

**KATEGORIZACIJA AERODROMA U BIH I MOGUĆA UNAPRIJEĐENJA PREMA ICAO PLANU ZA RAZVOJ  
NAVIGACIJE 2016-2030**  
AIRPORT CATEGORIZATION AND POSSIBLE IMPROVEMENTS IN ACCORDANCE WITH ICAO GLOBAL  
AIR NAVIGATION PLAN 2016-2030

**Muharem Šabić\***  
**Edvin Šimić\***

**Kategorizacija rada:** Stručni rad (Professional paper)\*

UDK 656.71“2016/2030“(497.6)

699.7.072“2016/2030“(497.6)

**SAŽETAK:** *Prema Global Air Navigation Plan-u sve zemlje članice ICAO-a trebaju provoditi programe poboljšanja u sistemima zrakoplovne navigacije u cilju povećanja sigurnosti, smanjenje emisije štetnih plinova, i u konačnici smanjivanje troškova i povećanje sveukupne efikasnosti sistema. U radu je dat pregled trenutnog stanja aerodroma u BiH te pregled postojećih sistema i opreme za instrumentalni prilaz. BiH je specifična u smislu određenih ograničenja, prvenstveno zbog same geolokacije aerodroma i karakteristika okolnog terena, te zbog meteoroloških uslova koji svi zajedno predstavljaju ograničenja za smanjivanje trenutnoj minimuma za pojedine procedure. Veliki broj članica ICAO-a rade na iznalaženju pojedinih rješenja koje bi doprijele povećanju kapaciteta i smanjivanju minimuma bez da se ugrozi sigurnost što će biti navedeno i u radu.*

**KLJUČNE RIJEČI:** *Globalni navigacioni plan ICAO, instrumentalni prilaz, ILS, procedure, minimumi.*

**ABSTRACT:** *According to the Global Air Navigation Plan, all ICAO member states should implement improvement programs in air navigation systems to increase safety, reduce emissions, and ultimately reduce costs and increase overall system efficiency. This paper presents an overview of the current state of the airport in BiH and a review of existing systems and equipment for instrument approach. BiH is specific in terms of certain conditions, primarily due to its airport geolocation and the characteristics of the surrounding terrain, as well as due to the meteorological conditions that together represent limitations for reducing the current minimum for certain procedures. A large number of ICAO members are working on finding specific solutions that will contribute to capacity improvement and decreasing minima without jeopardizing the safety, as it will be presented in the paper.*

**KEY WORDS:** *Global Air Navigation Plan, Instrument approach, ILS, procedure, minimums.*

## UVOD

BiH, poredeći sa regijom nema veliki broj putnika, međutim geografski položaj zemlje predstavlja značajan potencijal koji bi omogućio razvoj BH zrakoplovstva. Prvi letovi na Sarajevski Butmir krenuli su 1930. godine na liniji Beograd-Sarajevo-Podgorica. Godine 1969. se otvara današnji aerodrom nedaleko od prijašnjeg uzletišta. Mostarski aerodrom otvoren je za civilni promet 1965. godine. Godine 1984, aerodrom Mostar je proglašena alternativnim aerodromom za Međunarodni aerodrom Sarajevo tijekom Olimpijskih igara time stječući status međunarodnog aerodroma. Banjalučki aerodrom otvoren je 1976. godine. Iako je još početkom 1990. bilo civilnih letova iz tuzlanskog aerodroma, on je nakon rata za civilni promet otvoren tek 1998. BiH ima daleko najmanje zrakoplovnih putnika u regiji, tek 6,3% ukupnog broja putnika, prvenstveno u Banja Luci i Mostaru kao što možete vidjeti na Grafikonu 1.

---

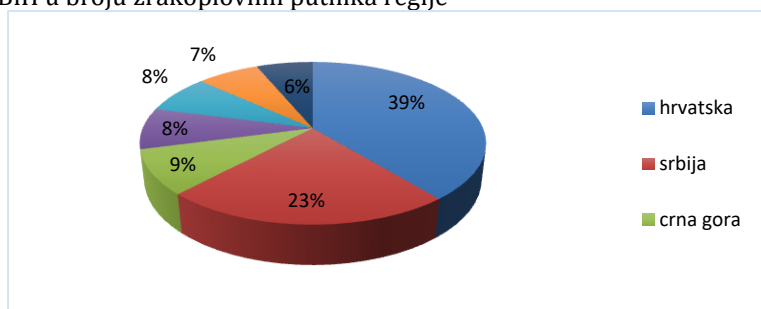
\* Prof. dr. Muharem Šabić, Fakultet za saobraćaj i komunikacije Univerziteta u Sarajevu

\* Edvin Šimić MA-dipl.inž.saobr., Fakultet za saobraćaj i komunikacije Univerziteta u Sarajevu

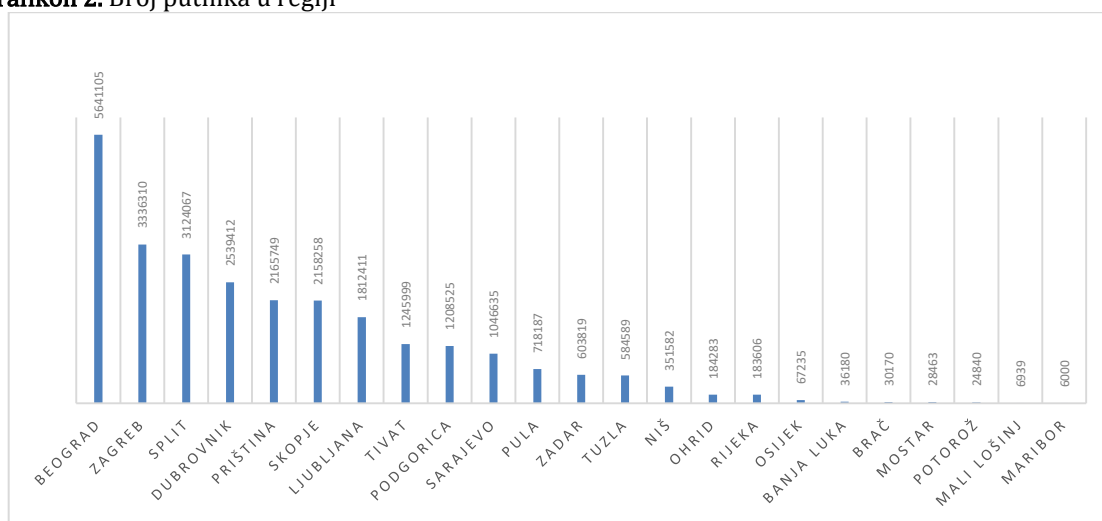
\*Prilmljeno / Received: 10. 06. 2019.

Prihvaćeno/Recenzirano /Accepted/ Reviewed: 19. 06. 2019.

**Grafikon 1.** Udio BiH u broju zrakoplovnih putnika regije

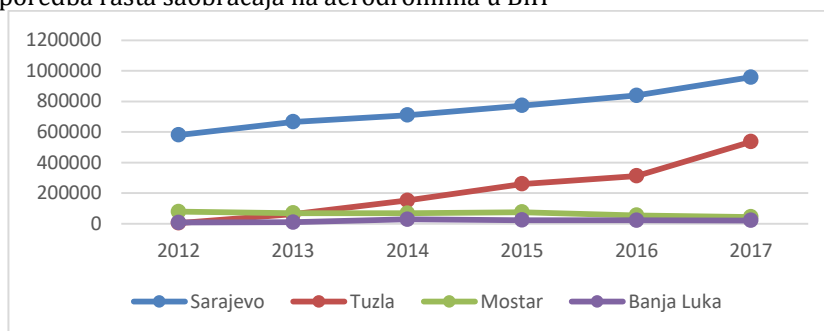


**Grafikon 2.** Broj putnika u regiji



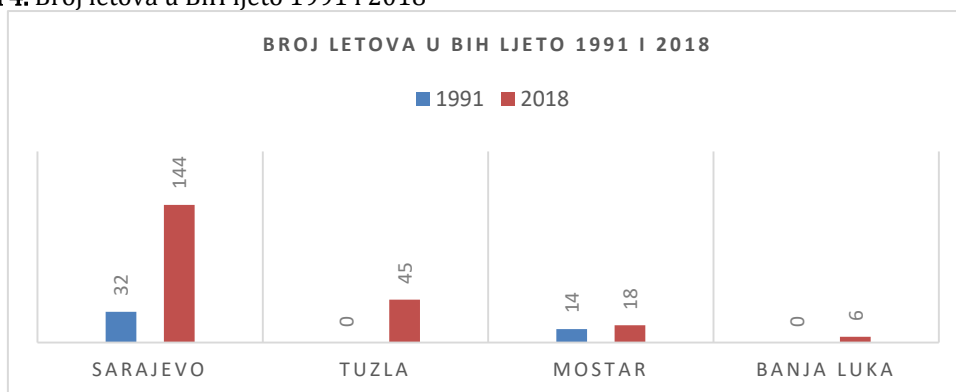
Na donjem grafikonu 3. možemo primjetiti značajan rast prometa na pojedinim aerodromima te stagnaciju drugih. U značajnom porastu su aerodrom Tuzla i Sarajevo. U posljednjih nekoliko godina broj putnika na aerodromu Tuzla se značajno povećava. U pet godina Tuzla je postigla broj od 530.000 putnika, dok je Sarajevo u istom tom periodu povećalo broj putnika za 378.000 putnika. Uzimajući u obzir ove podatke možemo reći da Tuzla zaista dostiže Sarajevo. Tako je u prošloj godini Sarajevo povećalo broj za 119.003 putnika, a Tuzla za 224.436 putnika. Prema ovim podacima Tuzla bih mogla dostići Sarajevo u naredne 4 godine kao što možete vidjeti na grafikonu ispod.<sup>15</sup>

**Grafikon 3.** Usporedba rasta saobraćaja na aerodromima u BiH



<sup>15</sup> BHDCA-Direkcija za civilno zrakoplovstvo/podaci o prometu aerodroma.

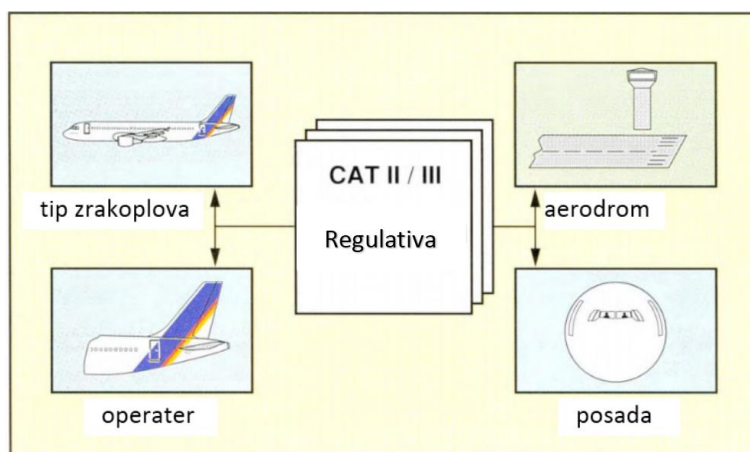
**Grafikon 4.** Broj letova u BiH ljeta 1991 i 2018



### 1. ZAHTEVI U POGLEDU UVOĐENJA VEĆE KATEGORIJE PRILAZA

Jedna od osnovnih pretpostavki povećanja kapaciteta aerodroma jeste i uvođenja preciznih prilaza tj. Smanjenje minimuma za operacije sljetanje/poljetanje, što bi u velikoj mjeri spriječilo pad prometa u zimskim danima kada imamo veliki broj dana sa vidljivošću manjoj od dozvoljene. Trenutno su na svim aerodromima u BiH postavljeni uređaji za precizni prilaz ILS kategorije I. Po dokumentima ICAO postoji niz zahtjeva u pogledu uvođenja pojedinih kategorija. U nastavku ćemo obrazložiti pojedine kategorije te njihova ograničenja i predložiti moguća rješenja. Za uvođenje kategorije II i III postoje strožiji zahtjevi:

- potrebu za dodatnom, pouzdanijom zemaljskom opremom i sistemima u zraku koji su u stanju voditi zrakoplov s većom tačnošću prema DA/ H i, prema potrebi, prema daljnjem sljetanju prema PSS-u.
- posebne zahtjeve za kvalifikaciju i osposobljavanje letačke posade
- strožiji kriteriji u pogledu nadvišavanja prepreka
- stanje terena prije praga (zbog funkcionisanja radio visinomjera
- strožiji kriteriji prilikom zaštite signala
- opremljenost PSS-a i rulnih staza adekvatnim osvetljenjem
- potrebu za sveobuhvatnijim vođenjem i kontrolom kretanja na zemlju u uslovima smanjene vidljivosti
- adekvatna oprema za spašavanja i vatrogasne operacije<sup>16</sup>



**Slika 1.** Zahtjevi u pogledu uvođenja CAT II i III kategorije

<sup>16</sup> Manual of All-Weather Operations, third edition, 2013, chapter 5.

Operacije pojedinih sistema za automatsko sljetanje su zavisna o radio visinomjeru. Na profil i gradijent snižavanja zrakoplova kao i udaljenost od konačne tačke dodira može značajno utjecati teren koji se nalazi neposredno prije praga PSS-a. Za kategoriju I ILS-a dovoljan je barometarski visinomjer, dok kategorija II i III zahtjevaju radarski visinomjer.

Kako bi se udovoljilo potrebama zrakoplova koji automatski prilaze i automatski slijeću (bez obzira na vremenske prilike), poželjno je izbjegavati promjene nagiba ili svesti ih na minimum, na pravougaonom području dugom barem 300 m ispred praga poletno-sletne staze s ugrađenim radarom za precizno prilaženje. Područje mora biti simetrično oko produžene središnje linije, širine 120 m. Kada to opravdavaju posebne okolnosti, širina se može smanjiti na minimalno 60 m ako aeronautička studija pokaže da takvo smanjenje ne bi utjecalo na sigurnost operacija zrakoplova. To je poželjno stoga što su ti zrakoplovi opremljeni radio visinomjerom za konačno navođenje po visini (leta) i poravnanja prije slijetanja. Kad je zrakoplov iznad terena netom prije praga, radio visinomjer započet će pružati informacije automatskom pilotu za automatsko poravnanje prije slijetanja. Kada se promjene nagiba ne mogu izbjeći, stopa promjene između dva uzastopna nagiba ne smije prijeći 2% na svakih 30 m.<sup>17</sup>

Međutim, pokazivanja radio visinomjera u preciznijim prilazima nekad ce biti potreba kada je zrakoplov čak i 8 km (5NM) od tačke sljetanja. Ukoliko je ovaj teren neravnan radio visinomjer može pokazivati neželjena odstupanja. Ukoliko su karakteristike terena marginalne za pojedini tip zrakoplova trebaju se izvesti ispitivanja koja bi otklonila mogućnost greške pri automatskom vođenju zrakoplova. Obično se rade testni letovi ili aeronautičke studije i analize. Također se ovo odnosi in a visinu vještačkih objekata koja može negativno utjecati na pokazivanje visinomjera.<sup>18</sup>

## 2. GLOBALNI ICAO NAVIGACIONI PLAN

U posljednjih nekoliko desetljeća, dogodila su se značajna poboljšanja u sustavu zrakoplovne navigacije, pri čemu su mnoge države i operateri počeli primjenjivati napredne satelitske procedure. Unatoč tim značajnim poboljšanjima pod nazivom navigacija temeljena na performansama (Performance-based navigation - PBN), značajan dio sustava globalne navigacije i dalje je ograničen konceptualnim pristupima koji su se razvili u 20. stoljeću. Rast zračnog prometa, kao i ograničeni kapaciteti zračnog prostora, odgovorni su za nepotrebno taloženje emisija plinova u atmosferi. Rješenje za ovaj problem jest potpuno usklađen globalni sustav zrakoplovne navigacije temeljen na suvremenim postupcima i tehnologijama<sup>19</sup> Iako su se na tehnološkom polju postigla razna važna otkrića, sustavi za navigaciju i dalje su u mnogim državama na razini rudimentarnih iz prošlog stoljeća. Kako bi bilo moguće unaprijediti navigacijske usluge u zračnoj plovidbi, potrebno je modernizirati postojeći tehnički sustav, ali isto tako i uvesti nove procedure koje će efikasno koristiti nove tehničke sustave. Kako bi državama članicama ICAO omogućio provođenje modernizacije navigacijskog sustava, donesena je metodologija unaprjeđenja avijacijskog sustava po blokovima (The Aviation System Block Upgrades - ASBU) koja zajedno sa svojim modulima jasno definira mogućnosti nadogradnje sustava prema stvarnim potrebama sustava, ovisno o kojoj se državi članici radi. Globalni navigacijski plan (Global Air Navigation Plan - GANP) izdan od ICAO-a, predstavlja smjernicu za postizanje vizije integriranog, harmoniziranog i globalno interoperabilnog sustava upravljanja zračnim prometom. Komponenta GANP-a su Blokovi unaprjeđenja sustava zračnog prometa (Aviation System Block Upgrade - ASBU) koji predstavljaju sveobuhvatni alat za planiranje implementacije novih tehnologija u zračnom prometu<sup>20</sup> Članice ICAO-a provode aktivno istraživanja u pogledu unaprjeđenja navigacijskih usluga (SESAR u Evropi, NextGen u USA, CARATS u Japanu, SIRIUS u Brazilu) vode se po ASBU metodologiji. Korištenje navigacijskog sistema temeljenog na performansama (PBN) i sistema za sljetanje (GBS) na zemlji, GLS procedure će povećati pouzdanost i predvidljivost pristupa pista, čime će se povećati sigurnost, pristupačnost i učinkovitosti. To je moguće kroz primjenu globalnog satelitskog navigacijskog sustava (GNSS), Baro-vertikalne navigacije (VNAV), satelitski sustav za poboljšanje kvaliteta pozicioniranja (SBAS) i procedura zasnovana na GBASU, GLS. Fleksibilnost svojstvena PBN pristupu može se iskoristiti za povećanje kapaciteta piste.

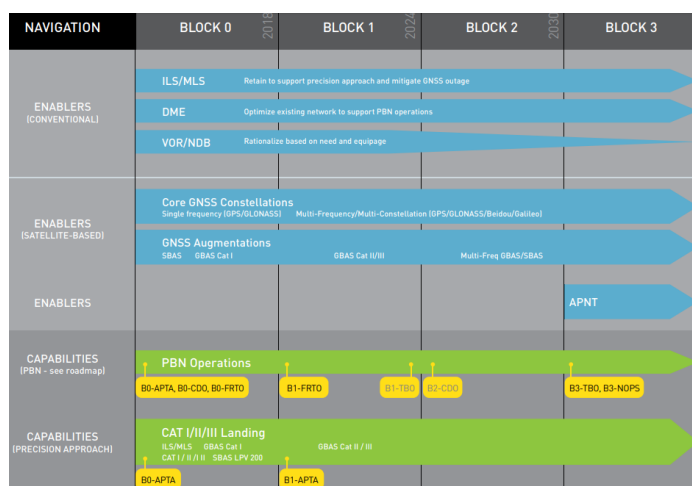
<sup>17</sup> Pravilnik o aerodromima BHDCA. Dostupno na: [www.bhdca.gov.ba](http://www.bhdca.gov.ba)

<sup>18</sup> ICAO Doc 9365 Manual of All-Weather Operations, 2007, Fourth Edition.

<sup>19</sup> ICAO, Draft 2016-2030 Global Air Navigation Plan, Doc 9750-AN/963, Fifth Edition, 2016., Montreal, Canada.

<sup>20</sup> Lutte, B. (2015). ICAO Aviation System Block Upgrades: A Method for Identifying Training Needs. International Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace

Za razliku od sistema za instrumentalno sljetanje, prilazi zasnovani na GNSSu (PBN i GLS) ne zahtijevaju definisanje i upravljanje osjetljivim i kritičnim područjima koja u konačnici omogućavaju veći kapacitet poletno sletne staze. Zbog nižih minimuma također će doći do smanjivanja troškova: manje otkazivanja, kašnjenja, čekanja u uslovima manje vidljivosti kao i fleksibilnost vođenja zrakoplova kako u vertikalnoj tako i u horizontalnoj ravni. Svaki operater zrakoplova tada može procijeniti koristi u odnosu na troškove potrebne za nadogradnju avionike. Međutim dok se ne uvede GBAS (CAT II / III) standardi, generalno GLS se ne može smatrati kandidatom za globalnu zamjenu ILS-a. SARP-ovi za GBAS CAT II / III su pod operativnom ispitivanjima. U toku su mnogobrojna istraživanja i razvojni projekti za uvođenje ovog standarda.<sup>21</sup> Donja slika prikazuje očekivani razvoj navigacije infrastrukture i avionike kroz ICAO-v okvirni plan navigacije 2016-2030.



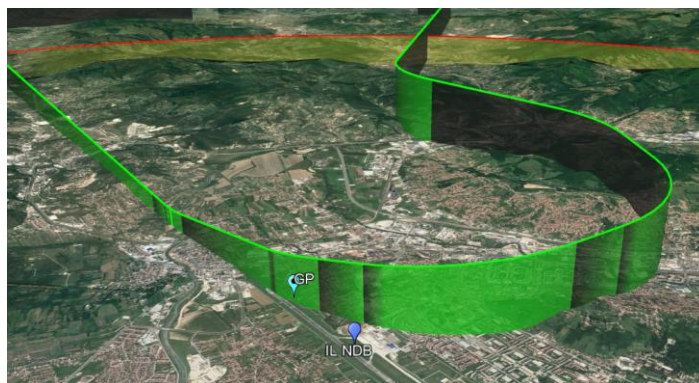
Slika 2. Razvoj navigacije, infrastrukture i avionike kroz ICAO-v okvirni plan navigacije 2016-2030

### 3. AERODROM SARAJEVO

Jedna od stvari koje ograničavaju BH aerodrome su svakako i vremenski uslovi koji značajno utiču na broj operacija, naročito na aerodromu Sarajevo, gdje u zimskom periodu se bilježi značajan pad operacija, naročito u jutarnjim i večernjim kada je najmanja vidljivost. Osim loše vidljivosti Sarajevski aerodrom ima i probleme sa ostalim meteorološkim pojava kao što su jake sniježne padavine, jak vjetar. 2018 je postavljen "anti-fog sistem" sistem za rasturanje tzv. pothlađene magle. Princip rada ovog sistema je da se nakon zamrzavanja, čestice rastu i povećavajući svoju težinu, potom padaju na zemlju u vidu kristala. Poznate metode razlikuju se po izboru reagensa i po tehnikama zasijavanja. Postoje dvije vrste tehnika zasijavanja, one kojima se zasijavanje radi iz zraka i one koje se sprovode sa zemlje. Zasijavanje iz zraka u većini slučajeva je efikasnije ali zbog složenog rada i visoke cijene koštanja, nije našlo širu komercijalnu primjenu. Sistem za rasturanje pothlađene magle koji je instaliran na MAS koristi se kao zasijavanje sa zemlje, te može postići zadovoljavajući efekt sistema. Ovaj sistem koristi za reagens tečni propan, jer ima niz prednosti u odnosu na druge poznate reagense koji se koriste u vještačkom utjecaju na vrijeme (srebrni jodid, tečni azot, suhi led. Međutim ovaj sistem se može koristiti samo u određenim uslovima tj. U određenom temperaturnom opsegu. Ovaj sistem se testirao u ranije u godinama od 82-84. Osim problema sa nepovoljnim meteo pojavama međunarodni aerodrom Sarajevo ima probleme sa procedurama odleta i doleta, koje su u velikom mjeri ograničene zbog nepovoljnog okolnog terena kao i značajne urbanizacije naročito u predjelu prije PSS-a. Trenutno Sarajevski aerodrom posjeduje CAT I kategoriju, tip ILS 381 frekvencije 110,70 MHz / antena GP: 330.2 sa identifikacijom BHS ILS/DME i lociran je na glide path anteni (Ch 44 X). Middle marker se nalazi na 900 m od praga staze 12 ugao poniranja je 3,2<sup>22</sup>

<sup>21</sup> 2016–2030 Global Air Navigation Plan, Doc 9750-AN/963 Fifth Edition – 2016.

<sup>22</sup> Sarajevo ATC Local Operational Instruction



**Slika 3.** Simulacija ILS instrumentalnog prilaza stazi 12. sa go-around procedurom.

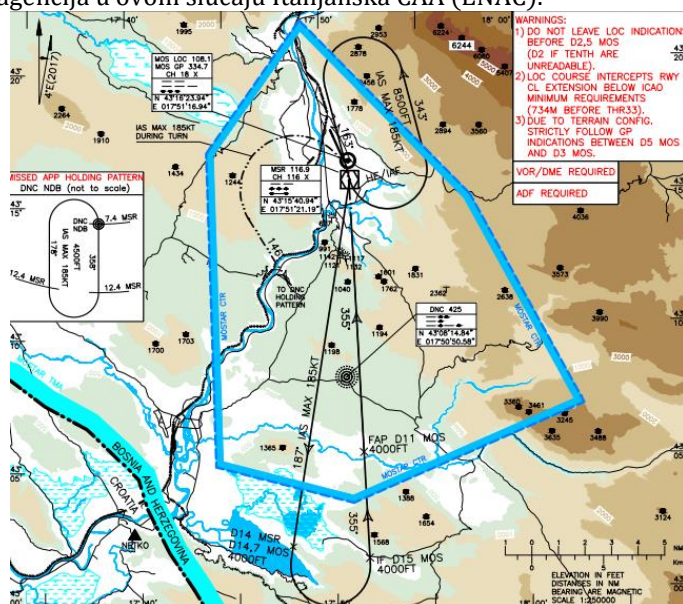
Planinski teren koji zahtijeva visoku preciznost prilaza i veliki ugao nagiba u postupku neuspješnog prilaza i slijetanja jedno je od važnijih ograničenja za Međunarodni aerodrom Sarajevo. Problem uvođenja većih kategorija je kompleksan, odnosno da nije samo jedan čimbenik uzrok nemogućnosti implementacije veće kategorije. Jedan od uzroka jeste teren prije praga. Postoji definirana udaljenost prije praga piste, koji mora biti ravan, zbog funkcionisanja radio visinometra, i na tom terenu bi se morao uraditi novi sustav prilaznih svjetala. U suštini svjetla bi se trebala graditi unutar naselja koje je ispred same poletno-sletne staze, što je još jedan ograničavajući faktor. Drugi bitan faktor su i procedure jer primjenom veće kategorije zrakoplovu se daje niži minimum ali problem bi nastao za Missed Approach proceduru jer bi tada MACG (kut penjanja u MA proceduri) morao odmah biti veći, što opet ograničavajuće jer imamo visok teren odmah nakon PSS-a tj u missed approach proceduri. Također jedan od problema Sarajevskog aerodroma jeste saobraćaj, poljetanja i sljetanja se provode u suprotnu stranu (polijeću sa staze 30 a sljecu na stazu 12) što značajno smanjuje kapacitet PSS-a. Slična situacija je na Slovenskom aerodromu Brnik, koji je izgledom jako sličan Sarajevu, te u studiji<sup>23</sup> koja je rađena uzeti su u obzir različiti tipovi zrakoplova. Studija je pokazala da pri slabijem intenzitetu saobraćaja kapacitet PSS-a nije ograničavajući faktor, te kapacitet naročito ovisi o kategoriji zrakoplova te o međusobnom vremenskom odnosu i vremenskom rasporedu broja zrakoplova koji sljecu ili poljecu.

#### 4. AERODROM MOSTAR

Aerodrom Mostar je smještena oko 7 kilometara jugoistočno od grada, gdje se nalazi poznati Stari Most, koji je upisan u listu svjetske baštine UNESCO-a zajedno sa starom jezgrom grada. Pored atraktivnog mosta i prirodnog toka rijeke Neretve uz koju se nalazi grad sa svojim teritorijem (broji preko 110 000 stanovnika), aerodrom ima puno veći potencijal kada se uzme u obzir vrlo važno religijsko odredište Međugorje, koje je udaljeno samo 16 km zračnom linijom. Agencija za pružanje usluga u zračnoj plovidbi BiH je zajedno za Zračnom Lukom Mostar 2010 godine pokrenula projekat instalacije sustava za instrumentalni prilaz i slijetanje (Instrument Landing System - ILS). Time se željelo povećati razina sigurnosti zrakoplovnih operacija, kao i ostvariti znatno povećanje operativnog kapaciteta (posebno u lošim meteo uvjetima) sa posebnim osvrtom na instrumentalne procedure prilaza. Dotadašnji operativni uvjeti zračne luke koja je okružena reljefom brda u smjerovima od 360° sa samo dvije atestirane procedure pružali su neprecizni instrumentalni prilaz uz pomoć nekoliko radio-navigacijskih uređaja (dva starija NDB uređaja i jedan DVOR/DME) što je rezultiralo značajnim ograničenjima u operativnom smislu zračne luke usprkos dobrim infrastrukturnim kapacitetima koji su bazirani na uzletno-sletnoj stazi (USS) 16/34 dimenzija 2400x49m uz rulnu stazu koja je paralelna sa uzletno-sletnom stazom cijelom dužinom (iako samo jedan dio rulnice ima dovoljnu širinu da zadovolji potrebe zrakoplova klase C). Kako bi se povećao instrumentalni kapacitet zračne luke, dovršena je instalacija potpuno novog ILS/DME uređaja (oznake "MOS" 108.1 MHz Ch 18X, firme Thales GmbH). Kompleksnost projekta implementiranja ILS sustava na mostarskoj zračnoj luci ogledalo se u tome što zbog složenog orografskog konteksta (brda u produžetku USS) nije bilo moguće elemente ILS sustava postaviti na uobičajeni način (da se zrakoplov vodi po putanji koja slijedi

<sup>23</sup> A. Grebensek, S. Pavlin (2004). "Calculation of the Runway Capacity of Ljubljana- Brnik Airport". Promet - Traffic - Traffico (PROMET-ZAGREB).

produžetak USS), već se odlučilo na specifično rješenje – kolokacija sva tri elementa ILS sustava. Kako bi se projekt realizirao, bile su potrebne posebne intervencije na izradi specijalne letne procedure za čiju je izradu angažirana talijanska kompanija Tecno Engineering iz Rima, koja je odabrana zbog svog velikog sakupljenog iskustva u implementaciji sustava kod zračnih luka koje imaju jednako kompleksno orografsko okruženje. Usluge su bile fokusirane ne samo na razvoj novih procedura za instrumentalno letenje, već i na preliminarnu identifikaciju arhitekture i lokacija već navedenih radio-sredstava, te specifično razvijene usluge kako bi se omogućio razvoj instrumentalnih procedura letenja uzimajući u obzir specifičan kontekst orografije zračne luke. Zbog toga su svi elementi novog uređaja (LLZ: Localizer – vodi zrakoplov po pravcu, GP: Glide Path – vodi zrakoplov po kutu poniranja/prilaza i DME (Distance Measuring Equipment) – mjeri i prikazuje u kabini zrakoplova udaljenost od praga piste) pozicionirani zajedno na otprilike 260 m istočno od ose piste i 60 m od praga piste koja se koristi za precizni instrumentalni prilaz. Ova konfiguracija elemenata ILS-a se razlikuje od standardne konfiguracije, kod koje se Lokalizer postavlja 300 metara izvan kraja sektora 'glide slope-a' i oko 300 metara iza praga (kraja) piste. Arhitektura koja je korištena je dakle gotovo jednaka onoj koju je TE2C usvojio za zračnu luku Aosta u Italiji (alpski dio sjeverne Italije), samo što je u mostarskom slučaju usvojeno odstupanje od 21° zapadno od smjera prilaza i centralne osi USS, te kutom poniranja od 3.2° slika 1. Na aerodromu AOSTA ravan prilaza odstupa od pravca staze za 4.54 stepena, te ugao prilaza je dosta strm oko 5 stepeni. Posada također mora biti obučena, kao i što i zrakoplov mora biti opremljen da bi se mogla izvesti ova procedura. U ovom slučaju dozvole izdaje lokalna regulatorna agencija u ovom slučaju Italijanska CAA (ENAC).



Slika 4. Prilaz Mostar IGS-X RWY33,specijalna procedura

Nove instrumentalne procedure su "precizne" (Instrument type Guided System - IGS) i "neprecizne" (LOC ONLY tip, koji se koristi u slučaju nedostupnosti ili kvara Glidepath sistema kada zrakoplov nema informaciju o uglu prilaza) koriste „racetrack“ ili „base turn“ putanje koje imaju različite početne tačke i proračunate su da omoguće ulazak zrakoplova u putanju procedura iz različitih pravaca a kako bi se optimizirao promet. U martu iste godine je uz tehnički nadzor proizvođača sustava Thalesa i TE2C na zemlji, agencija SMATSA (ATS agencija Srbije i Crne Gore) izvela kalibracijske testove u letu i certifikaciju nove opreme kao i letnu validaciju novih instrumentalnih prilaznih procedura, odnosno, aktivnosti za koje je TE2C pružio direktnu 'on board' tehničku pomoć prilikom radio-mjerenja.<sup>24</sup>

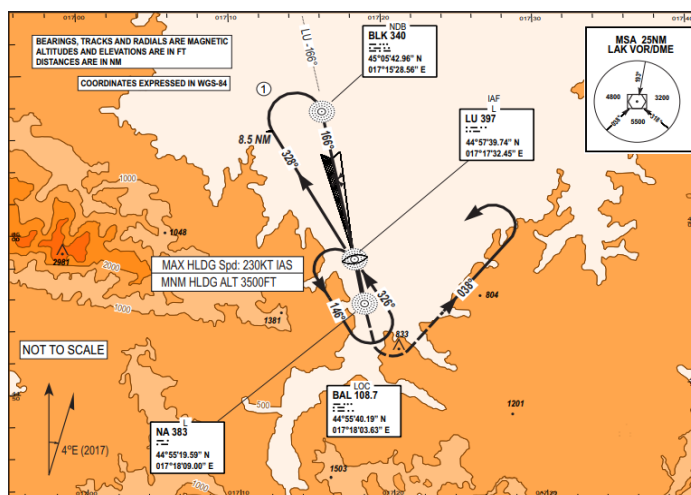
Osim što postoje neadekvatni orografski uslovi, prilaz za stazu 34 ne vodi direktno prema osi piste, nego je u uglu od 21 stepen o ose, te poslije VOR-a koji se nalazi u blizini praga piste nakon ostvarenog vizuelnog kontakta zaokreće u finalnu osu piste 34. Tome otežava također i činjenica da od sredine

<sup>24</sup>Journal JP4 Mensile di Aeronautica e Spazio.

jeseni do proljeća na području aerodroma Mostar često postoji jak vjetar iz pravca sjeveroistoka. Također zbog svog položaja ne postoji instrumentalni precizni prilaz za stazu 16.

## 5. AERODROM BANJA LUKA

Aerodrom Banja Luka je aerodrom u Bosni i Hercegovini koja služi gradu Banjoj Luci. To je uz sarajevski i tuzlanski, najveći aerodrom u Bosni i Hercegovini. Nalazi se u Mahovljanima, 23 km od Banje Luke. Zbog toga se naziva i aerodrom Mahovljani. Izgradnja aerodroma započela je 1976. Izgrađen je za kapacitete koji su bili potrebni za zračno povezivanje teritorija bivše Jugoslavije. 90-ih godina 20. stoljeća dolazi do raspada SFRJ, te dolazi i do rata u BiH, koji završava potpisivanjem Daytonskog sporazuma. Time je osnovan entitet Republika Srpska, sa Banjom Lukom kao upravnim središtem. Time je porasla važnost ovog aerodroma. 18. novembra 1997. Aerodrom je otvoren za civilni promet. Na donjoj slici možemo vidjeti instrumentalni prilaz za stazu 17 koja je opremljena ILS sistemom kategorije 1 identifikacije BAL frekvencije 108,7. Banja luka ima jako dobru geografsku lokaciju po pitanju terena zajedno sa aerodromom u Tuzli, te ima najmanje minimume OCA/H od svih aerodroma u BiH, dok Sarajevo i Mostar imaju strožije zahtjeve po pitanju terena, te postoji mogućnost uvođenja većih kategorija preciznih prilaza.



Slika 5. Prilaz ILSz RWY17

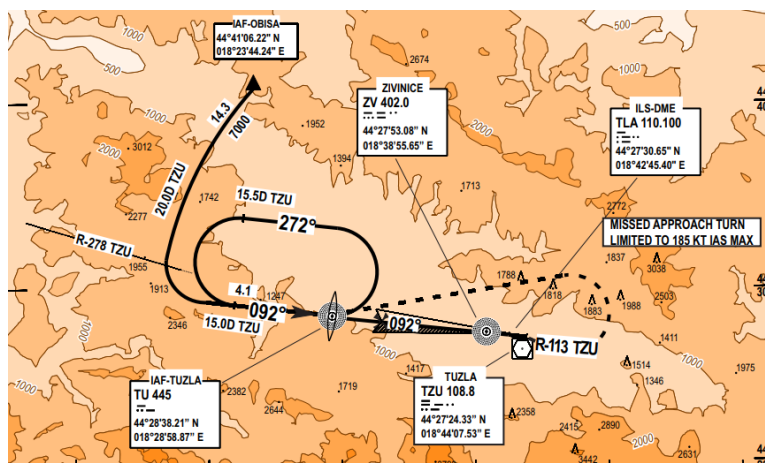
## 6. AERODROM TUZLA

JP Međunarodni Aerodrom Tuzla je osnovan od strane Skupštine Tuzlansko – Podrinjskog Kantona Zakonom o Osnivanju JP Međunarodni Aerodrom Tuzla – aerodrom Luka Dubrave 1998. godine. Na osnovu Daytonskog mirovnog sporazuma i Memoranduma o Razumijevanju potpisanog između Vijeća Ministara BiH i mirovnih snaga IFOR – a, iste godine aerodrom je otvoren za civilni zračni promet i služio je kao zajednički vojno / civilni aerodrom. U periodu od 10.10.1998 do 01.12.2006 godine, JP Međunarodni Aerodrom Tuzla je tri puta zatvaran za civilni zračni promet od strane međunarodnih vojnih mirovnih snaga koje su zračnu bazu Dubrave prioritarno koristile za vlastite zračne operacije. 01.12.2006 godine međunarodne mirovne vojne snage su u potpunosti napustile zračnu bazu Dubrave. Nakon odlaska međunarodnih mirovnih vojnih snaga, JP Međunarodni Aerodrom Tuzla je osigurao tehničke uslove za ispunjavanje ICAO (Međunarodna Organizacija za Civilnu Avijaciju) standarda i 05.06.2008. godine stekao privremeni Certifikat za Javnu Upotrebu aerodroma u međunarodnom zračnom prometu u trajanju od godinu dana. Sticanjem ovog Certifikata aerodrom je otvoren za civilni zračni promet. Provedbom inspeksijskog nadzora ovlaštenih institucija za civilnu avijaciju BiH, 05.06.2009. JP Međunarodni Aerodrom Tuzla je stekao Certifikat za javnu upotrebu u međunarodnom zračnom prometu na neograničeni period trajanja.<sup>25</sup> Jedna od velikih investicija je bilo i postavljanje prilaznih svjetala koja omogućavaju sljetanje po smanjenoj vidljivosti CAT I za stazu 09. Svjetla su u funkciju puštena 2016. godine. Svjetla su postavljena u dužini od 720 metara, a nakon

<sup>25</sup> [www.tuzla-airport.ba](https://www.tuzla-airport.ba). Dostupno na: <https://www.tuzla-airport.ba/o-nama/>.



rešavanja imovinsko-pravnih odnosa na jednom dijelu, predviđeno je širenje ove linije za još 160 metara.



Slika 5. ILS W RWY 09, MISSED APP 2.5%

## 7. UČINAK NAVIGACIJSKIH PERFORMANSI NA MINIMUME U SLIJETANJU

Tačnost, integritet i kontinuitet sustava za navođenje i upravljanje u zraku i na zemlji općenito određuju veličinu područja u kojem se moraju razmotriti prepreke. Precizniji sistem će zahtjevati manju površinu. Kao opće pravilo, manje područje znači da je potrebno razmotriti manje prepreka, što općenito rezultira manjim visinama nadvišavanja prepreka i manjim minimumima za sljetanje (npr manji DA/H ili MDA/H i vidljivost/RVR). Gdje prepreke nisu ograničavajuće, minimalna visina na koju se prilaz može nastaviti bez vanjske vizualne reference odredit će se performansom cjelokupnog sustava, a opće pravilo je da će to da će bolje performanse omogućiti manje minimume. Međutim, pojavili su se noviji sustavi, kao što su MLS i GLS, kao zamjene za ILS. Kontinualno razvijanje zemljanih i zračnih sistema dovodi do dinamičnih izmjena cjelokupnog sistema. Dolazi do razvijanja koncepta PBN-a koji je detaljno opisan u Priručniku za navigaciju baziranu na performansama zrakoplova (Performance Based Navigation Manual) - ICAO Doc 9613. Apsolutna visina odnosno visina nadvisivanja prepreka, proračunava se na temelju prepreke u prilazu ili prepreke koja najviše zadire u površine neuspjelog prilaznja. U kartama za instrumentalno prilaznja apsolutna visina nadvisivanja prepreka utvrđena je u odnosu na srednju razinu mora (OCA), a visina nadvisivanja prepreka u odnosu na nadmorsku visinu aerodroma (OCH). Nadvisivanje prepreka je prva sigurnosna stavka koje se uzima u obzir prilikom izrađivanja instrumentalnih prilaznih procedura. Apsolutna visina, odnosno visina nadvisivanja prepreka, proračunava se na temelju prepreke u prilazu ili prepreke koja najviše zadire u površine neuspjelog prilaznja. U kartama za instrumentalno prilaznja apsolutna visina nadvisivanja prepreka utvrđena je u odnosu na srednji nivo mora (OCA-Obstacle Clearance Altitude), a visina nadvisivanja prepreka, u odnosu na nadmorsku visinu aerodroma (OCH-Obstacle clearance height).<sup>26</sup> U nastavku ćemo uporediti OCH/A za aerodrome u BiH za kategoriju zrakoplova C.

Tabela 1. Minimalna visina nadvišavanja prepreka aerodroma u BiH

Aerodrom	OCA	OCH(visina iznad aerodroma)
Mostar	1984	1830
Tuzla	1390	625
Sarajevo	2560	919
Banja Luka	620	244

Normalne procedure rađene su na osnovu minimalnog gradijenta penjanja od 2.5 stepena. Uz odobrenje nacionalnih regulatora veći gradijenti mogu biti dozvoljeni te odnosi se na zrakoplove koji svojim performansama mogu ispuniti ove zahtjeve.<sup>27</sup>

<sup>26</sup> Naredba o pravilima letenja, službeni glasnik BiH.

<sup>27</sup> Aircraft Operations. Volume I - Flight Procedures.

Na gornjoj tabeli možemo vidjeti minimalne visine nadvisivanja za pojedine aerodrome u BiH, u tabeli su uzete procedure gdje referentni gradijent penjanja 2.5 %. Možemo zaključiti da najpovoljnije uvjete u smislu nadvišavanja prepreka i terena jest aerodrom Banja Luka koji ima najmanju visinu nadvišavanja od 244 ft. Kod svih aerodroma koristi se CAT I kategorija, osim što u Mostaru imamo slučaj da je prilaza nazvanog IGS ( Instrument Guided System) što je zapravo klasični ILS sistem, osim što neki parametri nisu u standardu u ovom slučaju govorimo o laterlanom uglu prilaza koji nije u ravni produžene poletno sletne staze. Minimumi za IGS znatno su veći nego za ILS što možemo i vidjeti na tabeli.

Na sljedećoj tabeli možemo primjetiti udaljenosti i podatke o poljetno-sletnim stazama u BiH. Duljina uzletno-sletne staze određuje se prema karakteristikama mjerodavnog aviona za koji je planiran ili se planira aerodrome. Mjerodavan avion za utvrđivanje duljine staze je one avion za koji se planira da će se dovoljno često pojavljivati na određenom aerodromu da ulaganje bude isplativo, a čije su performanse takve da uz planirani plaćeni teret i potrebno gorivo za put iziskuje najdulju uzletno-sletnu stazu u odnosu na druge avione<sup>28</sup>. To može biti i avion neke nove, očekivane generacije i tada je potrebno ostaviti mogućnost produljenja staze.

**Tabela 2.** Dužine poletno-sletnih staza u BiH

Aerodrom	Dimenzije PSS-a	TORA/LDA
Mostar	2400x49	2400/2400
Tuzla	2484x45	2464/2464
Sarajevo	2600x45	2600/2500
Banja Luka	2500x45	2500/2500

**Tabela 3.** Ugao ravni poniranja na BH aerodromima

Aerodrom	Ravan poniranja
Mostar	5,9%-3,4
Tuzla	5,2%-3,0
Sarajevo	5,6%-3,2
Banja Luka	5,2%-3,0

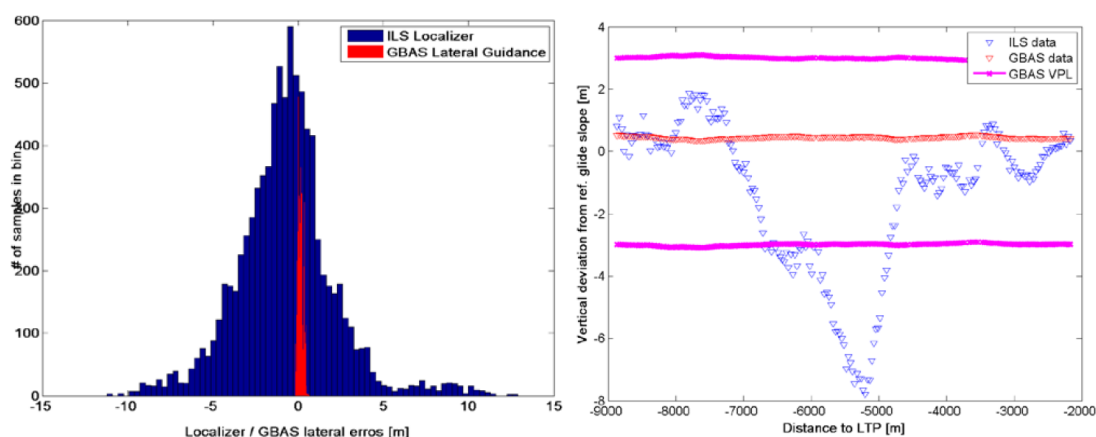
Alternativni aerodrom je izraz kojim se u aviosaobraćaju označava rezervni obližnji aerodrom na koji avion može da sleti u slučaju vanredne situacije. U komercijalnom smislu, za putnike, to je bilo koji izabrani aerodrom u blizini željene destinacije, a da nije glavni aerodrom. Zbog velikog broja maglovitih dana u jesenjim i zimskim mjesecima i smanjene vidljivosti, zrakoplovi često ne mogu slijetati na sarajevski aerodrom. S te strane promatrano, zrakoplovnim kompanijama koji lete prema sarajevu je potrebna alternativni aerodrom, međutim aerodromi ne mogu direktno utjecati na aviokompanije o odabiru alternativnog aerodroma, odnosno to je njihova odluka. Za svaki let svaka kompanija ima unapred određene alternacije. U najvećem broju slučajeva njihov je izbor da se zrakoplov u slučaju nemogućnosti spuštanja u Sarajevo, vraća na polaznu tačku. U rijetkim slučajevima alternativne su zračne luke u susjednim državama koje imaju veći promet. Prihvatanje saobraćaja u danima kada je smanjena vidljivost na Sarajevskom aerodromu znatno bi popravilo situaciju na ostalim aerodromima u BiH.

## 8. PRIJEDOG RJEŠENJA

Zemaljski sustav dopune (GBAS, engl. Ground Based Augmentation System) pokriva lokalna područja na zemlji, a svoj rad temelji na signalima sa zemaljskih postaja. GBAS zemaljske postaje prate signale sa satelita na nekom aerodromu i odašilju poruke integriteta, ispravke pseudoudaljenosti i podatke za prilaz koje su značajne na užem lokalnom području, najčešće u radijusu 20 NM (37 km) od postaje. Jedna takva postaja može osigurati istovremeno vođenje 49 zrakoplova u prilazu, opslužujući više uzletno-sletnih staza, a moguće i više od jednog aerodroma. Sastoji se od dva do četiri GNSS referentna prijarnika (GNSS Reference Receivers), VHF Data Broadcast (VDB) odašiljača čiji se raspon frekvencija kreće od 108.025 MHz do 117.950 MHz, sustava za nadzor (monitoring system) i

<sup>28</sup> Pavlin, S.(2011) Aerodromi II,Sveučilište u Zagrebu.Fakultet Prometnih Znanosti.

bazu podataka prilaza (Approach Database). GBAS sustav je osmišljen tako da omogućava precizni prilaz u blizini aerodroma gdje je instaliran (radius oko 23nm) na način da šalje poruku s ispravkama ili upozorenjem preko VHF stanice na zemlji. Svojom točnošću i dostupnosti je velika konkurencija ILS-u, pogotovo kategoriji I. Demonstrirana preciznost pozicije GPS-a sa GBAS proširenjem je 1 m u obje osi (vertikalnoj i horizontalnoj)<sup>29</sup> Koristeći ove informacije koje je dobio od satelita, prijemnik vrši korekcije. Trenutno je GBAS certifikovan za CAT I precizni prilaz, međutim Single European Sky ATM Research (SESAR Programme) radi na razvoju GBAS sistema koji bi omogućio uvođenje kategorije CAT II/III. Sistem kategorije I je već ugrađen na nekoliko aerodroma u Evropi: Bremen, Malaga, Frankfurt, Zurich. Ovaj sistem je planiran kao zamjena za ILS ili MLS sisteme, štaviše GBAS oprema se pokazala jeftinija od ILS kako u smislu nabave tako i održavanja i inspekcije<sup>30</sup> Na aerodromu Braunschweig-Wolfsburg u sjevernoj njemčkoj rađena je studija u kojoj su poredili signale GBAS sistema i ILS-a te su ustanovili da je mnogo veća preciznost. U studiji je čak ILS nekada pokazivao i greške koje su veće od zaštitnih granica GBAS sistema, slika. U studiji nisu uzimane oscilacije u jonosferi.<sup>31</sup>



Slika 6. Mjerenja signala ILS i GBAS-a (lijevo- lateralna odsupanja, desno-vertikalna odstupanja)

Bitno je naglasiti da GBAS avionika koristi samo one GPS satelite za koje prima prikladne zemaljske korekcije. Ako zemaljska infrastruktura GBAS-a odredi da postoji potencijalni problem s nekim od satelita ili ako nije u mogućnosti pratiti satelit, prestaje slati ispravke za taj satelit sprječavajući tako GBAS avioniku da koristi ispravke tog satelita. Ažurirane ispravke se šalju dva puta svake sekunde i moguće su opskrbiti do 48 prilaza ili odleta u radijusu od rutne faze kroz prostor terminala do prilaza i slijetanja. Jedna GBAS postaja može pokrivati više istih ili različitih smjerova piste i oba praga piste. Također ako postoji aerodrom u blizini aerodroma opremljenog GBAS sustavom, isti se može koristiti i za taj drugi aerodrom. Upotrebom GBAS-a jednostavno se mogu izmještatati pragovi piste. GBAS bi omogućio redukciju separacije u finalnim prilazima, te bi omogućio procedure koje bi smanjile zagađenje buke tako što bi se putanje leta mogle optimizirati i u lateralnom i vertikalnom smislu. Međutim trenutna verzija GBAS-a ima operativnu dozvolu samo za korištenje u vremenskim uvjetima s minimalnom visinom do 200 ft iznad zone dodira (touchdown). Ostali nedostaci GBAS-a su preciznost tj. ovaj sustav je precizniji od VOR-a ali trenutno ne od ILS kategorije III. Još jedna razlika između ILS-a i GBAS-a je u tome što ILS sustav predstavlja 3D ploha koja se sužava prema pragu tj. središnjici piste, dok je ploha GBAS sustava, gledano iz tlocrta, ravna tj. pravokutnog je oblika (Slika 10).<sup>33</sup>

<sup>29</sup> Ground Based Augmentation System (GBAS), Federal aviation Administration site. Dostupno na: [https://www.faa.gov/about/office\\_org/headquarters\\_offices/ato/service\\_units/techops/navservices/gnss/laas/](https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/laas/).

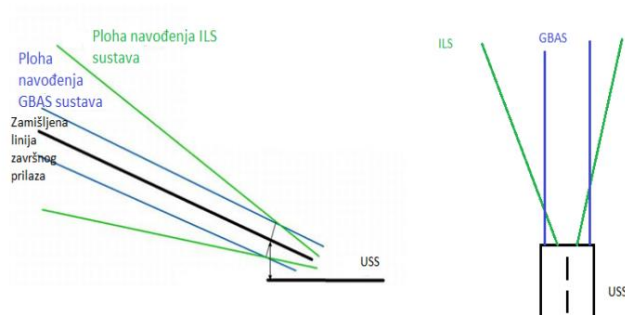
<sup>30</sup> Ambrožová, Pleninger (2013): Implementation of GBAS system at the Václav Havel airport

<sup>31</sup> Felux et al. (2013): GBAS Approach Guidance Performance – A comparison to ILS. German Aerospace Center

<sup>32</sup> Satellite Navigation – GBAS, Federal aviation Administration site. Dostupno

na: [https://www.faa.gov/about/office\\_org/headquarters\\_offices/ato/service\\_units/techops/navservices/gnss/laas/](https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/laas/).

<sup>33</sup> Paulo Alexandre Ferreira Esteves (2007). Operational Evaluation of a GBAS system, Technical University of Lisbon.



Slika 7. Ravan navođenja ILS i GBAS sistema

## 9. ZAHTJEVI PRILIKOM IMPLEMENTACIJE

Odluka o postavljanju GBAS sustava utječe na pojedina područja aeronautičke zajednice te da bi postavljanje bilo uspješno mora se proći kroz niz analiza. Jedan od glavnih zahtjeva prilikom postavljanja je analiza omjera uloženog i dobivenog. U analizi tog omjera obavezne točke koje se uzimaju u obzir su:

- Broj zrakoplova operativno spremnih za GBAS sustav;
- Broj operatora zrakoplova obvezanih na sposobnost modernizacije GBAS sustava;
- Statistička analiza meteoroloških uvjeta;
- Procjena rasta zračnog prometa;
- NAVAIDs koji podržava instrumentalni prilaz;
- Planirane promjene postojećih NAVAIDs;
- Procjena stvarnih operativnih zahtjeva aerodroma.<sup>34</sup>

Osim što je potrebno istraživanje utjecaja atmosfere na postavljanje GBAS sustava, za uspješnu implementaciju potrebno je provesti testiranja i trening osoblja. Prijelazak na GBAS sustav predstavlja značajne promjene za avijaciju i potreban je drugačiji pristup regulacijama usluga i operacija zrakoplova te za uspješnu implementaciju obuka osoblja je ključna i mora sadržavati:

- Regulatora koji su odgovorni za ažuriranje propisa uključujući GBAS operacije;
- Kreatore procedura koji su odgovorni za dizajn novih GBAS procedura;
- ATS (Air traffic services) usluge zračnog prometa koje su odgovorne za nadzor zračnog prostora;
- AIS (Aeronautical information services) zrakoplovne informacijske usluge, odgovorne za obavijest pilotima (NOTAM) i bazu podataka;
- Pilote;
- Operatora aerodroma koji je odgovoran za rad novog GBAS sustava i njegove infrastrukture;
- Standarde plovibnosti koji služe za odobravanje avionske opreme;
- NAVAIDs osoblje održavanja koje je odgovorno za održavanje GBAS stanice.

GBAS poboljšanje je vrlo kompleksan sustav te zahtijeva uz, već navedene, još niz parametara koji moraju biti analizirani prije samog postavljanja. Prilikom nabavke i instalacije GBAS zemaljskog sustava ta faza sadrži pojedine aktivnosti koje uključuju:

- Identifikaciju GBAS proizvođača;
- Odobravanje informacije od proizvođača;
- Definiciju tehničkih i logističkih zahtjeva;
- Odobravanje prijedloga proizvođača;
- Izbor najboljeg prijedloga i potpisivanje ugovora;
- Instalaciju i konfiguraciju stanice;
- Test sustava na zemlji i u zraku;
- Puštanje u rad.

<sup>34</sup> ICAO: Guide for ground based augmentation system implementation, 2013.

## ZAKLJUČAK

*Aerodromi u BiH po svojoj geolokaciji imaju jako velik značaj kako u regionalnom tako i širem smislu, te imamo porast saobraćaja iz godine u godinu. Aerodromi koji su postojali i koristili se kao vojni u SFRJ sada se transformišu u civilne aerodrome, koji imaju vrlo dobre fizičke karakteristike, te uz ne mnogo ulaganja mogu se napraviti uslovi za adekvatne usluge. Jedna od stvari na koju treba obratiti pažnju jeste i radionavigaciona rješenja koja bi za posljedicu dozvolila veći broj operacija u kompleksnim terenskim i meteouvjetima. Razvoj tehnologije značajno utiče na aviosaobraćaj i sve veći broj zrakoplova praktično autonomno vrše veliki broj operacija. Jedan od uvjeta za takvo vođenje jeste i visok stepen integriteta, tačnosti i pouzdanosti sistema kako na zrakoplovu tako i na zemlji. Jedan trenutnih primarnih sistema za precizno navođenje jeste ILS sistem, koji je dugo godina u upotrebi i ima veliku pouzdanost. Problem uvođenja novijih sistema koji već duži niz godina postoje u drugim oblastima u avijaciji predstavlja prepreku jer nemaju dovoljno veliku tačnost, preciznost te na kraju i sposobnost da se odbrane s mislu cyber zaštite što će sigurno biti meta napada. U radu možemo vidjeti trenutno stanje radionavigacionih sredstava i minimuma koje trenutno posjeduju međunarodni aerodromi u BiH. Iz teksta možemo zaključiti da Tuzla i Banja Luka imaju jako dobre potencijale za razvoj jer imaju značajno povoljnije terenske uvjete u odnosu na aerodrome Sarajevo i Banja Luka. Jedan od gore spomenutih sistema je i GBAS sistem koji ima značajne prednosti u odnosu na ILS što možemo i vidjeti na istraživanjima koja su spomenuta u radu.*

## LITERATURA:

1. BHDCA-Direkcija za civilno zrakoplovstvo/podaci o prometu aerodroma.
2. Manual of All-Weather Operations, third edition, 2013, chapter 5.
3. Pravilnik o aerodromima BHDCA. Dostupno na: [www.bhdca.gov.ba](http://www.bhdca.gov.ba)
4. ICAO Doc 9365 Manual of All-Weather Operations, 2007, Fourth Edition.
5. ICAO, Draft 2016-2030 Global Air Navigation Plan, Doc 9750-AN/963, Fifth Edition, 2016., Montreal, Canada.
6. Lutte, B. (2015). ICAO Aviation System Block Upgrades: A Method for Identifying Training Needs. International Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace
7. 2016-2030 Global Air Navigation Plan, Doc 9750-AN/963 Fifth Edition – 2016.
8. Sarajevo ATC Local Operational Instruction
9. A. Grebensek, S. Pavlin (2004). "Calculation of the Runway Capacity of Ljubljana- Brnik Airport".Promet - Traffic - Traffico (PROMET-ZAGREB).
10. Journal JP4 Mensile di Aeronautica e Spazio.
11. [www.tuzla-airport.ba](http://www.tuzla-airport.ba).Dostupno na: <https://www.tuzla-airport.ba/o-nama/>.
12. Naredba o pravilima letenja, službeni glasnik BiH.
13. Aircraft Operations. Volume I - Flight Procedures.
14. Pavlin, S.(2011) Aerodromi II,Sveučilište u Zagrebu.Fakultet Prometnih Znanosti.
15. Ground Based Augmentation System (GBAS), Federal aviation Administration site. Dostupno na: [https://www.faa.gov/about/office\\_org/headquarters\\_offices/ato/service\\_units/techops/navservices/gnss/laas/](https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/laas/).
16. Ambrožová, Pleninger (2013): Implementation of GBAS system at the Václav Havel airport
17. Felux et al.(2013)."GBAS Approach Guidance Performance – A comparison to ILS". German Aerospace Center
18. Satellite Navigation – GBAS, Federal aviation Administration site. Dostupno na:[https://www.faa.gov/about/office\\_org/headquarters\\_offices/ato/service\\_units/techops/navservices/gnss/laas/](https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/laas/).
19. Paulo Alexandre Ferreira Esteves (2007).Operational Evaluation of a GBAS system,Technical University of Lisbon.
20. ICAO: Guide for ground based augmentation system implementation, 2013.