na přiblížení obsahuje všechny kroky uvedené pro LNAV přiblížení v kapitole 5.4.2. Navíc je třeba během briefingu nahané procedury kontrolovat výšky na jednotlivých bodech a úhel klesání na úseku konečného přiblížení. Modifikace těchto výšek a úhlu konečného přiblížení nejsou povoleny. Výjimku tvoří například pouze úprava restrikce výšky v FMS z „AT OR ABOVE“ na „AT“ pro B737NG dle FCOM.

Důležité je, že pro baro-VNAV přiblížení je nutné nastavit aktuální letištní QNH. Postup tedy není možné letět na oblastním QNH, QNH jiného letiště, nebo QFE.

5.5.3 Přílet, počáteční a střední přiblížení

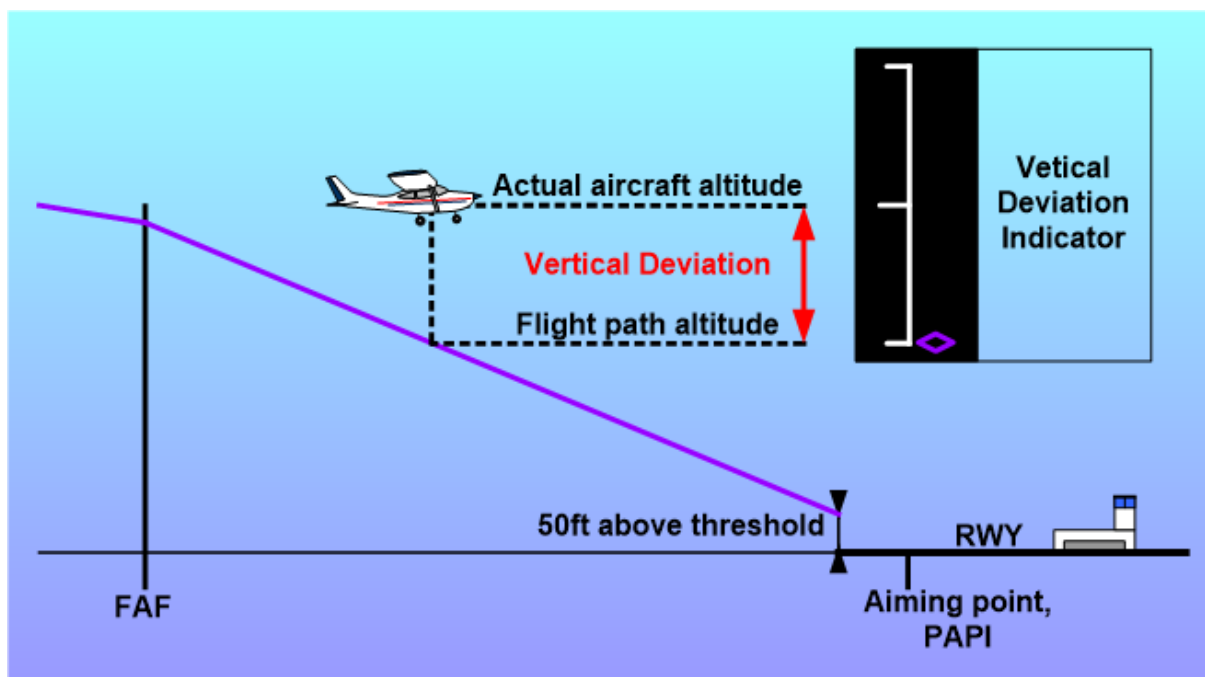
Pro přílet, počáteční a střední přiblížení platí stejná pravidla jako pro přiblížení LNAV v kapitole 5.4.3. Úpravy laterální tratě jsou povolené do nalétnutí FAF podle instrukcí ATC s dodržением stejných omezení, jako pro LNAV přiblížení.

Indikátory (displeje) pro konečné přiblížení musí být nastaveny tak, aby kromě parametrů nutných pro LNAV zobrazovaly i vertikální odchylku (letově technickou chybu). Zobrazení vzdálenosti do aktivního bodu (např. RWXY na konečném přiblížení) je užitečné pro kontrolu vertikálního profilu piloty a případně pro potvrzení polohy řídicímu. Indikace vertikální odchylky může být grafická například na navigačním displeji i číselná například na CDU (obrázek 5.29). 2NM před FAF posádka standardně zkontroluje aktivaci módu přiblížení. V případě baro-VNAV musí být nejpozději při dosažení FAF zkontrolovány výškoměry při nastavení na letištní QNH. Maximální rozdíl mezi dvěma primárními výškoměry je 100ft.

5.5.4 Konečné přiblížení

Konstrukce a postupy pro laterální trať konečného přiblížení je shodná s přiblížením LNAV (kapitola 5.4.4). Trať konečného přiblížení a sestup po profilu je možné zahájit i z jiné než publikované výšky, pokud tak řídící letoun vektoruje.

Konstrukce vertikálního profilu je založená na baro-VNAV. Výkonnost vertikální vedení SBAS leží uvnitř kritérií pro konstrukci baro-VNAV. V principu je mezi konstrukcí vertikální trajektorie značný rozdíl. Vertikální vedení poskytované baro-VNAV indikuje odchylku současné výšky od teoretické výšky, kterou by letoun měl mít na vertikálním profilu (obrázek 5.34). Aktuální výška je výstupem z pitot-statického systému (ADC) a v systému vertikální navigace je porovnávána s výškou, kterou by letoun měl v dané poloze mít podle navigačního systému. Taková odchylka od vertikální roviny je lineární. U moderních systémů FMS může být využito inerciálního systému k podpoře stabilizace na zadaném úhlu klesání. Vertikální vedení letounu je nicméně zatíženo chybami měření výšky, tedy převážně teplotní chybou (kapitola 5.5.4.1). Navíc, z definice vertikální trati pomocí výšky vyplývá, že je zakřivená tím, jak sleduje teoretickou hladinu moře pod sebou. SBAS skluzová rovina na rozdíl od toho vychází ze stanoveného bodu nad RWY a pod daným úhlem je definována do prostoru. Tedy podobně jako parsek GS u ILS. Navíc indikovaná vertikální odchylka je úhlová s $FSD = \pm 0,25 \text{ VPA}$ (Vertical Path Angle).



Obrázek 5.34 Baro-VNAV odchylna od vertikální trati



Obrázek 5.35 A320 PFD – zobrazení indikátoru vertikální odchylny [41]

Laterální a vertikální trať segmentu konečného přiblížení nesmí nikdy být posádkou v navigačním systému upravována. Pro přiblížení LNAV/VNAV publikované nad LNAV přiblížením s fixy postupného klesání, zaručuje vertikální vedení VNAV dodržení těchto minimálních výšek. Pro sledování konečného přiblížení může být použit AP nebo FD. V případě dostatečné indikace (vhodné CDI a VDI) může být let proveden i manuálně. Profil konečného přiblížení musí obsahovat alespoň jeden bod (FAF, nebo bod blíže prahu dráhy), kde posádka kontroluje správnost vertikální navigace porovnáním aktuální a publikované výšky na tomto bodě.

5.5.4.1 Teplotní chyba

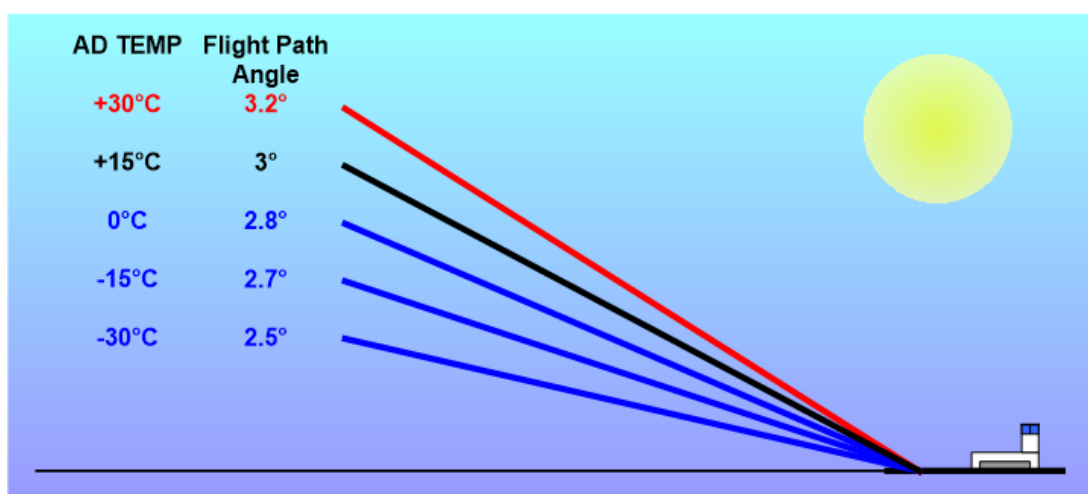
Vliv rozdílu teploty od ISA je u baro-VNAV systémů velmi výrazný. Na obrázku 5.36 je uveden příklad změny nominálního úhlu konečného přiblížení 3° při rozdílných teplotách. Některé systémy umožňují zadání teploty na letišti přiletu do baro-VNAV systému a tento potom naviguje s příslušnou korekcí. U systémů, které tuto funkci nepodporují je zapotřebí dodržet minimální publikovanou teplotu pro toto přiblížení. Pokud je letištní teplota vyšší než 0°C , nebo minimální publikovaná teplota, nepožadují se žádné teplotní korekce a minimální výška nad překážkami bude dodržena.

U systémů s korekcí je zadáním letištní teploty opraven pouze vertikální profil segmentu konečného přiblížení. Je třeba tedy ještě opravit publikované výšky:

- na úseku počátečního a středního přiblížení;
- DA(H);
- v nezdařeném přiblížení.

Pro systémy, které nejsou vybaveny korekcí teploty, je v případě nižší než minimální teploty zakázáno využívat baro-VNAV. V takovém případě je možné letět pouze postup LNAV s použitím LNAV minim. Teplotní opravy musí posádka v takovém případě aplikovat na všechny publikované minimální výšky:

- na úseku počátečního, středního a konečného přiblížení;
- DA(H);
- v nezdařeném přiblížení.



Obrázek 5.36 Vliv teploty na úhel vertikální trati

Alt Set: hPa	Rwy Elev: 28 hPa	Trans level: By ATC	Trans alt: 5000'
1. Min temperature for Baro-VNAV systems -15°C.		2. Initial apch turn speed restricted to MAX 220 KT.	

Obrázek 5.37 Omezení minimální teploty pro baro-VNAV systémy bez korekce

5.5.5 Vizualní segment, nebo nezdařené přiblížení

Kritéria pro vizualní reference jsou stejná jako pro přiblížení LNAV uvedená v kapitole 5.4.5, stejně tak, jako postup pro dokončení přiblížení a přistání, případně pro nezdařené přiblížení.

V případě, že jsou navázány dostatečné vizualní reference, posádka může pokračovat v klesání na přistání. Indikace vertikální odchylky může být stále k dispozici i pod DA(H). Posádka by se ovšem měla primárně řídit podle vizualních referencí (PAPI, VASI). Systém automatického letu bude zpravidla omezen minimální výškou (např. DA(H) – 50ft), kde může dojít i k automatickému odpojení AP.

5.5.6 Nestandardní situace

Nestandardní situace, postupy pro zhoršení meteorologických podmínek a důvody pro zahájení postupu nezdařeného přiblížení platí stejné jako pro LNAV přiblížení (kapitola 5.4.6). Navíc je třeba, pokud nebyly navázány vizualní reference:

- zahájit postup nezdařeného přiblížení, pokud dojde ke ztrátě indikace vertikální odchylky;
- zahájit postup nezdařeného přiblížení, pokud vertikální letově technická chyba je za limitem (standardně doporučené – půl výchylky, nebo dle AMC 20-27 více než +/- 75ft).

5.5.6.1 Degradace přiblížení

Pokud dojde k závadě na systému vertikální navigace před FAF, může posádka přejít na přiblížení LNAV s předpokladem, že je dostatek času na re-briefing postupu. Systémy SBAS zpravidla vydávají zprávu o úrovni signálu. Pokud signál není dostatečný pro APV přiblížení, systém informuje posádku, že je možné využít pouze LNAV minima. I v tomto případě platí, že ke změně postupu musí dojít před FAF za výše uvedených podmínek.

5.5.6.2 B737NG přiblížení LNAV/VNAV

V příloze 3 je uveden postup pro RNP přiblížení letounu B737NG podle SOP společnosti Travel Service. Tento obrazec může sloužit jako optimální pomůcka při výcviku nových pilotů a pro opakování postupů piloty.

5.6 Přiblížení LPV

LPV (Localizer Precision with Vertical Guidance) patří mezi přiblížení APV SBAS a je spolu s LNAV a LNAV/VNAV publikováno na mapce RNAV (GNSS) RWY XY. Počáteční a střední přiblížení je shodné s ostatními výše zmíněnými druhy RNP přiblížení. Rozdíl je jak v laterální, tak vertikální navigaci v segmentu konečného přiblížení. Indikace odchylky v obou rovinách je úhlová a daná datovým blokem FAS. Jak již název napovídá, je k tomuto přiblížení využíváno senzorů diferenční GPS – SBAS. Vybavení a postupy jsou schvalovány dle EASA AMC 20-28 a certifikační požadavky na vybavení jsou podle dokumentů v tabulce 5.5.

GPS/SBAS senzory pro multisenzorové systémy (FMS)	TSO C146a třída Beta 3
Samostatný navigační systém GPS/SBAS	TSO C146a Gamma 3, Delta 4

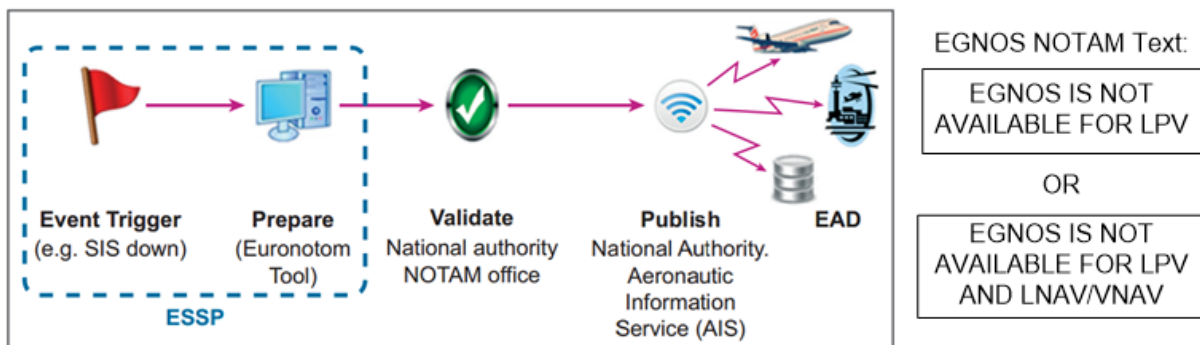
Tabulka 5.5 TSO pro LPV

Publikovaná minima jsou označena jako DA(H) a nejnižší hodnota DH dle PART-CAT je stanovena na 200ft (dle EU-OPS 1 byla 250ft). Pro plánovací minima je třeba brát v úvahu RVR v ETA±1 hodina.

5.6.1 Předletové postupy

Předletové postupy jsou opět téměř shodné s postupy LNAV a LNAV/VNAV. Při přípravě podle kroků uvedených v kapitole 5.4.1 je třeba se zaměřit (při kontrole dostupnosti přiblížení, mapek, navigační databáze atd.) na přiblížení označené LPV. Ke kontrole dostupnosti RAIM přibývá ještě nutnost kontroly dostupnosti signálu diferenční GPS – SBAS. Pro letiště, kde jsou publikované LPV přiblížení využívajících SBAS systém EGNOS se publikují tzv. EGNOS NOTAM. Tyto zprávy obsahují informaci o nedostupnosti signálu EGNOS pro LPV přiblížení, pokud je očekávaný výpadek 15 minut a delší. Ukázka vzniku, distribuce a textu takového NOTAMu je na obrázku 5.38. Do budoucna se počítá i s rozšířením predikčního software AUGUR o poskytování dat o dostupnosti EGNOS.

Letový plán musí obsahovat v poli 10 **G,R a B** a v poli 18 **PBN/S1** a **NAV/SBAS**.



Obrázek 5.38 Vznik a distribuce EGNOS NOTAM [21]

5.6.2 Příprava na přiblížení

Příprava na přiblížení obsahuje všechny kroky uvedené pro LNAV přiblížení v kapitole 5.4.2.

Nahrání procedury z navigační databáze je možné buď jako název přiblížení, nebo u některých systémů pomocí pětimístného čísla kanálu přiblížení. Tento druhý způsob může v určitých případech aktivovat pouze úsek konečného přiblížení. S nastavením procedury systém automaticky nahraje datový blok FAS.

LKT B/BRQ TURANY		JEPPESEN 25 APR 14 (12-1) Eff 1 May		BRNO, CZECH RNAV (GNSS) Rwy 10	
ATIS 131.1	BRNO Approach/Radar 127.35 120.55	TURANY Tower 119.6	*TURANY Ground (TWR) 125.42		
EGNOS Ch 52843 E10A	Final Apch Crs 094°	Procedure Alt TB10F 3000' (2236')	LPV DA(H) 1064' (300')	Apt Elev 778'	RWY 764'
MISSED APCH: Climb to TB476, then turn RIGHT (MAX 220 KT) to VOR climbing to 3000'.					
Alt Set: hPa		Rwy Elev: 28 hPa	Trans level: By ATC		Trans alt: 5000'
1. Min temperature for Baro-VNAV systems -15°C. 2. Initial apch turn speed restricted to MAX 220 KT.					

Obrázek 5.39 Kanál LPV přiblížení

Během briefingu je třeba kontrolovat výšky na jednotlivých bodech a úhel klesání na úseku konečného přiblížení. Pro modifikaci těchto výšek platí stejná pravidla jako pro LNAV/VNAV přiblížení.

Letištní QNH není pro samotnou navigaci na sestupové rovině nutné, nicméně stále je třeba znát správné nastavení výškoměrů pro určení DA, která je určena barometricky. Je možné využít „vzdálené“ QNH, za předpokladu, že jsou pro to minima přiblížení přizpůsobena.

5.6.3 Přilet, počáteční a střední přiblížení

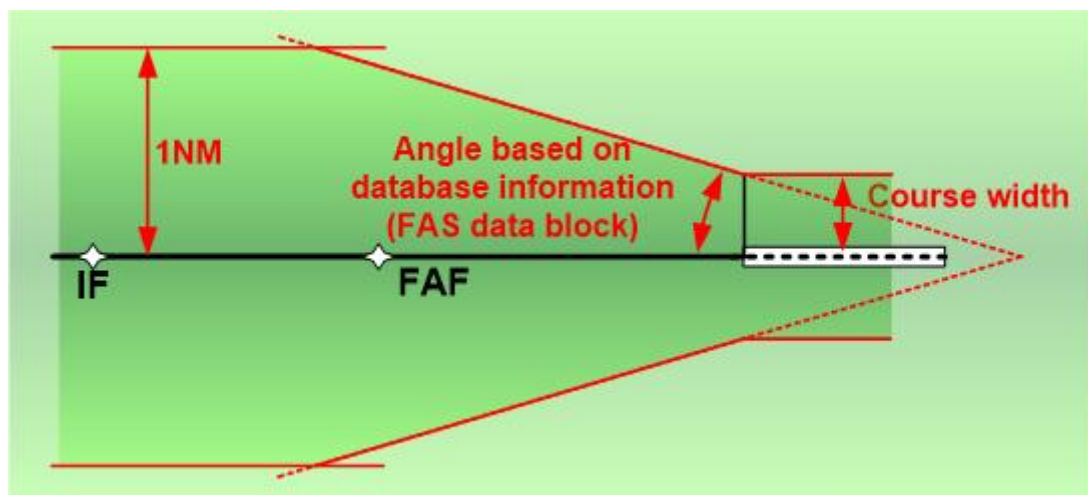
Pravidla pro přilet, počáteční a střední přiblížení jsou stejná, jako pro přiblížení LNAV v kapitole 5.4.3. Úpravy laterální tratě jsou povolené do nalétnutí FAF podle instrukcí ATC s dodržением stejných omezení, jako pro LNAV přiblížení. Funkce pro nalétnutí tratě

konečného přiblížení (např. VTF – Vectors to Final) je dle AMC 20-28 povinná a při její aktivaci bude pro piloty indikace odchylky od trati v její blízkosti stejná jako při nalétávání localizeru u ILS. Nalétnutí konečného přiblížení v takovém případě může být na pokyny řídicího letového provozu i z jiné výšky (vyšší než minimální), než výšky středního přiblížení.

Indikátory (displeje) pro konečné přiblížení musí být nastaveny tak, aby zobrazovaly:

- Boční odchylku od trati (CDI – podobné ILS)
- Vertikální odchylku od trati (VDI – podobné ILS)
- Požadovanou trať (DTK)
- Vzdálenost do aktivního bodu

FSD indikátoru boční odchylky od trati konečného přiblížení během nalétávání osy konečného přiblížení je na obrázku 5.40.



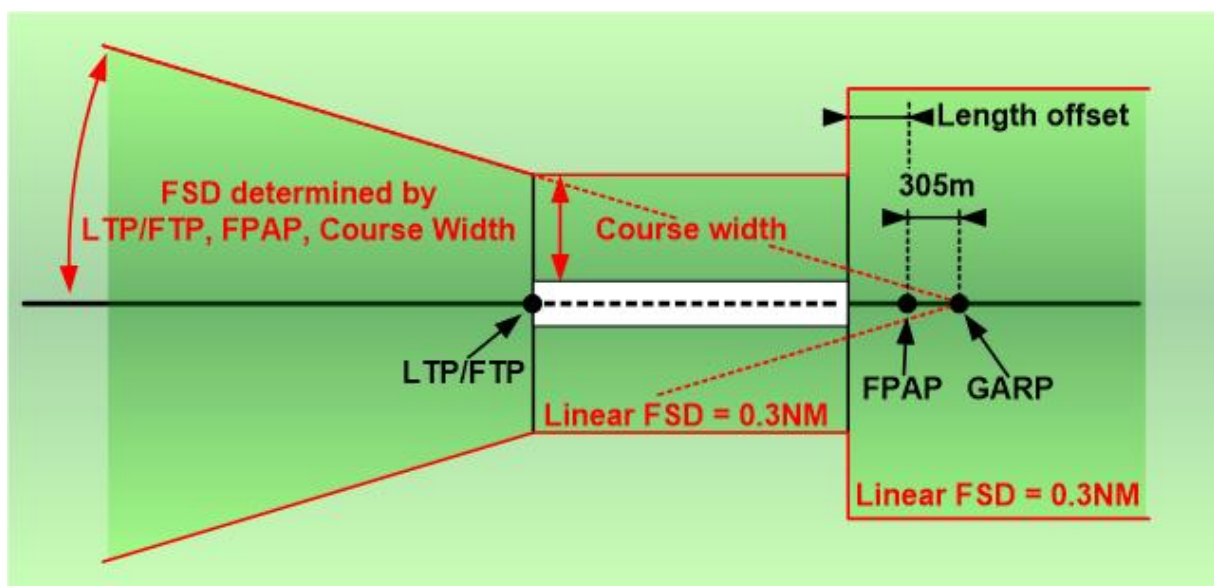
Obrázek 5.40 boční FSD pro LPV

5.6.4 Konečné přiblížení

Pro LPV přiblížení je přímo stanoveno, že indikace pro posádku by se měla podobat indikaci systému ILS. Jedná se tedy o indikaci úhlové odchylky od horizontální i vertikální trati. Rozdíl oproti přiblížení LNAV a LNAV/VNAV je v definici konstrukce konečného přiblížení. Zatímco u LNAV, LNAV/VNAV byly prvky jako HAL definovány shodně pro všechna přiblížení a byla uložena v navigačním systému. U LPV je pro každé konečné přiblížení definován datový blok segmentu konečného přiblížení (FAS data block), který je uložen v navigační databázi. Po nahrání z databáze jsou pilotovi pro kontrolu dostupná pouze některá data vycházející z datového bloku FAS, ostatní data jsou použita skrytě navigačním

systémem. FAS data block musí být publikován leteckou informační službou spolu s mapkou pro přiblížení a obsahuje data patrná z obrázku 5.42. Laterální konstrukce přiblížení se zobrazením FSD je na obrázku 5.41. Úhlové rozšíření FSD na konečném přiblížení je závislé na délce dráhy, stejně jako v případě localizeru systému ILS. Datový blok FAS obsahuje polohu FPAP a šířku na prahu/posunutém prahu dráhy (LTP/FTP course width). Úhel rozšíření FSD je potom dán bodem GARP, který je 305m za FPAP a šířkou na prahu/posunutém prahu dráhy. Sestupová rovina je definována jako tečná rovina k referenčnímu elipsoidu nad LTP/FTP. Datový blok FAS obsahuje data o úhlu této roviny a o výšce nad prahem dráhy. FSD na vertikální odchylky se úhlově rozšiřuje s hodnotou 0,25 krát úhel sestupové roviny nad i pod sestupovou rovinu.

Postupy posádky pro nalétnutí sestupové roviny jsou shodné se systémem ILS. Posádka musí navíc před zahájením klesání (2NM do FAF) zkontrolovat aktivaci módu konečného přiblížení. Stejně tak i technika letu konečného přiblížení je se systémem ILS shodná. Na přiblížení musí být publikován alespoň jeden bod s výškou přeletu (může být i FAF) pro kontrolu profilu klesání. V případě LPV se jedná především o kontrolu nastavení správného tlaku na výškoměrech. Přiblížení je možno letět jak manuálně, tak s využitím FD nebo AP s využitím módu APP (APPROACH).



Obrázek 5.41 Konstrukce přiblížení LPV – laterální FSD

5.6.5 Vizualní segment, nebo nezdařené přiblížení

Pro vizualní reference platí stejné požadavky jako u výše uvedených přiblížení. Indikace CDI, VDI a FD zůstává pro posádku během vizualního segmentu aktivní. Autopilot musí být

nicméně odpojen ve výšce dle omezení letové příručky. Indikace VDI je ukončena po přeletu prahu dráhy. CDI zůstává indikovat osu dráhy nejméně do přistání, nebo dokud není aktivován mód konečného přiblížení.

Postup pro provedení nezdařené přiblížení se shoduje s postupy pro výše uvedená přiblížení. CDI bude do aktivace módu nezdařeného přiblížení držet osu dráhy. Postup nezdařeného přiblížení nevyžaduje SBAS, v případě ztráty jeho signálu je možné pokračovat v použití RNAV navigace.

5.6.6 Nestandardní situace

Důvody pro přerušení přiblížení jsou krom jiných uvedených v předchozích kapitolách následující:

- závada palubního RNAV vybavení;
- jsou přesaženy hodnoty HAL, nebo VAL;
- ztráta RAIM (FDE).

O těchto závadách vydá systém varovnou zprávu a vyžadují postup nezdařeného přiblížení, pokud není možné přiblížení dokončit vizuálně. Dalším důvodem pro přerušení přiblížení je:

- přílišná letově technická chyba – půl výchylky na CDI, nebo VDI (pokud nejsou navázány vizuální reference).

5.6.6.1 Degradace přiblížení

V případě, že systém není schopný vertikální navigace a tedy APV přiblížení (ztráta signálu SBAS), vydá posádce varování. Toto varování může posádku informovat, že je třeba použít pouze LNAV minima. Posádka musí mít dostatek času na briefing nového postupu klesání a nových minim, a proto ke změně postupu musí dojít před FAF. V případě ztráty vertikální navigace během konečného přiblížení za FAF se vyžaduje postup nezdařeného přiblížení.

SBAS FAS Data Block
Vstupní data / Input Data

Parametry / Parameters	Hodnoty / Values
Operation Type	0
SBAS Provider	1
Airport Identifier	LKTB
Runway	10
Runway Direction	0
Approach Performance Designator	0
Route Indicator	
Reference Path Data Selector	0
Reference Path Identifier	E10A
LTP/FTP Latitude	490910.3400N
LTP/FTP Longitude	0164033.1300E
LTP/FTP Ellipsoidal Height (metres)	278.0
FPAP Latitude	490859.1200N
Delta FPAP Latitude (seconds)	-11.2200
FPAP Longitude	0164242.8300E
Delta FPAP Longitude (seconds)	129.7000
Threshold Crossing Height	49.2
TCH Units Selector	0
Glidepath Angle (degrees)	3.00
Course Width (metres)	105.00
Length Offset (metres)	0
HAL (metres)	40.0
VAL (metres)	50.0

Výstupní data / Output Data

Parametry / Parameters	Hodnoty / Values
Data Block	10 02 14 0B 0C 0A 00 00 01 30 31 05 88 18 18 15 D4 10 28 07 DC 1E 58 A8 FF 48 F5 03 EC 01 2C 01 64 00 C8 FA 84 39 A9 F2
Calculated CRC Value	8439A9F2

Required Additional Data (not CRC wrapped)

Parametry / Parameters	Hodnoty / Values
ICAO Code	LK
LTP/FTP Orthometric Height (metres)	233.0
FPAP Orthometric Height (metres)	235.0

Obrázek 5.42 FAS data block pro LPV přiblížení dráhy 10 v Tuřanech [36]

LKTB/BRQ
TURANY

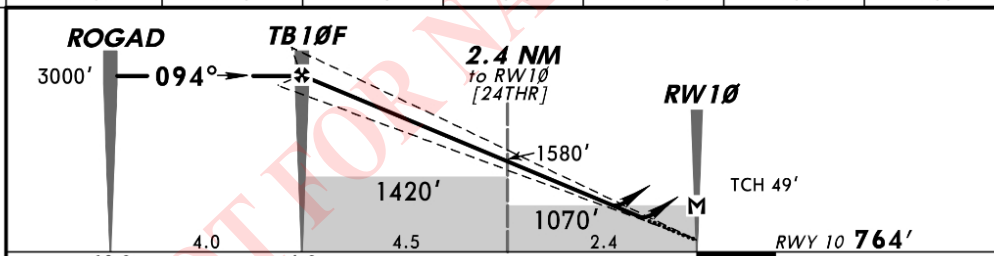
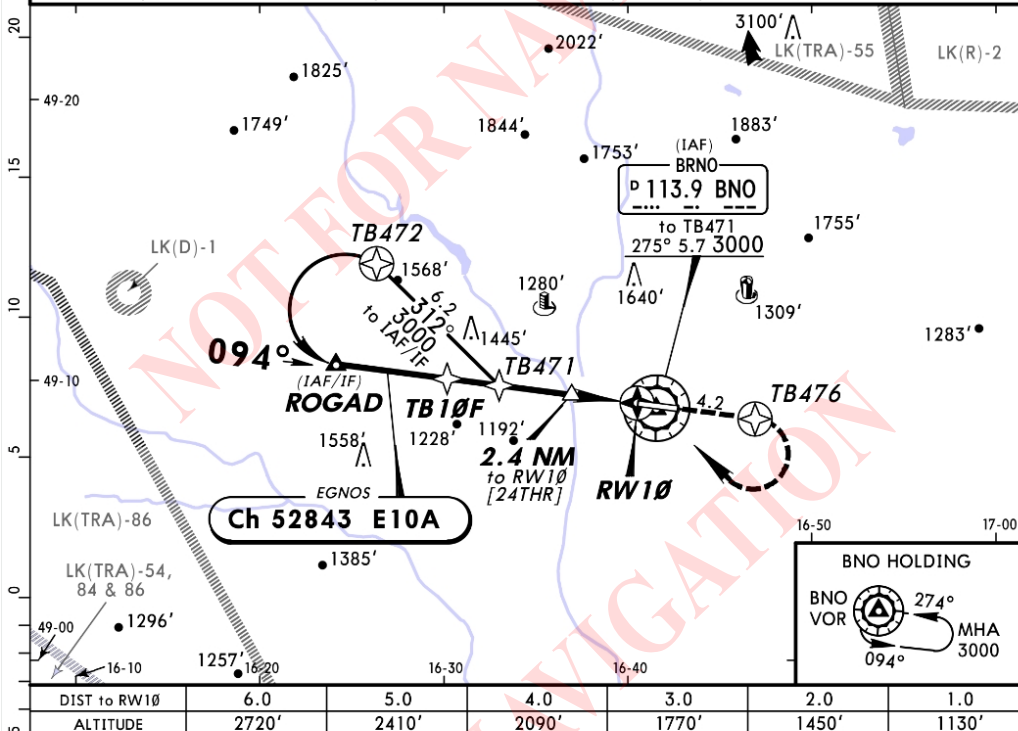
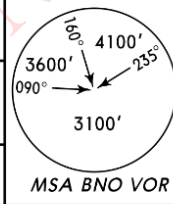
JEPPESEN
25 APR 14 (12-1) Eff 1 May

BRNO, CZECH
RNAV (GNSS) Rwy 10

ATIS 131.1	BRNO Approach/Radar 127.35 120.55	TURANY Tower 119.6	*TURANY Ground (TWR) 125.42
EGNOS Ch 52843 E10A	Final Apch Crs 094°	Procedure Alt TB10F 3000' (2236')	LPV DA(H) 1064' (300') Apt Elev 778' RWY 764'

MISSED APCH: Climb to TB476, then turn RIGHT (MAX 220 KT) to VOR climbing to 3000'.

Alt Set: hPa Rwy Elev: 28 hPa Trans level: By ATC Trans alt: 5000'
1. Min temperature for Baro-VNAV systems -15°C. 2. Initial apch turn speed restricted to MAX 220 KT.



DIST to RWY10	6.0	5.0	4.0	3.0	2.0	1.0
ALTITUDE	2720'	2410'	2090'	1770'	1450'	1130'

PANS OPS	STRAIGHT-IN LANDING RWY 10						CIRCLE-TO-LAND Not authorized North of airport		
	LPV DA(H) 1064' (300')		LNAV/VNAV DA(H) 1064' (300')		LNAV DA(H) 1070' (306')		Max Kts.	MDA(H) VIS	
	ALS out		ALS out		ALS out				
	A						100	1200' (422')	1500m
B						135	1470' (692')	1600m	
C	RVR 900m	RVR 1400m	RVR 900m	RVR 1400m	RVR 1000m	RVR 1400m	180	1570' (792')	2400m
D							205	1610' (832')	3600m

CHANGES: Approach frequency. © JEPPESEN, 2011, 2014. ALL RIGHTS RESERVED.

Obrázek 5.43 Ukázka přibližovací mapy RNP přiblížení

6 Přiblížení RNP v základním pilotním výcviku

Následující kapitola se zabývá zařazením RNP přiblížení do základního pilotního výcviku. Vzhledem k rozvoji těchto přiblížení lze očekávat, že četnost jejich využití v praxi v obchodní letecké dopravě bude narůstat a většina dopravců bude mít tato přiblížení schválena. Je proto vhodné, aby žáci pilotního výcviku pro licenci ATPL frozen byli připravováni na tento druh přiblížení v duchu provozu leteckého dopravce. Tedy, aby měli přehled o všech fázích předletové přípravy, samotného provedení letu, až po hlášení nenadálých situací a to vše podle standardních provozních postupů SOP. V dnešní době je situace v tomto hledu nevyhovující a absolventi se musí prakticky vše o RNP approach učit od začátku během počátečního přeškolovacího výcviku u provozovatele (Operator Conversion Course). I proto je tomuto tématu v této diplomové práci věnováno poměrně dost prostoru. Nicméně i pro piloty všeobecného letectví narůstá význam využití přiblížení RNP vzhledem k tomu, že je publikováno množství těchto přiblížení na letištích, kde jiná radionavigační zařízení nejsou, nebo se je nevyplatí udržovat.

Pro výcvik RNP přiblížení v leteckých školách je třeba:

- 1) zhodnotit vybavení letadel a možnost jejich schválení pro provoz RNP přiblížení;
- 2) vypracovat potřebné části provozní příručky provozovatele nutné pro RNP přiblížení;
- 3) vypracovat výcvikové osnovy;
- 4) vypracovat výukové materiály.

6.1 Vybavení letadel

Výcviková letadla musí být vybavena avionikou umožňující RNP approach, což je patrné z certifikačních dokumentů dané avioniky. Jsou možné dva způsoby zástavby avioniky:

- 1) Avionika je do letadel instalována přímo ve výrobě a je součástí TC (Type Certificate). V tomto případě může být navigační systém:
 - a. součástí standardní avioniky (např. Cirrus Perspective) a informace k možnému provozu v rámci navigačních specifikací jsou uvedeny v části „General“ a/nebo „Limitation“ letové příručky;
 - b. volitelným vybavením, ke kterému výrobce dodává „Supplement“ k letové příručce, který obsahuje informace k možnému provozu v rámci navigačních specifikací.

- 2) Avionika je do letounů zastavována dodatečně a je uvedena v STC (Supplemental Type Certificate). V takovém případě vydává „Supplement“ k letové příručce schválená organizace provádějící zástavbu.

V případě, že je avionika certifikovaná dle standardů jiného státu (např. FAA versus EASA), je třeba prověřit schodu certifikačních standardů. Dokument AMC 20-27 uvádí, jaké FAA certifikační standardy jsou s evropskými ve shodě. Na základě toho může být příručka (nebo dodatek příručky) uznán úřadem jako přijatelný. Případně může být schválenou organizací vydán STC dle požadovaných certifikačních standardů spolu s dodatkem příručky, který obsahuje informace k navigačním specifikacím.

Letová příručka musí obsahovat tyto části týkající se navigačního systému:

- omezení;
- normální postupy;
- abnormální postupy.

Toto bývá často řešeno odkazem na manuál ke konkrétní avionice, který poté musí být v dosahu pilota na palubě (např. G430 Pilot's Guide)

Dalším požadavkem je schválení dodavatele navigační databáze – Type 2 Letter of Acceptance.

6.2 Provozní příručka provozovatele

Požadavky na příručky výcvikových organizací nejsou tak podrobně stanoveny jako pro provozovatele obchodní letecké dopravy. Nicméně bych leteckým školám doporučoval řídit se při začleňování RNP approach do provozu v aplikovatelných částech schvalovacími postupy pro obchodní leteckou dopravu. Vycházet by se tedy mělo primárně z dokumentu EASA AMC 20-27 a měly by být doplněny tyto části příručky:

- OM(A) – Všeobecný díl – Obecné postupy pro RNP approach;
- OM(B) – Letadlový díl – Postupy pro jednotlivé typy ve flotile (normální a abnormální postupy);
- OM(D) – Výcvik personálu – Výcvik instruktorů provádějících výcvik RNP approach.

Dále se musí upravit výcvikové osnovy. Jako vhodné se jeví věnovat na výuku přiblížení RNP čtvrtinu doby výcviku nepřesných přiblížení a to jak na simulátoru, tak v letadle. V příloze 2 je ukázka návrhu výcvikové úlohy RNP approach v simulátorové části výcviku IR.

6.3 SOP

Standardní provozní postupy tvoří nedílnou součást leteckého provozu. Zatímco u leteckých dopravců jsou SOP součástí provozní příručky (části B – postupy pro daný typ letadla), kterou schvaluje ÚCL, u letecké školy jsou tyto oficiální dokumenty pro provoz letadla schváleny v rámci letové příručky spolu s jejími doplňky a požadavky na ně nejsou tak přesně specifikované. Tyto postupy jsou dostatečné pro bezpečný provoz letadla v rámci všeobecného letectví, ovšem pro výuku a zejména pro výuku budoucích dopravních pilotů je vhodné tyto SOP rozšířit tak, že odpovídají dokumentům leteckých dopravců a zároveň tvoří i jakýsi výukový materiál. Tento materiál poté nepodléhá schválení ÚCL a je tedy pružnější pro případné úpravy. Samozřejmostí je, že výcvikové SOP nesmějí nikdy být v rozporu s letovou příručkou. Naopak nabízejí optimalizovaný způsob, jak letovou příručku nejlépe dodržet a jsou tedy pouze její výukovou nadstavbou.

Během práce na této diplomové práci byly autorem vytvořeny kompletní výukové SOP pro leteckou školu F AIR s.r.o. Součástí těchto SOP jsou i postupy pro RNP approach, které byly testovány v rámci výcvikových letů se žáky za VMC po dohodě s ATC. Toto je legální varianta, jak se žáky cvičit RNP přiblížení i pokud provozovatel nemá ještě vyřízená potřebné náležitosti, ale letouny jsou pro RNP přiblížení vybavené.

6.3.1 Výcvikové SOP pro leteckou školu F AIR – kapitola přiblížení RNP

Výcvikové SOP byly pro přehlednost ponechány ve formátu tak, jak jsou předávány žákům k výcviku, v anglickém jazyce a jsou v příloze 1 této diplomové práce. Přesto by měly tvořit páteř přínosu této diplomové práce.

6.3.2 Doplňující vysvětlující materiál k SOP

Samotné výcvikové SOP jsou určeny ke stanovení jednotných postupů ve výcviku a praktických postupů v opakujícím se provozu, rychlému osvěžení postupů před letem, případně k referenci za letu atd. I přesto, že obsahují i vysvětlující části připomínajících spíše učebnici, není vhodné, aby byly příliš rozsáhlé. K optimalizaci výuky a samotných postupů byl vypracován i materiál, který vysvětluje dané kroky v SOP se zaměřením na přiblížení RNP a jednotlivé navigační systémy. Nicméně, jak již bylo uvedeno výše, některé významné

části teoretického charteru byly vzhledem k jejich důležitosti v SOP v rámci optimalizace ponechány.

Zmíněný vysvětlující materiál je v následujících odstavcích a bude se zabývat postupy pro provádění RNP přiblížení na výcvikových letounech používaných v základním výcviku přístrojové kvalifikace (IR), případně přístrojové kvalifikace pro vícemotorové letouny (MEP IR). Vzhledem k tomu, že letouny leteckých škol v ČR zabývajících se výcvikem pro létání podle přístrojů, jsou ve valné většině vybaveny avionikou Garmin, budou se postupy v této kapitole týkat právě těchto systému GNSS, konkrétně G1000. K testování a optimalizaci postupů bylo využito PC simulátorů pro zmíněnou avioniku.

6.3.2.1 Předletové postupy obecně

1) Letový plán musí obsahovat vybavení pro RNP (GNSS) přiblížení.

Po úpravě letových plánů v listopadu 2012 se změnil také symboly dané dodatkem 2 k ICAO dokumentu 4444 používané pro PBN. Symboly a postupy pro vyplňování letového plánu týkající se RNP přiblížení jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Pole 10 – vybavení – RNP – GNSS senzory	
A	Systém pro přistání GBAS
B	LPV (APV s SBAS)
G	GNSS*
R	PBN schválena**
*Použije-li se písmeno G, druhy externího rozšíření GNSS, pokud nějaké existuje, jsou uvedeny v poli 18 za zkratkou NAV/ a jsou oddělené mezerou.	
**Použije-li se písmeno R, úrovně navigace založené na výkonnosti, kterých může být dosaženo, jsou uvedeny v poli 18 za zkratkou PBN/. Poradenský materiál o použití navigace založené na výkonnosti pro daný úsek tratě nebo prostor je obsažen v Performance-Based Navigation Manual (ICAO Doc 9613).	

Tabulka 6.1 Pole 10 letového plánu

Pole 18 - další informace	
PBN/ Označení schopností RNAV a/nebo RNP. Uveďte tolik níže uvedených označení, kolik se jich týká daného letu, až do maxima 8 údajů, tj. úhrnem ne více než 16 znaků. Zvýrazněna jsou označení pro senzory použitelné při výcvikových letech se schválením provozovatele na RNP přiblížení.	
Specifikace RNAV	
A1	RNAV 10 (RNP 10)
B1	RNAV 5 všechny povolené senzory
B2	RNAV 5 GNSS
B3	RNAV 5 DME/DME
B4	RNAV 5 VOR/DME

B5	RNAV 5 INS nebo IRS
B6	RNAV 5 LORANC
C1	RNAV 2 všechny povolené senzory
C2	RNAV 2 GNSS
C3	RNAV 2 DME/DME
C4	RNAV 2 DME/DME/IRU
D1	RNAV 1 všechny povolené senzory
D2	RNAV 1 GNSS
D3	RNAV 1 DME/DME
D4	RNAV 1 DME/DME/IRU
Specifikace RNP	
L1	RNP 4
O1	Základní RNP 1 všechny povolené senzory
O2	Základní RNP 1 GNSS
O3	Základní RNP 1 DME/DME
O4	Základní RNP 1 DME/DME/IRU
S1	RNP APCH
S2	RNP APCH s BARO-VNAV
T1	RNP AR APCH s RF (požadováno zvláštní povolení)
T2	RNP AR APCH bez RF (požadováno zvláštní povolení)
NAV/ Význačné údaje týkající se navigačního vybavení jiné než uvedené v PBN/, jak je požadováno příslušným úřadem ATS. Za tuto zkratku uveďte rozšíření GNSS, kde jednotlivé metody rozšíření oddělte mezerou, například:	
NAV/ SBAS	
NAV/ SBAS GBAS	

Tabulka 6.2 Pole 18 letového plánu

2) Plánované náhradní letiště musí obsahovat přiblížení založené na konvenčních radionavigačních prostředcích (ILS, VOR, NDB, SRA atd.).

Přiblížení založené na konvenční radionavigaci na náhradním letišti musí být dostupné (NOTAM, AIP SUP) a palubní vybavení musí být funkční. Plánovací minima na záložním letišti se musí vztahovat k tomuto konvenčnímu přiblížení. Pokud se náhradní letiště nevyžaduje, musí být přiblížení založené na konvenční radionavigaci dostupné na letišti určení.

3) PIC ověří dostupnost RAIM

Předletovému ověření dostupnosti se věnuje kapitola 3. Dostupnost RAIM je pro účely výcvikové organizace v Evropě (vzdušný prostor ECAC) ideálně kontrolována pomocí software AUGUR, případně RAIM NOTAMy tam, kde jsou publikovány. Postupy pro kontrolu dostupnosti přímo v palubním vybavení (i pro ověření za letu) jsou uvedeny dále v této kapitole.

4) PIC ověří dostupnost RNP přiblížení

PIC musí zkontrolovat, zda nejsou publikovány NOTAMy nebo jiné informace, které by RNP přiblížení omezovaly, nebo znemožňovaly.

Mohou být publikovány NOTAMy, které omezují, nebo zneschopňují RNP přiblížení nejen z důvodu výpadku RAIM (viz kapitola 3), ale i z jiných provozních důvodů. Proto je třeba kontrolovat všechny dostupné informace týkající se přiblížení na plánovaných letištích (NOTAM, AIP SUP), viz např. obrázek 6.1.

```
A0944/14  
Q)DTTC/QPIXX/NBO/A/I/000/105/335300N/0104700E/0025  
A)DTTJ  
B)1409010849 C)1412011200 EST  
E)THE FOLLOWING IAP IS SUSPENDED :  
RNAV (GNSS) RWY 27 REF AIP TUNISIE PAGE AD2 DTTJ-37
```

Obrázek 6.1 Ukázka NOTAM – nedostupnost RNAV(GNSS) přiblížení

5) PIC prostuduje aktuální mapky pro RNP přiblížení a ujistí se, že navigační databáze v letouny obsahuje procedury odpovídající postupům v mapkách traťové dokumentace (Jeppesen).

Studium mapek pro přiblížení podle přístrojů, stejně celé letové dokumentace pro danou trať je nezbytnou součástí předletové přípravy na let IFR. Nejvyužívanější dokumentací používanou při výcviku pilotů je dokumentace Jeppesen. Pilot se musí ujistit, že využívá aktuální cyklus (AIRAC) a mapky připravené pro let jsou aktuální.

Dále si pilot prostuduje postupy v mapce uvedené, co se týče laterální navigace i vertikálního profilu přiblížení včetně příletové tratě a jejího vertikálního profilu, nebo případně postupů klesání v TAA nebo MSA sektorech.

Při zadávání letového plánu do navigačního systému v letadle je nutné zkontrolovat, že aktuální databáze obsahuje dané postupy. Je nutné se seznámit také s návazností standardních příletů (ARRIVAL) na fix počátečního přiblížení v případě, že tyto přílety jsou publikovány. Pozor, někdy bývá celý přílet součástí postupu přiblížení (APPROACH), například pokud není publikován v dokumentaci Jeppesen přímo jako STAR, ale například jako „Transition“.

6) GNSS palubní vybavení a ostatní radionavigační vybavení požadované pro provedení letu musí být funkční.

Vybavení letounu pro provedení letu IFR musí odpovídat provozní příručce provozovatele, kde minimální vybavení v případě leteckého výcviku je stanoveno na základě předpisu L6 I a letové příručky daného typu letounu.

Pro RNP přiblížení je vyžadován funkční schválený palubní systém GNSS.

Dostupnost všech pozemních radionavigačních prostředků, které mohou být využity v případě ztráty schopnosti prostorové navigace, musí být ověřena NOTAMy. Toto se týká především postupu nezdařeného přiblížení v destinaci v případě výpadku prostorové navigace a dále případné diverze na náhradní letiště.

7) Navigační databáze v palubním přijímači GPS musí být aktuální (aktuální AIRAC cyklus).

Kontrola platnosti databáze se provádí při spuštění palubního navigačního systému, jak je dále popsáno pro dané typy avioniky.

6.3.2.2 Postupy pro G1000 (G950)

Letoun Tecnam P2006T často využívaný ve výcviku pilotů je vybaven systémem označeným jako G950. Rozdíl oproti systému G1000 je především v indikaci motorových přístrojů. Systém navigace a jejího ovládání je pro oba systémy shodný, a proto se v následujícím textu bude vyskytovat jednotné označení G1000 i pro systém G950.

GPS navigace v G1000 obecně

G1000 může být vybaven jedním nebo dvěma přijímači GPS. V případě dvou přijímačů GPS je pro výnos navigačních dat automaticky volen přijímač aktuálně dosahující větší přesnosti. Přijímače mohou být doplněny systémem SBAS.

Status navigačního systému je zobrazen na MFD ve skupině AUX – GPS Status Page (obrázek 6.2).

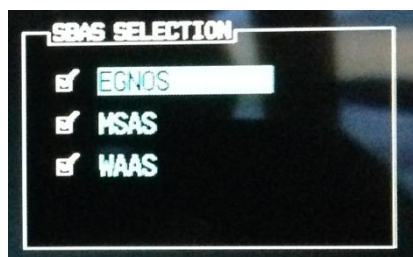


Obrázek 6.2 G1000 – GPS Status Page

Podle nabídky ve spodní liště GPS Status Page je možné určit vybavení daného systému. V případě vybavení dvěma přijímači GPS se data o satelitech zobrazují na stránkách GPS1 a GPS2, v případě jednoho přijímače GPS zůstává stránka GPS2 prázdná. Pokud je instalován SBAS nabídka má formát patrný z obrázku 6.3. V tomto případě se přepíná nabídka v okně RAIM PREDICTION na SBAS SELECTION a opačně. Okno s nabídkou SBAS SELECTION je na obrázku 6.4. V tomto okně je možné povolit/zakázat příjem signálu SBAS diferenčního systému GPS (WAAS, EGNOS, MSAS). Standardně zůstávají samozřejmě zapnuté.



Obrázek 6.3 Nabídka GPS Status Page



Obrázek 6.4 G1000 – volba SBAS

Dále GPS Status Page zobrazuje konstelaci (CONSTELATION) a sílu signálu satelitů (GPS SIGNAL STRENGTH). Pro pilota může být zajímavá informace o počtu využívaných satelitů k výpočtu polohy (plný zelený sloupec), případně vyřazení satelitu FDE (šachovnicová výplň sloupce).

Okno SATELLITE STATUS zobrazuje chyby systému:

- EPU – Estimated Position Uncertainty – Poloměr kružnice kolem vypočítané polohy. Letoun se s 95% pravděpodobností nalézá uvnitř této kružnice;
- HDOP – Horizontal Dilution of Precision – Měřítko kvality určení polohy na základě geometrie viditelných satelitů. Nabývá hodnot 0,0 – 9.9. Čím nižší hodnota, tím lepší přesnost;
- VFOM, HFOM – Horizontal and Vertical Figure of Merit – udává horizontální a vertikální nejistotu polohy.

Okno s navigačními údaji (spodní část SATELLITE STATUS) indikuje současnou souřadnicovou polohu, GPS čas, GPS výšku, GPS traťovou rychlost a GPS traťový úhel. Tyto hodnoty se mohou hodit i v nouzových situacích, jako je přistání na vodní hladinu (poloha), nebo vysazení letových přístrojů (např. výškoměr – GPS výška) atd.

Z dat v okně GPS STATUS je možné určit aktivní přijímač GPS a úroveň výpočtu GPS polohy:

- AQUIRING
- 2D NAV
- 2D DIFF NAV
- 3D NAV
- 3D DIFF NAV

Pro navigaci systémem bez SBAS bude standardně řešení polohy 3D NAV s indikací výšky s výraznou chybou (kolem 300ft). Pro SBAS přijímače je pro vertikální navigaci nutné 3D DIFF NAV, které indikuje aktivaci diferenční GPS a zajišťuje přesnější indikaci polohy. V případě ztráty signálu SBAS vydá systém v takovém případě varování o degradaci systému a nepoužitelnosti vertikální navigace.

Dalších varování o stavu signálu a navigační schopnosti se věnuje konec této kapitoly. Při inicializaci systému jsou některé zprávy normální a jsou způsobené například rychlejším výpočtem polohy jednoho z přijímačů.

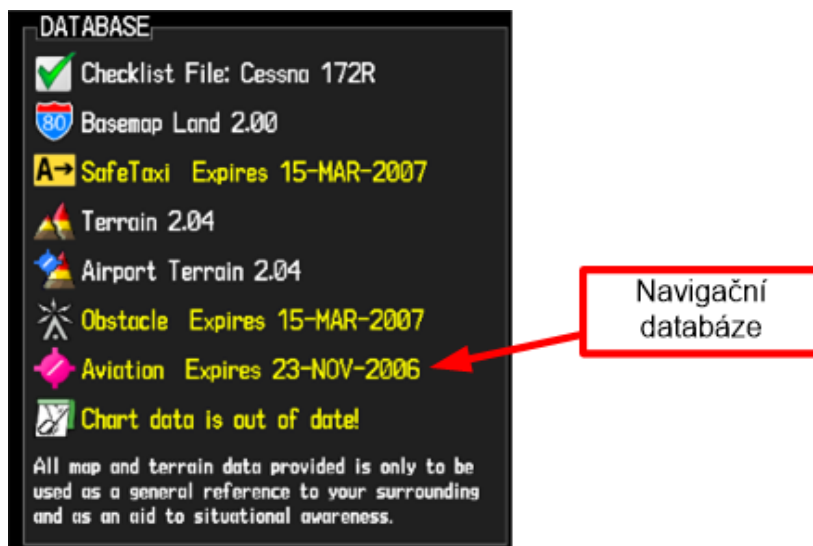
V předletových postupech musí být GPS Status Page zkontrolována pro správné nastavení rozsahu CDI – AUTO (a EGNOS – ON u SBAS systémů). V jiných případech není nutné GPS Status Page kontrolovat (kromě predikce RAIM) a pilot se může spolehnout na automatické varování systému. Pokud má pilot pochybnosti o správné funkci navigačního systému, může se ujistit porovnáním dat z jednotlivých GPS na GPS Status Page.

Sekvencování bodů FPL

Filozofie navigačního systému je taková, že standardně po přeletu aktivního bodu automaticky aktivuje další traťový úsek. V některých případech (např. konečné přiblížení po přeletu MAPt) zůstává systém „pozastaven“ a další úsek neaktivuje. V takovém případě se nad tlačítkem objeví „SUSP“ (Suspended) a v případě jeho zmáčknutí se znovu aktivuje automatické řazení bodů a „SUSP“ zmizí. Naopak například v holdingu může být „SUSP“ aktivováno pilotem („SUSP“ se zobrazí místo OBS, ale není aktivní). Aktivace módu se zobrazuje ve spodní části HSI – **SUSP**.

Kontrola databáze

Platnost databáze se kontroluje při spuštění MFD. Pro IFR postupy je třeba, aby databáze „Aviation“ byla platná (obrázek 6.5). Pokud je databáze neplatná, je zvýrazněna žlutou barvou a navigace se nesmí využít k žádným postupům PBN.

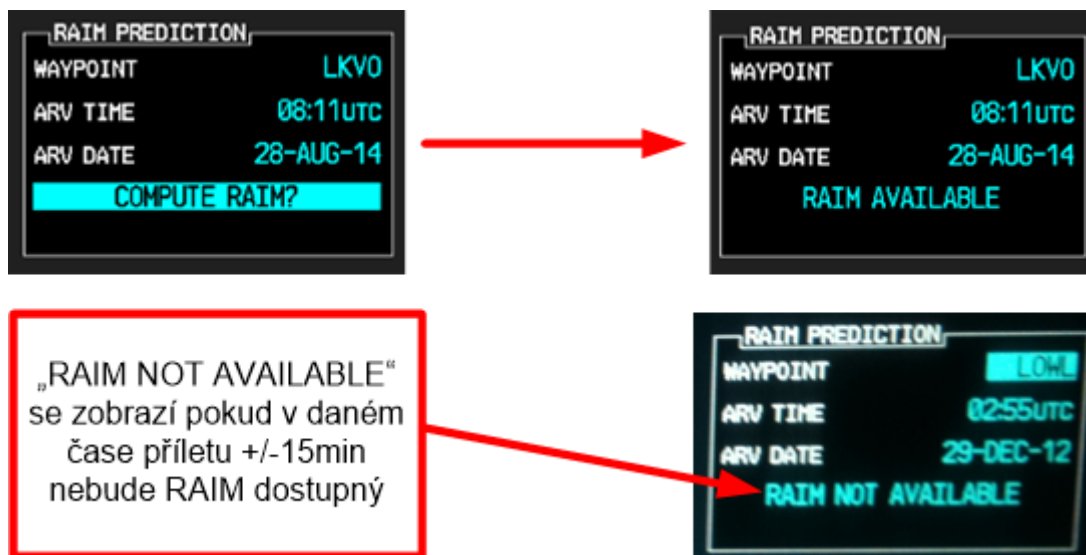


Obrázek 6.5 G1000 – platnost databáze

Dostupnost RAIM

Dostupnost RAIM může být zkontrolována přímo na MFD. Toto je možno provést, jak před letem na zemi, tak během letu. Funkce predikce RAIM se nachází v záložce AUX (Auxiliary) na GPS Status Page. Traťový bod, čas a datum predikce RAIM mohou být zadány manuálně. Nebo pokud je v avionice aktivován letový plán, jsou tyto hodnoty stanoveny na základě aktuálního výpočtu času přiletu po aktivní trati do destinace. Pokud je již do FPL načteno přiblížení, je výpočet predikce RAIM stanoven ke koncovému bodu konečného přiblížení (nejčastěji práh dráhy, např. RW28). Zobrazení výstupu predikce je na obrázku 6.6.

Systém provádí kontinuální kontrolu dostupnosti RAIM pro aktivní úsek trati (ochranný limit RAIM pro traťový let = 2NM, pro koncovou oblast = 1NM, pro nepřesné přiblížení = 0,3NM) a o případné nedostupnosti varuje pilota. Automatická kontrola pro přiblížení proběhne také 60sec před nalétnutím FAF.



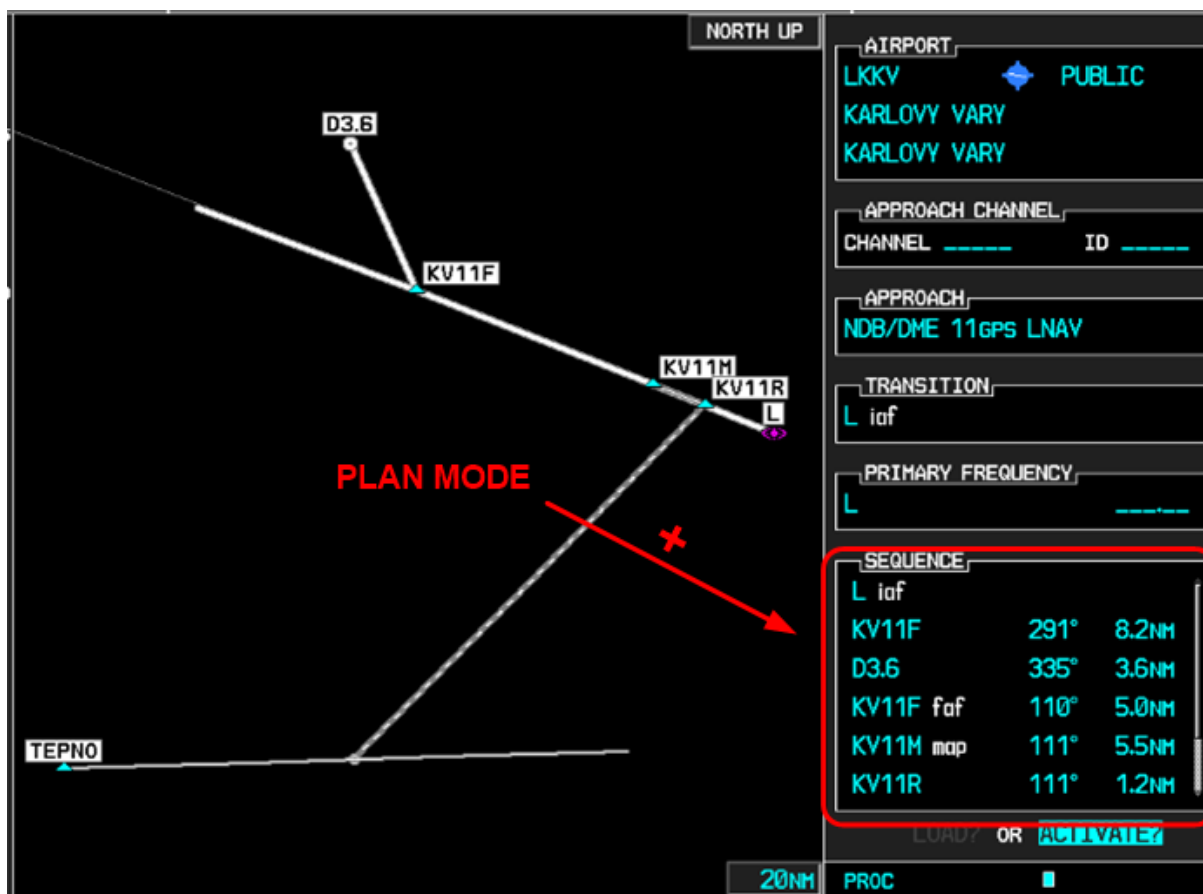
Obrázek 6.6 G1000 – predikce RAIM

Příprava procedury a briefing

Postup přiblížení nahraje pilot standardním způsobem z databáze. Označení jednotlivých druhů přiblížení je uvedeno v SOP 1.3 (příloha 1). Kontrola postupu může být provedena buď kontrolou bodů a tratí ve FPL, nebo kontrolou zobrazení procedury v PLAN MODE na MFD během nahrávání (obrázek 6.7). Je třeba kontrolovat všechny úseky včetně úseku nezdařeného přiblížení. Během briefingu dle struktury uvedené v SOP nastaví pilot baro MINIMUM BUG na LNAV hodnotu DA pro CDFA (DA/MDA v mapce + 50ft), případně MDA.

Přilet

Systém přechází do TERMINAL módu 31NM před letišťem určení. Plná výchylka CDI se v tuto chvíli zužuje na 1NM. Pokud je v letovém plánu zadán přilet (STAR) přejde systém do TERMINAL módu až po dosažení prvního bodu přiletové tratě (pokud leží blíže než 31NM k letišti určení).



Obrázek 6.7 Kontrola procedury během nahrávání

Předpisová zatáčka

Během výcviku několika přiblížení v řadě je výhodné využívat postupy reversal. Zejména u postupů GPS overlay se může tohoto postupu využívat. Pokud je postup letěn RNAV nabízí G1000 vedení v předpisové zatáčce. Problém je, že délka odletové trati je konstruována pro nejrychlejší kategorii a ve FPL definována vzdáleností. Držení takové trati sice zaručí rozestup od překážek, ale odletový čas je poté pro kategorii A mnohem delší než 1 minuta, což může způsobit problém pro řízení rozestupů letadel (například při výcviku více letadel na jednom letišti). Je tedy možné zvolit následující alternativní způsob.

Zatáčka z odletové trati předpisové zatáčky se zahájí na základě měření času (1 minuta pro kategorii A). Pilot se tak ovšem připraví o automatické řazení dalších úseků. Nejlepší variantou je v takovém případě ihned se zahájením zatáčky aktivovat VTF. Další variantou je aktivace legu na FAF. V takovém případě je nutná pečlivá oprava na snos větru, aby se letoun nedostal za FAF ještě před tím, než systém stihne přejít do módu konečného přiblížení. Na obrázku 6.8 je ukázka z podobného systému G430, kde se mód přiblížení neaktivoval.



Obrázek 6.8 G430 – Chyba v aktivaci módu konečného přiblížení

Nalétnutí trati konečného přiblížení

2 NM před nalétnutím FAF přechází systém do módu přiblížení (APPROACH MODE).

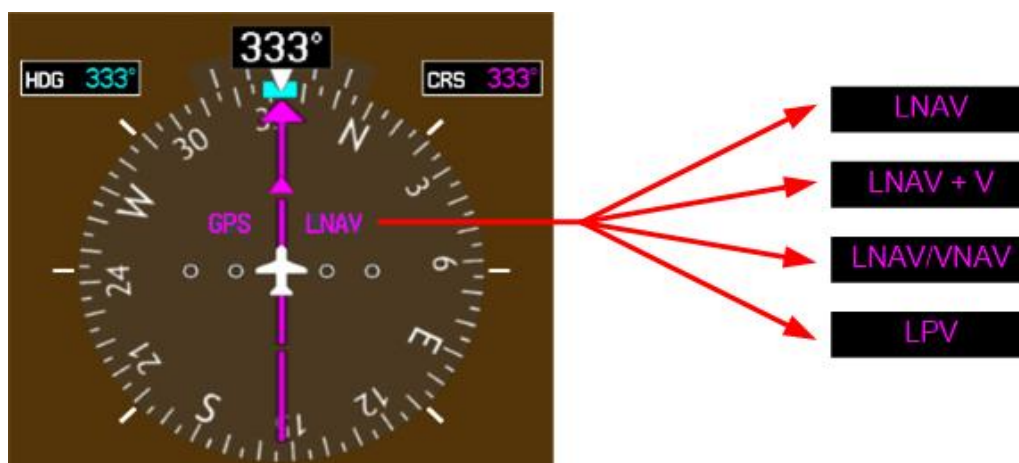
Nutné podmínky jsou:

- aktivní bod je FAF;
- traťový kurz a směr k FAF musí být max 45° k trati konečného přiblížení.

Indikace v pravé části HSI potvrzuje aktivace módu konečného přiblížení (obrázek 6.9).

Plná výchylka CDI se zužuje tak, jak je uvedeno v kapitole 5 pro SBAS přijímače.

K přechodu do módu přiblížení dochází i po aktivace VTF.



Obrázek 6.9 Módy konečného přiblížení

Varování LOW ALT

Systém vybavený SBAS vydává varování o podklesání výšky na středním přiblížení pokud:

- aktivní traťový bod je FAF;
- letadlo je níže než 164 stop pod předepsanou minimální výškou přeletu FAF.

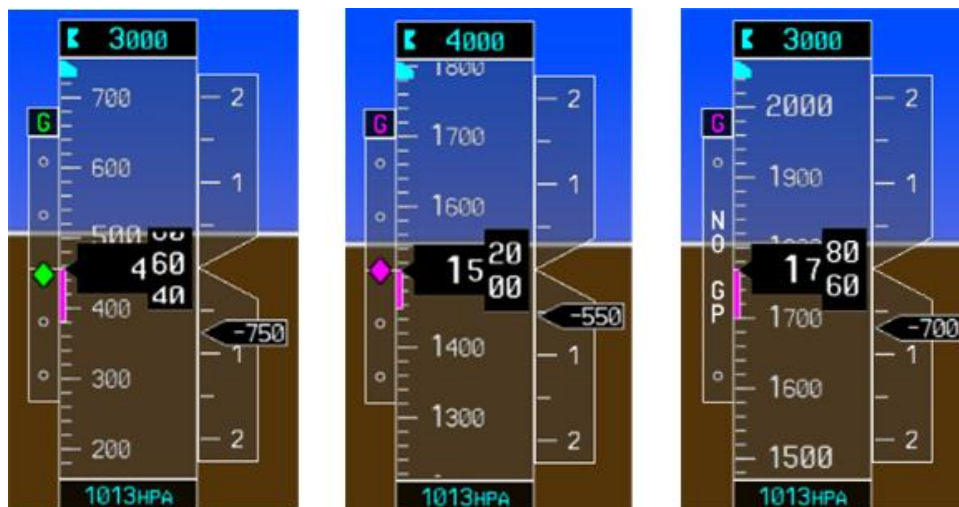
Toto varování je dostupné pouze pro RNP přiblížení. Varování **LOW ALT** vedle výškoměru zůstává aktivní, dokud se letadlo nevrátí do správné výšky.



Obrázek 6.10 G1000 – Varování LOW ALT

Indikace sestupové roviny

U SBAS přijímačů je pro přiblížení LNAV+V, L/VNAV, LPV po aktivaci příslušného módu přiblížení zobrazen indikátor odchylky od sestupové roviny (Glidepath Indicator). Na rozdíl od ILS glide slope má diamant glide path indikace purpurovou barvu. K držení glide path je možné využít APPROACH mode autopilota. V případě degradace přiblížení je indikace nahrazena „NO GP“ (obrázek 6.11)



Obrázek 6.11 Indikace GS, GP a NO GP

Poznámka: Pro provoz v F AIR se zatím uvažuje pouze LNAV přiblížení a tedy indikace sestupové roviny je pouze informativní a umožňuje přesněji dodržet sestupovou rovinu CDFA.

Během klesání v traťovém a terminal módu nabízí G1000 indikaci baro VDI (obrázek 6.12). Tato indikace ovšem nemůže sloužit k vertikální navigaci na konečném přiblížení a je v této fázi letu potlačena.

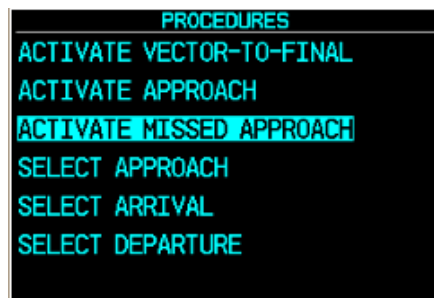


Obrázek 6.12 Indikace VDI

Postup nezdařeného přiblížení

Přechod do módu nezdařeného přiblížení je možné aktivovat dvěma způsoby. Nyní uvažujeme, že nezdařené přiblížení je prováděno z jiných důvodů, než ztráty navigační schopnosti.

- 1) První způsob je vhodný zejména v případě nutnosti nezdařeného přiblížení ještě před přeletem MAPt. Tlačítkem PROC na PFD se zobrazí nabídka PROCEDURES a v případě, že je již aktivní mód konečného přiblížení, tak je automaticky označeno ACTIVATE MISSED APPROACH. Potvrzením ENT se systém převede do módu nezdařeného přiblížení.



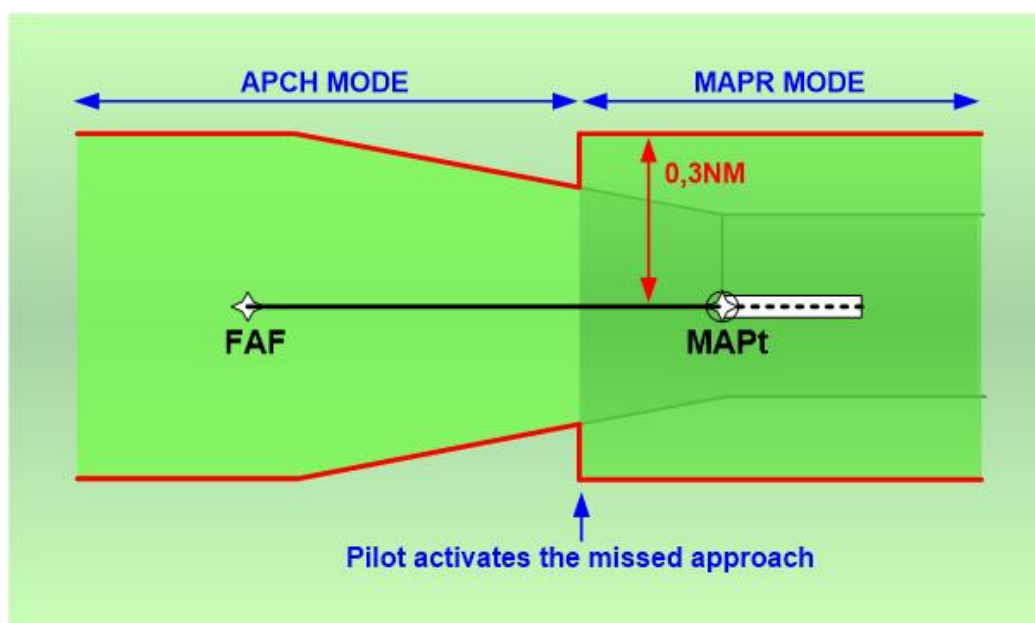
Obrázek 6.13 G1000 – aktivace postupu nezdařeného přiblížení

Systém indikuje aktivaci módu nezdařeného přiblížení nahrazením indikace módu konečného symbolem **MAPR**.



Obrázek 6.14 G1000 – indikace módu nezdařeného přiblížení

Trat'ové vedení pokračuje na MAPt **TB10F fap --> RW10 map** a maximální výchylka CDI (FSD) se okamžitě rozšiřuje na 0,3NM (Obrázek 6.15)

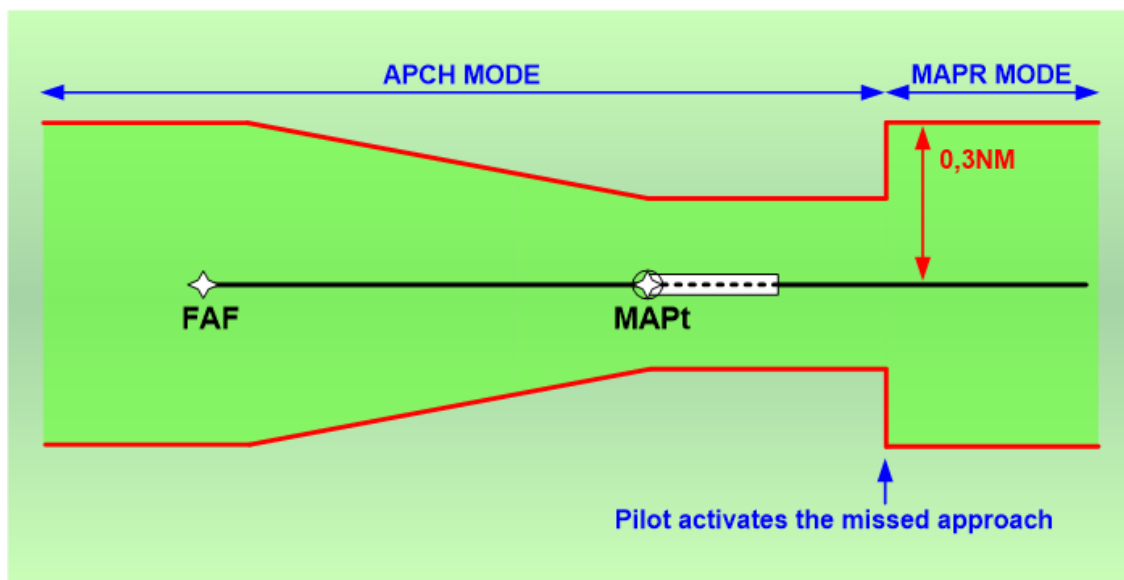


Obrázek 6.15 G1000 – aktivace nezdařeného přiblížení před FAF

- 2) Druhý způsob je možné použít po přeletu MAPt. V tomto případě se nad tlačítkem OBS na PFD zobrazí SUSP (obrázek 6.16) a po stisknutí se aktivuje mód nezdařeného přiblížení. Indikace pilotovi je stejná jako na obrázku 6.14. Dokud není mód nezdařeného přiblížení aktivován, pokračuje systém v navigaci přímo ve směru trati konečného přiblížení. Jak je patrné z obrázku 6.17, maximální výchylka CDI přechází do rozsahu 0,3NM okamžitě po aktivaci nezdařeného přiblížení.



Obrázek 6.16 G1000 – systém připraven na aktivaci módu nezdařeného přiblížení



Obrázek 6.17 G1000 – aktivace nezdařeného přiblížení po přeletu MAPt

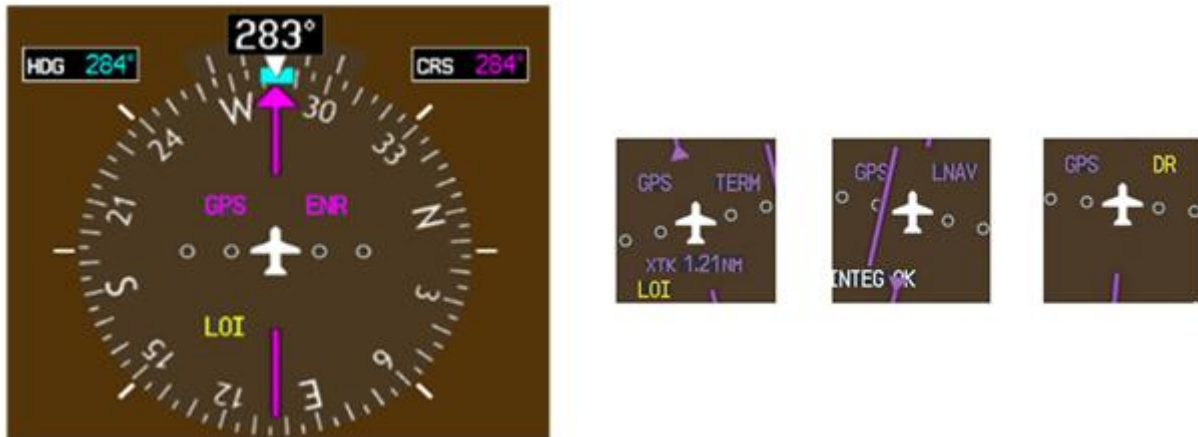
Pro oba způsoby aktivace módu nezdařeného přiblížení platí, že se aktivuje mód koncové oblasti **TERM** (Terminal) po splnění následujících podmínek:

- trať nezdařeného přiblížení odbočí ze směru tratě konečného přiblížení;
- následující úsek není CA, CD, CF, CI, CR, DF, FA, FC, FD, FM, IF, nebo TF;
- po jakémkoliv úseku nezdařeného přiblížení, který není CA nebo FA;

Varovné zprávy – ztráta navigační výkonnosti

Ztráta navigační výkonnosti je primárně indikována varováním **LOI** (Loss of Integrity) a ztrátou indikace břevna na HSI (obrázek 6.18). V traťovém módu může systém přejít na

výpočet **DR**, kdy je poloha dopočítávána z poslední známé polohy pomocí HDG a rychlosti. Hodnoty, které jinak normálně závisí na GPS poloze, jsou pak zobrazeny žlutě. Tento mód ovšem není aplikovatelný na přiblížení. Pokud je integrita opět obnovena zobrazí se na 5 sec.



Obrázek 6.18 G1000 – Ztráta navigační výkonnosti

Současně s **LOI** vydává systém varování, které se zobrazí po rozbalení nabídky **ALERTS** v pravém dolním rohu PFD. Varování mohou být:

ABORT APR – Loss of GPS navigation. Abort approach.

Přiblížení musí být přerušeno, GPS navigace není k dispozici.

LOI – GPS integrity lost. Crosscheck with other NAVS.

Ztráta integrity GPS, indikace GPS může být stále dostupná, ale není zaručena její integrita – je nutná kontrola jinými navigačními prostředky, nebo radarovým řídicím.

GPS NAV LOST – Loss of GPS navigation. Insufficient satellites.

Ztráta navigační výkonnosti z důvodu nedostatečného počtu satelitů

GPS NAV LOST – Loss of GPS navigation. Position error.

Ztráta navigační výkonnosti z důvodu chyby v poloze

GPS NAV LOST – Loss of GPS navigation. GPS fail.

Ztráta navigační výkonnosti z důvodu závady na přijímači GPS

Další varování může být ve spojení s vertikální navigací na přiblížení:

APR DWNGRADE – Approach downgraded.

Ztráta navigační výkonnosti pro vertikální vedení. Mohou být použita pouze LNAV minima.

7 Závěr

Přiblížení RNP se v současné době stává nedílnou součástí provozu letadel. Velká část leteckých dopravců má již postupy pro přiblížení RNP schválené a tato přiblížení jsou publikována na stále více letištích. Budoucí vývoj v této oblasti vidím v nahrazování stávajících nepřesných přístrojových přiblížení pomocí přiblížení APV. Vybavení výcvikových letadel bude stále více rozšiřováno o systém vertikální navigace, tedy v tomto případě o SBAS systémy. Velkým přínosem bude využití avioniky, která díky jednotné indikaci (shodné s ILS) umožní sjednotit standardní provozní postupy pro všechny druhy přiblížení. Příkladem může být Boeing IAN – Integrated Approach Navigation. Tento systém umožňuje pro přiblížení nahraná z FMC využití automatického letu v módu přiblížení (APP) a s indikací velmi podobnou ILS. Výsledkem by mělo být především zvýšení bezpečnosti a jednotné postupy pro přiblížení s vertikálním vedením k tomu jistě povedou.

Hlavním cílem této diplomové práce bylo zařadit přiblížení RNP do základního výcviku pilotů. Výsledkem jsou postupy pro výcvikové lety a návrh postupu zařazení výuky přiblížení RNP v letecké škole. Vzhledem k dnešní úrovni vybavení výcvikových letadel se postupy týkají pouze přiblížení LNAV, ale logickým krokem bude v budoucnosti výuku rozšířit o APV. Postupy byly navrženy pro standardní výcvikové lety v rámci integrovaného výcviku ATPL, IR a MEP IR a byly testovány a optimalizovány při výcvikových letech a na simulátorech avioniky. V rámci diplomové práce jsem provedl školení na postupy RNP přiblížení pro personál letecké školy F AIR. Hlavním tématem předletových postupů je predikce RAIM a zde diplomová práce navrhuje možnosti a přístup k predikci RAIM. Celý text diplomové práce tvoří ucelený přehled problematiky přiblížení RNP se zaměřením na letové postupy a může tak sloužit jako studijní materiál jak pro žáky, tak instruktory a lektory v leteckých školách. Věřím, že tímto byly vytyčené cíle diplomové práce splněny.

Seznam použité literatury

- [1] **AUGUR.** [Online] <http://augur.ecacnav.com/>.
- [2] **Australian Government - Civil Aviation Safety Authority.** Navigation using Global Navigation Satellite Systems (GNSS). *CAAP 179A-1*. [Online] 03 2006. www.casa.gov.au/download/caaps/ops/179a_1.pdf.
- [3] **Babic, Vasat.** RNAV Training Manual. *PPL/IR Europe*. [Online] 01 2008. <http://www.pplir.org>.
- [4] **Boeing.** 737 NG Flight Crew Training Manual. Boeing, 2013. Revision Number: 12.
- [5] **Boeing.** 737-600/-700/-800/-900. *Airplane Flight Manual*. místo neznámé : Boeing, 2012.
- [6] **Boeing.** 737-800 Flight Crew Operations Manual. 2013. Revision Number: 36.
- [7] **CAA of New Zeland.** AIP NEW ZELAND. [Online] <http://www.aip.net.nz/>.
- [8] **CAA UK.** Flying RNAV (GNSS) Non-Precision Approaches in Private and General Aviation Aircraft. *CAP 773*. [Online] 01. 08 2007. www.caa.co.uk/docs/33/CAP773.pdf.
- [9] **Carriker, Michael, a další.** Lateral and Vertical Navigation Deviation Displays. *Boeing*. [Online] 10 2001. http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/aero_16/navigation.pdf.
- [10] **Doc. Ing. Slavomír Vosecký, CSc.** *Radionavigace*. Brno : Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2006. ISBN 80-7204-448-6.
- [11] **Duka, Tomáš.** Postupy pro prostotovou navigaci - RNAV přiblížení. *Zpravodaj Řízení letového provozu České republiky STRIP*. 2014, 147.
- [12] **DW International.** [Online] <http://www.dwint.com/>.
- [13] **EASA.** AMC 20 – 27. *Annex III to ED Decision 2009/019/R of 16/12/2009*. místo neznámé : EASA, 2009.
- [14] **EASA.** AMC 20-26. *Annex II to ED Decision 2009/019/R of 16/12/2009*. místo neznámé : EASA, 2009.
- [15] **EASA.** AMC 20-28. *Annex II to ED Decision 2012/014/R of 17/09/2012*. místo neznámé : EASA, 2012.
- [16] **EUROCONTROL NAV Unit.** The European Concept for GNSS NOTAM. místo neznámé : EUROCONTROL, 2011. Edition V2.7.
- [17] **EUROCONTROL.** Airspace Concept Handbook for the Implementation of Performance Based Navigation (PBN). [Online] 04 2010. <https://www.eurocontrol.int/publications/airspace-concept-handbook-implementation-performance-based-navigation-pbn>.
- [18] **EUROCONTROL.** APV Baro Approach Operations Concept of Operations. místo neznámé : EUROCONTROL, 2009. Edition 1.
- [19] **EUROCONTROL.** APV SBAS Approach Concept of Operations. místo neznámé : EUROCONTROL, 2009. Edition 1.
- [20] **EUROCONTROL.** RNAV Approach Concept of Operations. místo neznámé : EUROCONTROL, 2008. Edition 1.
- [21] **Evropská komise.** EGNOS Safety of Life Service Definiton Document. [Online] Revision 2.0, 28. 06 2013. http://ec.europa.eu/enterprise/policies/satnav/egnos/files/egnos-sol-sdd-v2-0_en.pdf. ISBN 978-92-79-30800-0.
- [22] **Evropská komise.** *NAŘÍZENÍ KOMISE (ES) č. 859/2008*. 2008.
- [23] **Evropská komise.** *NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 965/2012*. 2012.
- [24] **FAA.** AC90-100compliance. [Online] 4. 4 2014. https://www.faa.gov/about/office_org/.../AC90-100compliance.xls.
- [25] **Garmin.** G1000 Pilot's Guide for Cessna Nav III. 2005. Rev. A.
- [26] **Garmin.** G430/G430A Pilot's Guide and Reference. místo neznámé : Garmin, 2003. Rev. G.

- [27] **Garmin.** G950 Integrated Flight Deck Pilot's Guide. 2010. Rev. A.
- [28] **GPS RAIM PREDICTION.** [Online] <http://www.raimprediction.net/>.
- [29] **ICAO.** Doc 8168 Volume II Construction of Visual and Instrument Flight Procedures. *Procedures for Air Navigation Services - Aircraft Operations.* místo neznámé : ICAO, 2006. Fifth edition.
- [30] **ICAO.** Global Navigation Satellite System (GNSS) Manual. místo neznámé : ICAO, 2005. First Edition.
- [31] **ICAO.** Performance Based Navigation (PBN) manual. místo neznámé : ICAO, 2013. ISBN 978-92-9249-175-8.
- [32] **Jeppesen.** Airway Manual. místo neznámé : Jeppesen, 2014.
- [33] **Jeppesen.** General. *Airway Manual.* 2014.
- [34] **Letecká informační služba.** AIC A 1/12. [Online] 2012. http://lis.rlp.cz/ais_data/www_main_control/frm_cz_aic.htm.
- [35] **Letecká informační služba.** AIC A 9/13. [Online] 19. 12 2013. http://lis.rlp.cz/ais_data/www_main_control/frm_cz_aic.htm.
- [36] **Letecká informační služba.** AIP ČR. [Online] http://lis.rlp.cz/ais_data/www_main_control/frm_cz_aip.htm.
- [37] **Letecká informační služba.** Postupy pro letové navigační služby. *Uspořádání letového provozu L4444.* 2011.
- [38] **Rabiller, B.** Progress report on the development of the navigation AMC 20 materials including the use of the VNAV capabilities. *JAA.* [Online] 02 2008. www.jaa.nl/secured/Operations/WGs/CNS-ATM/Meetings/%20340%20%2012-13%20February%202008%20-%20London%20Gatwick/RNAV%20approach%20AMC%20status%20feb%2008.ppt.
- [39] **Rocket Route.** [Online] [Citace: 28. 12 2013.] <http://www.rocketroute.com/>.
- [40] **Sarasota Avionics.** [Online] [Citace: 25. 10 2014.] <http://sarasotaavionics.com/images/productimages/GI-106A.jpg>.
- [41] **Tarnowski, Etienne.** FROM NONPRECISION APPROACHES TO PRECISION-LIKE APPROACHES: Methods and Operational Procedures. *flightsafety.org.* [Online] 10 2007. http://flightsafety.org/asw/oct07/precision_approaches_web.pdf?dl=1.
- [42] **Travel Service a.s.** OPERATIONS MANUAL part B BOEING B 737 NG (600-900) COMPANY PROCEDURES. 2013. Revision Number: 42.
- [43] **ÚCL.** SMĚRNICE CAA-SLP-031c-0-14. *postupy pro udělení / změnu schválení pro PROVOZ S NAVIGACÍ ZALOŽENOU NA VÝKONNOSTI PBN část 3. RNP APCH, RNP AR APCH.* [Online] 01. 05 2014. http://www.caa.cz/file/7311_1_1/.
- [44] **Úřad pro civilní letectví.** L 10/I, SVAZEK I - RADIONAVIGAČNÍ PROSTŘEDKY . *Letecký předpis O CIVILNÍ LETECKÉ TELEKOMUNIKAČNÍ SLUŽBĚ.* místo neznámé : Ministerstvo dopravy, 2012. Změna č. 87.
- [45] **Úřad pro civilní letectví.** L 8168 PROVOZ LETADEL - LETOVÉ POSTUPY. *Letecký předpis.* místo neznámé : Ministerstvo dopravy, 2010. Změna č. 4.
- [46] **Úřad pro civilní letectví.** L15. *Letecký předpis O LETECKÉ INFORMAČNÍ SLUŽBĚ.* místo neznámé : Ministerstvo dopravy ČR, 2011. Změna č.30.
- [47] **Wilde, John.** GNSS Information System for Europe -GISE. [Online] 19. 09 2011. <http://www.gps.gov/cgsic/meetings/2011/wilde2.pdf>.

Seznam obrázků

Obrázek 2.1 Trať RNAV	8
Obrázek 2.2 Celková chyba navigačního systému [31]	9
Obrázek 2.3 Navigační specifikace dle PBN manuálu.....	10
Obrázek 2.4 Aplikace přijímačů pro různé fáze letu [38]	15
Obrázek 2.5 CDI a HSI [40].....	16
Obrázek 2.6 ANP a RNP [4]	17
Obrázek 2.7 B737NG – Navigation Performance Scale [9].....	17
Obrázek 2.8 B737NG – demonstrováné RNP v závislosti na módu letu [5]	18
Obrázek 3.1 Ukázka NANU [28]	20
Obrázek 3.2 AUGUR – Terminal/Approach Tool [1].....	22
Obrázek 3.3 AC90-100A GPS RAIM Prediction [28]	23
Obrázek 3.4 Grid Display Tool [28].....	24
Obrázek 3.5 ICAO Flight Plan Tool [28].....	24
Obrázek 3.6 Výstup z ICAO Flight Plan Tool [28].....	25
Obrázek 3.7 Dispatcher Tool [12].....	25
Obrázek 3.8 Rocket Route – predikce RAIM [39].....	26
Obrázek 3.9 Vznik a distribuce RAIM NOTAM a EGNOS NOTAM [16].....	27
Obrázek 4.1 RNP AR na letišti Queenstown [7]	32
Obrázek 4.2 Schéma postupu RNP přiblížení s možnými FSD pro jednotlivé segmenty.....	33
Obrázek 4.3 Označení mapky přiblížení NDB s GPS overlay	34
Obrázek 4.4 GPS body na mapce přiblížení NDB s GPS overlay	34
Obrázek 4.5 Standardní přílet RNAV do Karlových Varů se specifikací RNAV 1 založeném na GNSS senzoru	35
Obrázek 5.1 RNAV (GNSS) přiblížení na dráhu 10 v Brně Tuřanech	38
Obrázek 5.2 RNAV (VOR DME or GNSS) přiblížení na dráhu 34 v Hurghadě.....	38
Obrázek 5.3 RNAV (RNP) přiblížení na dráhu 01 ve Washingtonu.....	39
Obrázek 5.4 Tabulka minim pro RNAV (RNP) Z RWY 7R na letišti Los Angeles Int.	39
Obrázek 5.5 Tabulka s minimy pro RNAV (GNSS) RWY 24 na LKPR obsahuje minima pro LNAV/VNAV a LNAV	40
Obrázek 5.6 Tabulka s minimy pro RNAV (GNSS) RWY 21 na LFBL obsahuje minima pro LPV a LNAV	40
Obrázek 5.7 Minima pro systémy v závislosti na zařízeních [23].....	41
Obrázek 5.8 Vertikální profil - metoda konečného přiblížení s postupným klesáním	43
Obrázek 5.9 Vertikální profil NON-CDFA konečného přiblížení [33].....	44
Obrázek 5.10 Vertikální profil CDFA.....	45
Obrázek 5.11 Tabulka pro kontrolu výšek na DME vzdálenosti [32].....	46
Obrázek 5.12 Vertikální profil CDFA[33]	46

Obrázek 5.13 B737NG – volba přiblížení z databáze	50
Obrázek 5.14 Přelet bodu FLY BY	50
Obrázek 5.15 Přelet bodu FLY OVER.....	51
Obrázek 5.16 TRACK TO FIX LEG (TF) – letadlo po přeletu bodu A nalétává trať danou spojnicí s bodem B.....	51
Obrázek 5.17 DIRECT TO FIX LEG (DF) – letadlo po přeletu bodu A točí přímo na bod B	51
Obrázek 5.18 COURSE TO FIX LEG (CF) – letadlo nalétává definovanou trať (traťový úhel) na traťový bod	51
Obrázek 5.19 RADIUS TO FIX LEG (RF) – trať mezi dvěma traťovými body po oblouku s definovaným středem a konstantním poloměrem	52
Obrázek 5.20 HEADING – letadlo po přeletu bodu točí a udržuje definovaný kurz (heading)	52
Obrázek 5.21 B737NG – CDU LEGS Page a ND v Plan Mode – kontrola nahrané procedury	53
Obrázek 5.22 B737NG – Nastavení VOR UPDATE OFF.....	53
Obrázek 5.23 Nalétnutí konečného přiblížení po publikované proceduře	54
Obrázek 5.24 DIRECT TO na IF	54
Obrázek 5.25 Vektorování na konečné přiblížení	55
Obrázek 5.26 Vektorování na úsek IF-FAF	55
Obrázek 5.27 Ukázka TAA tvaru Y [45]	56
Obrázek 5.28 Zobrazení TAA tvaru T v přibližovací mapce [45]	56
Obrázek 5.29 B737NG CDU RNP Progress Page – zobrazení údajů pro konečné přiblížení.....	57
Obrázek 5.30 B737NG – ND v rozsahu 10NM, obrázek vpravo – varianta s XTK (bíle pod symbolem letounu) a RNP, ANP indikací	58
Obrázek 5.31 Přechod do módu přiblížení – základní GPS přijímač.....	58
Obrázek 5.32 Přechod do módu přiblížení – SBAS GPS přijímač	59
Obrázek 5.33 Postup nezdařeného přiblížení pro RNAV (GNSS) RWY 04 na letišti Mošnov.....	62
Obrázek 5.34 Baro-VNAV odchylka od vertikální trati.....	65
Obrázek 5.35 A320 PFD – zobrazení indikátoru vertikální odchylky [41].....	65
Obrázek 5.36 Vliv teploty na úhel vertikální trati	66
Obrázek 5.37 Omezení minimální teploty pro baro-VNAV systémy bez korekce	67
Obrázek 5.38 Vznik a distribuce EGNOS NOTAM [21].....	69
Obrázek 5.39 Kanál LPV přiblížení	69
Obrázek 5.40 boční FSD pro LPV	70
Obrázek 5.41 Konstrukce přiblížení LPV – laterální FSD.....	71
Obrázek 5.42 FAS data block pro LPV přiblížení dráhy 10 v Tuřanech [36].....	73
Obrázek 5.43 Ukázka přibližovací mapy RNP přiblížení	74
Obrázek 6.1 Ukázka NOTAM – nedostupnost RNAV(GNSS) přiblížení	80
Obrázek 6.2 G1000 – GPS Status Page.....	82
Obrázek 6.3 Nabídka GPS Status Page	82
Obrázek 6.4 G1000 – volba SBAS.....	83

Obrázek 6.5 G1000 – platnost databáze	85
Obrázek 6.6 G1000 – predikce RAIM	86
Obrázek 6.7 Kontrola procedury během nahrávání.....	87
Obrázek 6.8 G430 – Chyba v aktivaci módu konečného přiblížení.....	88
Obrázek 6.9 Módy konečného přiblížení	88
Obrázek 6.10 G1000 – Varování LOW ALT	89
Obrázek 6.11 Indikace GS, GP a NO GP	89
Obrázek 6.12 Indikace VDI.....	90
Obrázek 6.13 G1000 – aktivace postupu nezdařeného přiblížení	90
Obrázek 6.14 G1000 – indikace módu nezdařeného přiblížení.....	91
Obrázek 6.15 G1000 – aktivace nezdařeného přiblížení před FAF.....	91
Obrázek 6.16 G1000 – systém připraven na aktivaci módu nezdařeného přiblížení	92
Obrázek 6.17 G1000 – aktivace nezdařeného přiblížení po přeletu MAPt	92
Obrázek 6.18 G1000 – Ztráta navigační výkonnosti.....	93

Seznam tabulek

Tabulka 2.1 Dokumenty FAA a EASA/JAA pro PBN	11
Tabulka 2.2 Přijímače TSO-C129 [33]	15
Tabulka 5.1 TSO pro LNAV	48
Tabulka 5.2 Traťové úseky.....	52
Tabulka 5.3 TSO pro LNAV/VNAV	63
Tabulka 5.4 TSO (SBAS) pro LNAV/VNAV.....	63
Tabulka 5.5 TSO pro LPV	68
Tabulka 6.1 Pole 10 letového plánu	78
Tabulka 6.2 Pole 18 letového plánu	79

Seznam příloh diplomové práce

Příloha 1 – Standardní provozní postupy pro výcvik RNP approach v letecké škole F AIR

Příloha 2 – Návrh výcvikové osnovy přiblížení RNP

Příloha 3 – Obrazec přiblížení RNP pro B737NG dle SOP společnosti Travel Service a.s.