Područja unaprjeđenja sustava upravljanja zračnog prometa

Blažeković, Krunoslav

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:978601

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Krunoslav Blažeković

PODRUČJA UNAPRJEĐENJA SUSTAVA UPRAVLJANJA ZRAČNOG PROMETA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2016.

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

PODRUČJA UNAPRJEĐENJA SUSTAVA UPRAVLJANJA ZRAČNOG PROMETA

Areas for Improvement in Air Traffic Management

Mentor: doc. dr. sc. Tomislav Mihetec

Student: Krunoslav Blažeković, 0135200684

Zagreb, 2016.

SAŽETAK

Svrha istraživanja u sklopu diplomskog rada jest definirati ICAO-ov Globalni navigacijski plan zračnog prometa i Blokove unapređenja sustava zračnog prometa, te njihov potencijalni utjecaj na sustav upravljanja zračnim prometom na globalnoj razini.

Cilj ovog istraživanja je analiza i valorizacija Globalnog navigacijskog plana zračnog prometa, analitički prikaz sadašnjih sustava upravljanja zračnim prometom, analitički prikaz strategije planiranja implementacije modula Blokova unaprjeđenja sustava zračnog prometa, te opis svih modula iz područja Optimalnog kapaciteta i fleksibilnih letova.

Rezultati istraživanja odnositi će se na analizu implementacije Blokova unaprjeđenja sustava zračnog prometa i postizanja ciljeva interoperabilnosti sustava upravljanja zračnim prometom na globalnoj razini.

KLJUČNE RIJEČI: Globalni navigacijski plan zračnog prometa; Blok unaprjeđenja sustava zračnog prometa; moduli; Optimalni kapacitet i fleksibilni letovi;

SUMMARY

Research as part of thesis has a purpose to define the Global air navigation plan and its Aviation system block upgrades, as well as their potential impact on the global Air traffic management system.

The aim of this research is the analysis and valorization of the Global Plan of air traffic navigation, an analytical review of the current Air traffic management systems, an analytical review of the Aviation system block upgrades modules strategy planning, and the description of all modules from the area of Optimal capacity and flexible flights.

Results of the research will relate to the analysis of the implementation of the Aviation system block upgrades and to the achievement of the interoperability goals of the global Air traffic management systems.

KEYWORDS: Global air navigation plan; Performance-based navigation; Aviation system block upgrades; modules; Optimal capacity and flexible flight.

Sadržaj

1.UVOD 6

2. GLOBALNI NAVIGACIJSKI PLAN ZRAČNOG PROMETA 8

2.1. Stanje današnjih sustava upravljanja zračnim prometom 10

2.2. Prioriteti razvoja navigacijskih sustava zračnog prometa 13

2.2.1. Navigacija zasnovana na performansama (PBN) 14

2.2.2. Operacije kontinuiranog poniranja (CDO) i operacije kontinuiranog penjanja (CCO) 20

2.2.3. Upravljanje protokom zračnog prometa (ATFM) 20

2.2.4. Upravljanje aeronautičkim informacijama (AIM) 22

3. METODOLOGIJA PLANIRANJA BLOKOVA UNAPRJEĐENJA SUSTAVA ZRAČNOG PROMETA 24

3.1. Moduli Bloka 0 32

3.2. Moduli Bloka 1 35

3.3. Moduli Blokova 2 i 3 37

3.4. Strateški plan implementacije ASBU modula 39

3.4.1. Analiza potreba i ovisnosti (NDA) 40

3.4.2. Analiza troškova/koristi (CBA) 41

3.4.3. *Gap* analiza i analiza utjecaja 41

3.4.4. Proces razvoja poslovnog slučaja 42

3.4.5. Izvori financiranja 43

3.5. Status implementacije Bloka 0 u EUR/NAT državama 43

3.6. Status implementacije Bloka 0 u Republici Hrvatskoj 48

4. MODULI UNAPRJEĐENJA OPTIMALNOG KAPACITETA I FLEKSIBILNIH LETOVA 50

4.1. Operacije na slobodnim rutama (FRTO) 52

4.1.1. Modul B0-FRTO: Poboljšane operacije zbog unaprjeđenja en-route putanja leta 52

4.1.2. Modul B1-FRTO: Poboljšane operacije pomoću optimiziranog ATS rutiranja 55

4.1.3 Modul B3-FRTO: Upravljanje kompleksnošću prometa 59
4.2. Mrežne operacije (NOPS) 60
4.2.1. Modul B0-NOPS: Poboljšane performanse protoka putem planiranja na razini cijele mreže 60
4.2.2. Modul B1-NOPS: Poboljšane performanse protoka pomoću operativnog planiranja mreže 62
4.2.3. Modul B2-NOPS: Povećana uključenost korisnika u dinamičkom korištenju mreže 65
4.3. Alternativni nadzor (ASUR) 66
4.4. Razdvajanje zrakoplova u zraku (ASEP) 71
4.4.1. Modul B0-ASEP: Situacijska osviještenost zračnog prometa (ATSA) 72
4.4.2. Modul B1-ASEP: Povećani kapacitet pomoću upravljanja razmacima (IM) 73
4.4.3. Modul B2-ASEP: Razdvajanje zrakoplova u zraku (ASEP) 74
4.5. Optimalne razine leta (OPFL) 76
4.6. Zrakoplovni sustav za izbjegavanje sudara (ACAS) 78
4.6.1. Modul B0-ACAS: Poboljšanja sustava za izbjegavanje sudara zrakoplova u zraku (ACAS) 79
4.6.2. Modul B2-ACAS: Novi sustav izbjegavanja sudara zrakoplova u zraku 82
4.7. Sigurnosne mreže (SNET) 84
4.7.1. Modul B0-SNET: Osnovne zemaljske sigurnosne mreže 84
4.7.2. Modul B1-SNET: Zemaljske sigurnosne mreže pri završnom prilazu 85
5. ZAKLJUČAK 87
Literatura 89
Prilozi 92
Popis slika 92
Popis tablica 93
Popis kratica 94

1.UVOD

Od 1977. godine svakih 15 godina dolazi do dvostrukog porasta zračnog prometa na globalnoj razini, a takav trend se očekuje i ubuduće. Ovakav razvoj zahtijeva usklađenost tehnologija, povećanje kapaciteta i sigurnosti, te poboljšanje ekološke učinkovitosti na globalnoj razini.

Globalni navigacijski plan zračnog prometa (GANP[1]) kojeg je izdala Međunarodna organizacija za civilno zrakoplovstvo (ICAO[2]) će osigurati da se kontinuirana sigurnosna poboljšanja i modernizacija navigacijskog sustava zračnog prometa nastavljaju usporedno unaprjeđivati.

Strategija "Blokova unaprjeđenja sustava zračnog prometa" (ASBU[3]) je logičan ishod CNS/ATM[4] (Komunikacija, navigacija i nadzor/Sustav upravljanja zračnim prometom) planiranja i koncepata koji su predstavljeni u prethodna tri izdanja Globalnog navigacijskog plana. Blokovi unaprjeđenja će omogućiti ostvarenje globalnih ciljeva navigacijskog sustava zračnog prometa.

Tema ovog diplomskog rada je "Područja unaprjeđenja sustava zračnog prometa". Svrha rada jest definirati Globalni navigacijski plan zračnog prometa i Blokove unapređenja sustava zračnog prometa, te njihov potencijalni utjecaj na sustav upravljanja zračnim prometom (ATM[5]) na globalnoj razini. Fokus je na definiranju i implementaciji tehnologija iz područja Unaprjeđenja optimalnog kapaciteta i fleksibilnih letova.

Rad je podijeljen u pet cjelina:

1. Uvod
2. Globalni navigacijski plan zračnog prometa
3. Metodologija planiranja Blokova unaprjeđenja sustava zračnog prometa
4. Moduli unaprjeđenja optimalnog kapaciteta i fleksibilnih letova
5. Zaključak

[1]GANP - Global Air Navigation Plan
[2]ICAO - International Civil Aviation Organisation
[3]ASBU - Aviation System BlockUpgrade
[4]CNS/ATM - Communication, navigation, Surveillance/Air Traffic Management
[5]ATM - Air Traffic Management

Unutar druge cjeline dane su uvodne postavke u kojima se analizira i valorizira četvrto izdanje Globalnog navigacijskog plana zračnog prometa. Druga cjelina također sadrži i analitički prikaz sadašnjih ATM sustava, te opis glavnih prioriteta globalne navigacije.

Cjelina "Metodologija planiranja Blokova unaprjeđenja sustava zračnog prometa" elaborira novu strategiju za ostvarivanje globalno usklađenog i interoperabilnog navigacijskog sustava zračnog prometa. Također detaljnije su obrađeni tzv. Blokovi unaprjeđenja s fokusom na module iz trećeg područja unaprjeđenja izvedbe - Optimalni kapacitet i fleksibilni letovi. Strateško planiranje implementacije ASBU modula je još jedan ključan element pomoću kojeg će korisnici zračnog prostora moći utvrditi koji su im moduli potrebni za ostvarivanje globalnih ciljeva. Treća cjelina iznosi i status implementacije modula Bloka 0 u EUR/NAT[6] državama za 2014. godinu sa posebnim osvrtom na Republiku Hrvatsku.

Četvrta cjelina obrađuje sve tehnologije i postupke ili tzv. "sposobnosti" koje su potrebne za implementacija ovih modula. Određeni moduli se već implementiraju na globalnoj razini dok su drugi u fazi razvoja, a njihova uspješna implementacija bi u konačnici dovela do globalno kolaborativnog ATM sustava.

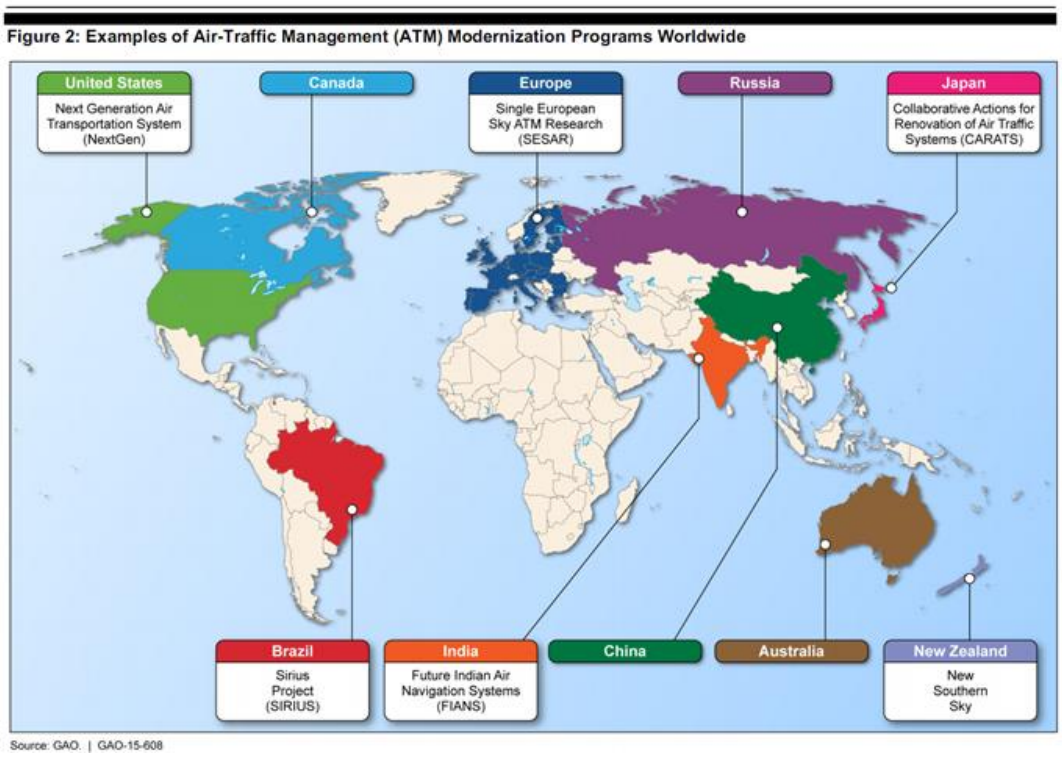
U zaključku su izneseni konačni rezultati istraživanja predmetne tematike, sa donesenim osobnim zaključcima.

[6]EUR/NAT - Europe/North Atlantic

2. GLOBALNI NAVIGACIJSKI PLAN ZRAČNOG PROMETA

Globalni navigacijski plan zračnog prometa (GANP) je strateški dokument koji služi za planiranje navigacijske infrastrukture zračnog prometa na globalnoj, regionalnoj i nacionalnoj razini. Trenutno postoje četiri izdanja Globalnog navigacijskog plana zračnog prometa pod nazivom Doc 9750 GANP. Prvo je izdano 1998. godine, drugo 2001., treće 2006., a zadnje četvrto izdanje je napravljeno 2012. godine. Četvrto izdanje obuhvaća vremensko razdoblje od 2013. godine do 2028. godine [1].

Međunarodna agencija za civilno zrakoplovstvo (ICAO) je razvila Globalni navigacijski plan zračnog prometa s ciljem da ponudi dugoročnu viziju razvoja koja će pomoći svim učesnicima zračnog prometa, te da osigura kontinuitet i usklađenost postojećih modernizacijskih programa kao što su SESAR[7], NextGen[8], CARATS[9] i dr. Na slici 2.1. prikazani su trenutni modernizacijski programi u svijetu. Kanada, Rusija, Kina i Australija nemaju još krovne nazive za svoje modernizacijske programe.



Slika 2.1. Modernizacijski programi sustava upravljanja zračnim prometom, [2]

[7]SESAR - Single European SKY ATM Research
[8]NextGen - Next Generation Air Transportation System
[9]CARATS - Collaborative Actions for Renovationof Air Traffic Systems

Kao rezultat dugogodišnjeg istraživačkog rada ICAO-ovih stručnjaka, u najnovijem četvrtom izdanju Globalnog navigacijskog plana predstavljen je sveobuhvatan alat za planiranje implementacije novih tehnologija u zračnom prometu, tzv. Blokovi unaprjeđenja sustava zračnog prometa (ASBU).

Nova inicijativa, Blokovi unapređenja sustava zračnog prometa, zajedno s revidiranim Globalnim navigacijskim planom zračnog prometa i Globalnim sigurnosnim planom zračnog prometa (GASP[10]) predstavlja zajednički dogovoreni temelj za modernizaciju globalnog sustava za upravljanje zračnim prometom na usklađen način.

Inicijativa Blokovi unaprjeđenja sustava zračnog prometa bi trebala donijeti slijedeće prednosti:

- smanjena potrošnja zrakoplovnog goriva;
- smanjena blok vremena[11];
- smanjena vremena čekanja na slijetanje (eng. *holding*);
- smanjena vremena rulanja[12] zrakoplova;
- smanjena buka zrakoplova;
- smanjena kompleksnost prometa;
- povećana predvidljivost prometa;
- povećana sigurnost i dr.

Provedba Globalnog navigacijskog plana zračnog prometa izvještavati će se jednom godišnje kroz ICAO-ov dokument *"Air Navigation Report"*. Pomoću tog izvještaja će se moći usporediti napredak kroz različite regije, vezano uz navigacijsku infrastrukturu i postupke navigacije zasnovane na performansama (PBN[13]). Izvješće će također omogućiti ICAO-u da napravi taktičke prilagodbe svog radnog programa, kao i trogodišnje prilagodbe politike na Globalni navigacijski plan i ASBU module [1].

Kao pomoć državama i industriji u izvještavanju o provedbi Globalnog navigacijskog plana zračnog prometa i u praćenju implementacije Blokova unapređenja sustava zračnog prometa na nacionalnoj, regionalnoj i međunarodnoj razini, ICAO je razvio niz internetskih alata i edukativnih videozapisa. Za potrebe mjerenja ekoloških performansi ICAO je razvio

[10]GASP - Global Aviation Safety Plan
[11]blok vremena - vrijeme koje je potrebno zrakoplovu od napuštanja parkirne pozicije u svrhu leta do dolaska na parkirnu poziciju nakon završenog leta
[12]rulanje zrakoplova - vožnja zrakoplova po zemlji s pogonom vlastitih motora
[13]PBN - Performance-based Navigation

ICAO alat za procjenu uštede goriva - IFSET[14], koji mjeri razliku u potrošnji goriva prije i poslije određenog operativnog poboljšanja (implementacije Bloka unaprjeđenja).

Na ICAO-ovoj Dvanaestoj konferenciji zračne navigacije (An-Conf/12) glavnu ulogu su imale slijedeće organizacije: Europska agencija za sigurnost zračnog prometa (EASA), Europska Komisija (EC[15]), Zajednički pothvat SESAR (SJU[16]) i Europska konferencija civilnog zrakoplovstva (ECAC[17]). One su u potpunosti posvećene da zajedno sa ICAO-om i ostalim svjetskim regijama poduzmu slijedeće korake prema nesmetanom zračnom navigacijskom sustavu, a sukladno sa smjerom razvitka dogovorenim na Konferenciji. Na istoj se zaključilo da se promjene pod okriljem bilo kojeg modernizacijskog programa moraju događati u dogovoru za zrakoplovnim stručnjacima iz cijelog svijeta. Dvanaesta konferencija zračne navigacije (AN-Conf/12) ima važnu pokretačku ulogu u procesu nastanka integrirane ATM mreže [1].

2.1. Stanje današnjih sustava upravljanja zračnim prometom

Najveći izazov globalnog zrakoplovstva danas je razvoj usklađenog i interoperabilnog[18] sustava upravljanja zračnim prometom. Interoperabilnost je također sastavni dio inicijative za tzv. "Jedinstveno europsko nebo" (SES[19]) koja pokušava nadvladati rascjepkanost i neučinkovitost europskih sustava za upravljanje zračnim prometom i sa njime povezanim pružanjem usluga u zračnoj plovidbi. *"Single European Sky ATM Research Programme"* (SESAR) predstavlja modernizacijski program sustava upravljanja zračnim prometom u sklopu SES inicijative, a puna operativnost se očekuje do 2020. godine. Postoji dogovorena suradnja između europskog SESAR-a i američkog NextGen-a, ali i sa sličnim inicijativama koje postoje u ICAO regijama u svijetu [3].

Suprotno od Sjedinjenih Američkih Država, Europa nema jedinstveni zračni prostor, te je zračni promet reguliran na nacionalnoj, a ne na europskoj razini. Europski zračni prostor jest među najprometnijima u svijetu. Inicijativa Jedinstvenog zračnog prostora omogućava ujednačenost i visoku razinu sigurnosti u zračnom prostoru Europe.

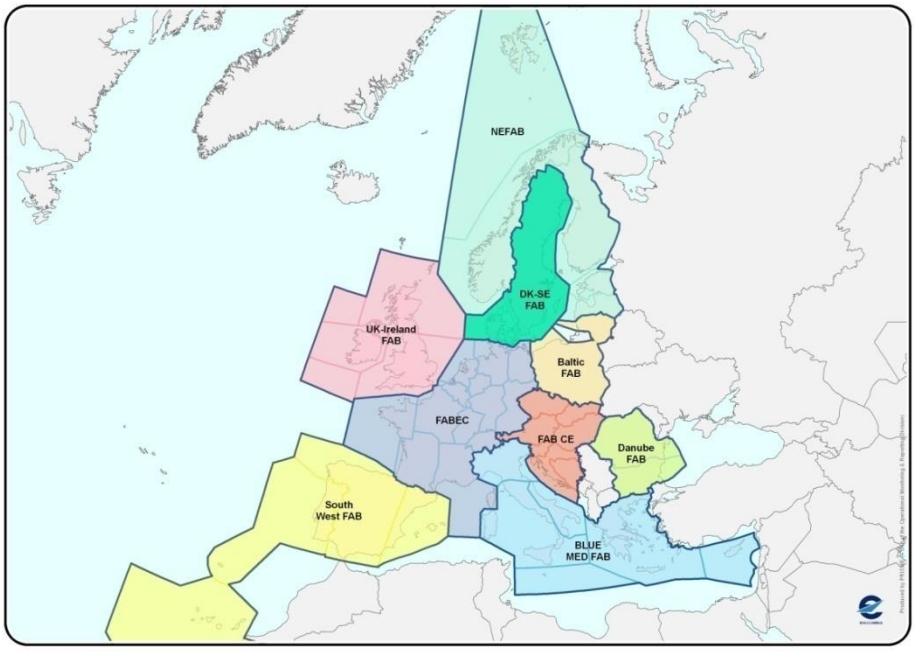
[14]IFSET - ICAO Fuel Savings Estimation Tool
[15]EC - European Commission
[16]SJU - SESAR Joint Undertaking
[17]ECAC - European Civil Aviation Conference
[18]Interoperabilnost - mogućnost različitih sustava da funkcioniraju zajedno
[19]SES - Single European Sky

Regionalizacija europskog sustava upravljanja zračnim prometom ima za cilj učinkovito povećanje kapaciteta zračnog prostora, prateći prognozu rasta prometa i povećanjem učinkovitosti zračnog prijevoza. Regionalizacija će se postići uspostavom tzv. funkcionalnih blokova zračnog prometa (FAB[20]). Funkcionalni blok zračnog prostora predstavlja zračni prostor utvrđen na temelju operativnih zahtjeva, sa ciljem osiguranja integriranog pristupa upravljanja zračnim prostorom bez obzira na postojeće državne granice. S ekonomskog aspekta, razvojni programi se odnose na liberalizaciju zrakoplovnog tržišta unutar Europe.

Funkcionalni blokovi zračnog prostora dio su inicijative Jedinstvenog europskog neba. Trenutno postoji devet inicijativa funkcionalnih blokova zračnog prostora [4]:

- NEFAB[21] (Sjevernoeuropski FAB): Estonija, Finska, Latvija, Norveška;
- Danska-Švedska: Danska, Švedska;
- BALTIC FAB: Poljska, Litva;
- FABEC[22] (FAB Srednja Europa): Francuska, Njemačka, Belgija, Nizozemska, Luksemburg, Švicarska;
- FABCE[23] (FAB Središnja Europa): Češka, Slovačka, Austrija, Mađarska, Hrvatska, Slovenija, Bosna i Hercegovina;
- DANUBE: Bugarska, Rumunjska;
- BLUE MED: Italija, Malta, Grčka, Cipar (Egipat, Tunis, Albanija, Jordan kao promatrači);
- UK-IRELAND: Ujedinjeno Kraljevstvo, Irska;
- SW[24] FAB (Jugozapadni FAB): Portugal, Španjolska.

[20]FAB - Functional Airspace Blocks
[21]NEFAB - North European Functional Airspace Block
[22]FABEC - Functional Airspace Block Europe Central
[23]FABCE - Functional Airspace Block Central Europe
[24]SW FAB - South West Functional Airspace Block



Slika 2.2. Funkcionalni Blokovi zračnog prostora, [5]

Tijekom zadnjeg desetljeća došlo je do potrebe za slijedećim promjenama u sustavu upravljanja zračnim prometom [3]:

- integriranje zračnih i zemaljskih komponenti, što uključuje aerodromske operacije, bavljenjem problemom letnih putanja kao cjeline i dijeljenjem informacija kroz sustav upravljanja zračnim prometom;
- raspodjela procesa kolaborativnog donošenja odluka (CDM[25]);
- rješavanje sigurnosnih problema;
- promjena uloge čovjeka sa unaprijeđenom integriranom automatizacijom.

Europski ATM Masterplan predstavlja strateški plan koji je postignut konsenzusom između europskih država, koji se temelji na performansama, a služi za modernizaciju europskog sustava upravljanja zračnim prometom. Globalna interoperabilnost je osigurana kroz održavanje dosljednosti sa ASBU metodologijom.

Nedostaci današnje organizacije zračnog prostora u Europi, ali i onog na globalnoj razini su [1]:

- veliki broj rutnih interakcija;
- kašnjenja;

[25]CDM - Collaborative decision making

- veliko radno opterećenje;
- "stepenasta" (*engl. stepped*) penjanja/poniranja;
- nedovoljno PBN procedura.

Buduće strategije zračnog prostora bi trebale pružiti slijedeće prednosti [6]:

- generiranje kapaciteta;
- smanjenje kašnjenja;
- poboljšanje učinkovitosti;
- povećanje prilagodljivosti;
- poboljšanje sigurnosti.

Zračni promet svakih 15 godina bilježi dvostruko veći rast. Takav rast ima i svojih negativnih utjecaja na kapacitete zračnih luka i zračnih prostora, tako što generira dodatna kašnjenja, otkazivanja letova i manje učinkovite operacije.

Čimbenici koji mogu pozitivno utjecati na kapacitet i time spriječiti negativne utjecaje su [7]:

- upravljanje protokom zračnog prometa (ATFM[26]);
- smanjenje separacijske norme;
- usklađene procedure;
- najbolji primjeri iz prakse kontrole zračnog prometa;
- dizajn i sektorizacija zračnog prostora;
- navigacija zasnovana na performansama (PBN);
- pristup zračnoj luci;
- raspored površina;
- infrastruktura.

2.2. Prioriteti razvoja navigacijskih sustava zračnog prometa

Glavni prioriteti globalne navigacije na globalnoj razini su [7]:

- Navigacija temeljena na performansama (PBN);
- Operacije kontinuiranog poniranja (CDO[27]) i Operacije kontinuiranog penjanja (CCO[28]);

[26]ATFM - Air Traffic Flow Management

- Upravljanje protokom zračnim prometom (ATFM);
- Upravljanje aeronautičkim informacijama (AIM[29]).

2.2.1. Navigacija zasnovana na performansama (PBN)

Navigacija zasnovana na performansama (PBN) predstavlja najveći prioritet globalnog navigacijskog sustava i važan element ICAO-ovih Blokova unaprjeđenja sustava zračnog prometa, a oslanja se uvelike na tehnologiji Globalnog navigacijskog satelitskog sustava (GNSS[30]).

Implementacija navigacije zasnovane na performansama (PBN) zahtijeva jako partnerstvo između brojnih učesnika u zračnom prometu, prvenstveno između pružatelja usluga u zračnoj plovidbi (ANSP[31]), korisnika zračnog prostora i regulatornih tijela. Implementacija je već započela na ICAO globalnoj i regionalnoj razini, te se sve više država članica ICAO-a obvezalo na implementaciju navigacije zasnovane na performansama (PBN). Međunarodna organizacija za civilno zrakoplovstvo (ICAO) postavila je svojevrsni krajnji vremenski rok implementacije, a to je do početka 2016. godine, sa "srednjim" ciljem da se do kraja 2014. godine u svijetu izvrši 70% implementacije. Prema ICAO-ovom dokumentu Air Navigation Report - Izdanje 2015., do siječnja 2015. godine samo je 43.6% država članica ICAO-a implementiralo navigaciju zasnovanu na performansama (PBN). Kako bi se ispunio postavljeni cilj potrebno je uložiti veće napore u poticanju na implementaciju, jer navigacija zasnovana na performansama (PBN) predstavlja osnovu za razvitak i uspješnost mnogih budućih sustava [8].

ICAO-ov PBN koncept postao je opće prihvaćen put napretka u upravljanju zračnim prometom (ATM). Objavljen je 2008. godine u dokumentu ICAO-a br. 9613 pod nazivom Priručnik za navigaciju prema letnim sposobnostima zrakoplova (*engl. Performance-based Navigation Manual*). U priručniku se inicira prijelaz s navigacije koja se temelji na navigacijskim senzorima (*engl. sensor-based navigation*) na navigaciju prema letnim sposobnostima zrakoplova *(engl. performance-based navigation*) [9].

---

[27]CDO - Continuous Descent Operations
[28]CCO - Continuous Climb Operations
[29]AIM - Aeronautical Information Management
[30]GNSS - Global Navigation Satellite System
[31]ANSP - Air Navigation Service Provider

Međunarodna organizacija za civilno zrakoplovstvo (ICAO) je osmislila PBN koncept sa ciljem [10]:

- da osigura globalnu interoperabilnost kroz standardizaciju RNAV[32] (Prostorna navigacija) i RNP[33] (Zahtijevana navigacijska točnost) performansi sustava kroz međunarodno prihvaćene RNAV i RNP specifikacije;
- da se ograniči povećavanje broja navigacijskih specifikacija koje se koriste diljem svijeta.

Prostorna navigacija je neovisna o zemaljskim radionavigacijskim uređajima, te iskorištava mogućnosti Globalnog satelitskog navigacijskog sustava (GNSS). Prije uvođenja ove tehnologije, zrakoplovi su u zračnom prostoru mogli letjeti samo od uređaja do uređaja; npr. samo od VOR[34]-a (VHF svesmjerni radiofar) do VOR-a, NDB[35]-a (neusmjeren radiofar) do VOR-a i ostale kombinacije.

Prostorna navigacija (RNAV) je metoda navigacije koja omogućuje operaciju zrakoplova na željenoj letnoj putanji u području pokrivenosti navigacijskim sredstvima u zrakoplovu, na zemlji ili kombiniranim sredstvima. Korištenje inputa od strane Globalnog satelitskog navigacijskog sustava (GNSS) je afirmiralo ovu metodu navigacije na globalnoj razini [10].

Zahtijevana navigacijska točnost (RNP) je točnost navigacijske opreme zrakoplova potrebne za let u određenome zračnom prostoru, te za razliku od prostorne navigacije (RNAV) zahtjeva da zrakoplov ima ugrađenu opremu za nadzor i uzbunjivanje [10].

Prije postojanja PBN koncepta, termini RNP i RNAV su zapravo bili istoznačnice. PBN koncept je sve to promijenio, tako da je RNAV sada podskup RNP-a. U praksi, postoji iznimka kod specifikacije RNP-10, koji zapravo predstavlja drugi oblik RNAV-a.

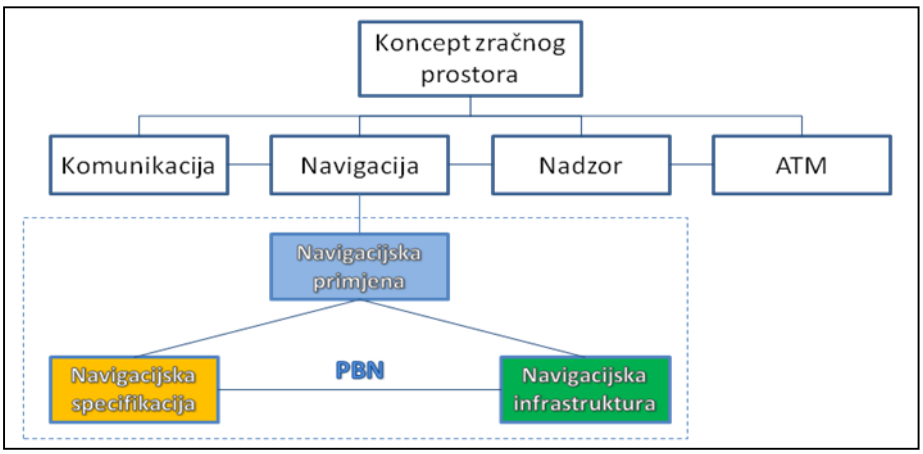
Navigacija zasnovana na performansama omogućava sistematizaciju zračnog prometa kroz strateško razdvajanje ATS[36] (jedinica nadležna za pružanje operativnih usluga u zračnom prometu) ruta. Navigacija zasnovana na performansama također umanjuje potrebu za taktičkim intervencijama kontrole zračne prometa, jer će razdvajanje između zrakoplova biti prethodno definirano i uključeno u samom dizajnu zračnog prostora. Na taj način omogućiti će se potpuni prelazak sa koncepta "kontroliranja" zračnog prometa na koncept "upravljanja"

[32]RNAV - Area Navigation
[33]RNP - Area Navigation Procedures
[34]VOR - VHF Omni Directional Radio Range
[35]NDB - Non-Directional (radio) Beacon
[36]ATS - Air Traffic Service

zračnim prometom. Prednost za zrakoplovne prijevoznike je da dopušta veću fleksibilnost operacija, kako bi mogli letjeti na što izravnijim rutama. Letačka posada će pritom koristiti već ugrađenu navigacijsku opremu na zrakoplovu i njene "sposobnosti".

Prednosti PBN koncepta u odnosu na konvencionalne navigacijske postupke su [10]:

- fleksibilne rutne strukture koje omogućuju učinkovitije putanje leta te rezultiraju smanjenim izgaranjem goriva i emisijama;
- pristup zračnom prostoru i uzletno-sletnim stazama koji su ograničeni ili ne ostvarivi konvencionalnom NAVAIDS[37] (navigacijska sredstva) infrastrukturom;
- poboljšana sigurnost kroz više pravolinijskih instrumentalnih prilaza s vertikalnim vođenjem;
- povećanje kapaciteta zračnog prostora;
- povećana pristupačnost zračne luke;
- učinkovitije operacije;
- smanjenje troškova infrastrukture;
- smanjenje utjecaja na okoliš.



Slika 2.3. Komponente PBN-a

Izvor: [9]

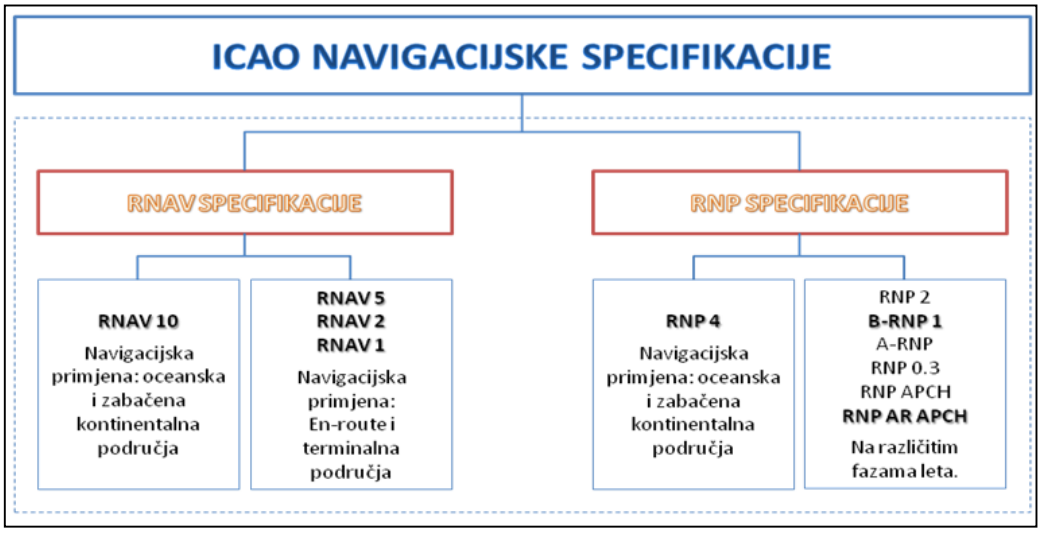
Tri glavne komponente PBN-a su: navigacijska primjena, navigacijska specifikacija i navigacijska infrastruktura.

[37]NAVAIDS - Navigation Aids

Pod navigacijskom infrastrukturom se misli na zrakoplovna navigacijska sredstva (NAVAIDS). Zrakoplovna navigacijska sredstva pružaju zrakoplovima opremljenim odgovarajućom opremom sljedeće navigacijske informacije [11]:

- udaljenost od referentne točke (DME[38]);
- azimut pozicije zrakoplova u odnosu na referentnu poziciju (VOR);
- smjer kretanja zrakoplova u odnosu na smjer prema referentnoj poziciji (NDB/L[39] – Non Directional Beacon/Locator);
- određivanje pozicije zrakoplova u prostoru (VOR/DME sustav ili istovremeno korištenje više DME sustava).

Navigacijske specifikacije predstavljaju skup zahtjeva za zrakoplov i posadu, neophodnih za podršku PBN operacijama unutar definiranoga zračnoga prostora. Navigacijske specifikacije detaljno definiraju performanse koje sustav treba posjedovati u pogledu potrebne točnosti, integriteta, dostupnosti, pouzdanosti i funkcionalnosti, a također i identificiraju izbor navigacijskih senzora i opreme koja se može koristiti, kako bi se zadovoljile zahtijevane navigacijske sposobnosti [12].



Slika 2.4. Navigacijske specifikacije

Izvor: [12]

Navigacijske specifikacije, zajedno s navigacijskom infrastrukturom, podržavaju navigacijske primjenu. Navigacijske specifikacije se mogu koristiti prema individualnoj

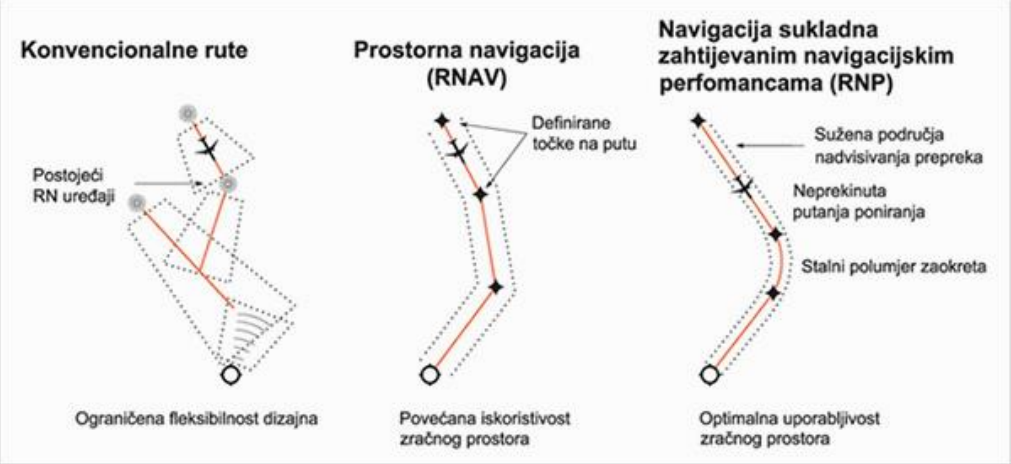
[38]DME - Distance Measuring Equipment
[39]NDB/L - Non Directional Beacon/Locator

potrebi regija i država. Ciljevi su globalna standardizacija i izbjegavanje porasta broja različitih certifikata i operativnih odobrenja.

Postoje dvije vrste navigacijskih specifikacija [10]:

- RNP specifikacije: navigacijske specifikacije bazirane na prostornoj navigaciji, koja uključuje zahtjeve za praćenje performansi i upozoravanje, a označene su prefiksom RNP;
- RNAV specifikacije: navigacijske specifikacije bazirane na prostornoj navigaciji, koja ne uključuje zahtjeve za praćenje performansi i upozoravanje, a označene su prefiksom RNAV.

Jedna navigacijska specifikacija se može primijeniti u raznim ATM okruženjima s različitim razmacima između ruta.

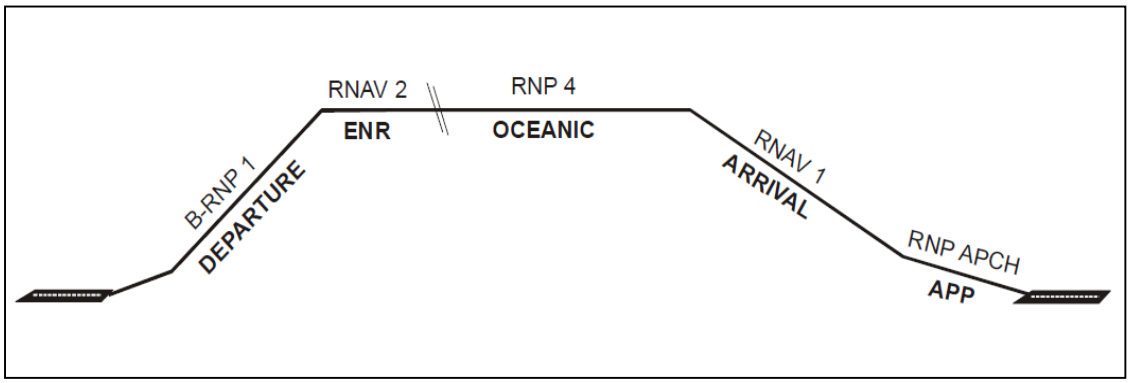


Slika 2.5. Navigacijski koncepti
Izvor: [9]

Slika 2.3. prikazuje sadašnje i buduće navigacijske koncepte, te prednosti koje donose nove navigacijske specifikacije. Postoji sve veća tendencija za prelazak sa RNAV na RNP specifikacije, omogućujući bolje separacijske minimume i razmake između ruta.

U Europi se RNAV upotrebljavao i prije razvitka PBN koncepta. Zbog toga, određene Europske navigacijske specifikacije imaju različita imena u odnosu na ona koja su objavljena u PBN priručniku. Europski *Basic* RNAV (B-RNAV) je u ICAO-ovom PBN priručniku objavljen kao RNAV 5 i imaju identične specifikacije, bez obzira na svrhu i ciljeve. Europski

Precision RNAV (P-RNAV) je najsličniji RNAV 1 specifikaciji iz PBN priručnika. Imena B-RNAV i P-RNAV se i dalje koriste u europskoj zračnoj navigaciji, da bi se uštedilo na nepotrebnim troškovima promjene dokumentacije [12].



Slika 2.6. Primjer dopuštenih navigacijskih specifikacija za vrijeme trajanja leta
Izvor: [9]

Jedna od najvećih zapreka navigacije zasnovane na performansama predstavlja tzv. mješoviti način operacija (*engl. mixed mode operations*), gdje je u određenom zračnom prostoru dopušteno korištenje više navigacijskih specifikacija. Kada mješoviti način operacija uzrokuje povećano radno opterećenje kontrolora zračnog prometa, treba ga ograničiti na najviše dvije vrste navigacijskih specifikacija. Mješoviti način operacija onemogućava kontrolama zračne plovidbe učinkovito upravljanje zračnim prometom, posebno u zračnim prostorima velike prometne zagušenosti.

Glavni razlozi za postojanje mješovitih načina operacija u zračnom prostoru su [12]:

- visoki trošak nadograđivanja flote zrakoplova;
- fizička ograničenja starijih zrakoplova koji ne mogu biti nadograđeni;
- fizička/troškovna ograničenja ostalih zrakoplova kao npr. vojnih zrakoplova, poslovne avijacije i zrakoplova generalne avijacije.

U Europi se mješoviti način operacija u ATM okruženju pokazao kao neizvedivim i neisplativim za uvođenje. Posebno je to vidljivo kod operacija u zračnim prostorima velike gustoće, gdje su se kontrolori uglavnom koristili tradicionalnim radarskim vođenjem.

2.2.2. Operacije kontinuiranog poniranja (CDO) i operacije kontinuiranog penjanja (CCO)

Operacije kontinuiranog poniranja (CDO) i operacije kontinuiranog penjanja (CCO) uvelike ovise o implementaciji navigacije temeljene na performansama. One znatno doprinose učinkovitosti i ekološkim prednostima. Kako ove vrste operacija kod izvođenja koriste veliki volumen zračnog prostora, neophodna je fleksibilnost dizajna zračnog prostora koju osigurava navigacija temeljena na performansama.

Kod operacija kontinuiranog poniranja koje predstavljaju idealni prilaz slijetanju (za razliku od konvencionalnih metoda), zrakoplov cijelo vrijeme prati ravninu poniranja (po sustavu instrumentalnog slijetanja) koja vodi prema uzletno-sletnoj stazi. Mnogo zračnih luka primjenjuje operacije kontinuiranog poniranja, a u bližoj budućnosti se očekuje još veća primjena [1].

Operacije kontinuiranog poniranja će omogućiti zrakoplovima da se spuste sa visine krstarenja do visine završnog prilaza zračne luke primjenjujući minimalni potisak. Glavne prednosti operacija kontinuiranog poniranja predstavlja značajna ušteda goriva i smanjenje buke zrakoplova, što je posljedica manjeg potiska zrakoplova i izbjegavanja područja osjetljivih na buku.

Operacije kontinuiranog penjanja ne zahtijevaju specifičnu tehnologiju na zemlji ili u zraku, već im pomaže odgovarajući dizajn zračnog prostora i procedure. Operacije kontinuiranog penjanja omogućuju izvršenje profila leta koji je optimiziran prema performansama zrakoplova, što rezultira u značajnom smanjenju izgaranja goriva i ekološkim prednostima u pogledu smanjenja buke i emisija [1].

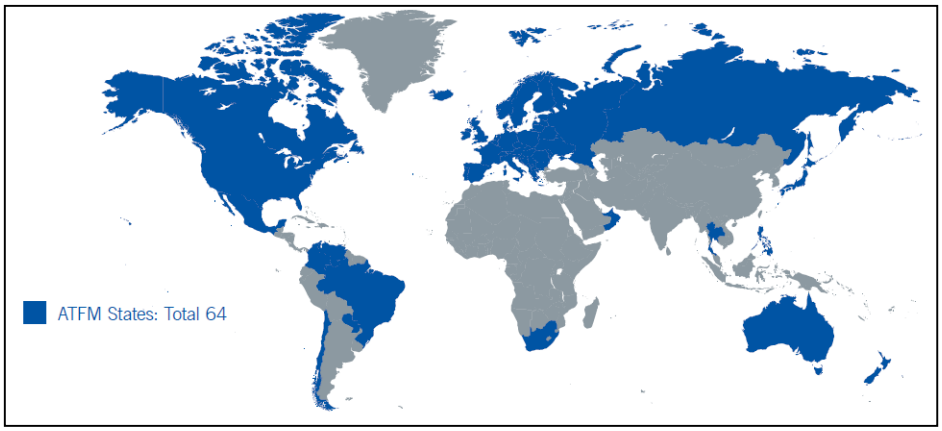
Na sigurno i učinkovito izvođenje operacija kontinuiranog penjanja mogu utjecati razni čimbenici, a najvažniji su: ograničenost zračnog prostora, teren i prepreke na zemlji, ograničenja okoliša, postupaka kontrole zračnog prometa i izbjegavanje vremenskih neprilika.

2.2.3. Upravljanje protokom zračnog prometa (ATFM)

Upravljanje protokom zračnog prometa (ATFM) je razvijeno s ciljem poboljšanja operativne strane zračnog prometa, a postiže se korištenjem ažurnih letnih informacija kako bi se mogla predvidjeti buduća prometna potražnja na cijeloj mreži. Mora se naglasiti da se

upravljanje protokom bavi isključivo općim zračnim prometom koji se odvija prema pravilima instrumentalnog letenja (IFR GAT[40]).

Osim termina ATFM, u različitim materijalima možemo pronaći i termin ATFCM[41] koji predstavlja Upravljanje protokom i kapacitetom zračnog prometa. Oba termina zapravo imaju isto značenje, samo što se kratica ATFCM uglavnom može pronaći u operativnim dokumentima, dok se kratica ATFM koristi u strateškim dokumentima. Razlog tomu je što se na operativnom nivou izravno upravlja kapacitetima.



Slika 2.7. Status implementacije ATFM-a u svijetu
Izvor: [1]

Slika 2.4. prikazuje status implementacije ATFM-a u svijetu. Plavom bojom su označeni dijelovi svijeta gdje se koristi ATFM. Trenutno se ATFM koristi samo u područjima prometne zagušenosti, u čemu prednjače Sjedinjene Američke Države i Europa.

Upravljanjem protokom zračnog prometa u Sjedinjenim Američkim Državama se bavi Zapovjedni centar sustava kontrole zračnog prometa (ATCSCC[42]), a u Europi je za to zaslužen Mrežni Upravitelj (*engl. Network Manager*). Takve ustrojene jedinice služe za nadziranje i upravljanje protokom zračnog prometa u pripadajućim područjima odgovornosti, generirajući siguran i redoviti protok, dok u isto vrijeme minimiziraju kašnjenja. Središnjom jedinicom za upravljanje protokom upravlja Europska organizacija za sigurnost zračne plovidbe (EUROCONTROL), a Zapovjednim centrom sustava kontrole zračnog prometa

[40]IFR GAT - Instrumental Flight Rules General Air Traffic
[41]ATFCM - Air Traffic Flow Capacity Management
[42]ATCSCC - Air Traffic Control System Command Center

upravlja Savezna uprava za civilno zrakoplovstvo (FAA[43]). U Sjedinjenim Američkim Državama i Europi ATFM je preuzeo ključnu ulogu u upravljanju i optimizaciji zagušenih zračnih prostora [7].

Kako ATFM postupci imaju dalekosežne posljedice, oni moraju biti koordinirani između država. Veliku ulogu u koordinaciji imati će uspješna implementacija procesa kolaborativnog donošenja odluka (CDM). Sustavi upravljanja protokom zračnog prometa stoga moraju biti kompatibilni i interoperabilni. Osiguravanje brzog i dosljednog razvoja ATFM-a predstavlja jedan od najvećih prioriteta u zračnom prometu, o čemu će ovisiti uspješnost budućih sustava upravljanja zračnim prometom.

2.2.4. Upravljanje aeronautičkim informacijama (AIM)

Koncept Upravljanja aeronautičkim informacijama (AIM) trebao bi u bliskoj budućnosti u potpunosti zamijeniti Uslugu zrakoplovnog informiranja (AIS[44]). Upravljanje aeronautičkim informacijama pruža aeronautičke podatke u digitalnom obliku, te se istim može upravljati za razliku od zastarjele Usluge zrakoplovnog informiranja. Upravljanje aeronautičkim informacijama je zamišljeno kao jedan način nadogradnje postojeće Usluge zrakoplovnog informiranja, koja zapravo predstavlja temelj za uspješnu tranziciju na AIM okruženje [7].

Tranzicija sa AIS-a na AIM ne bi trebala donijeti neke velike promjene u vezi opsega informacija koje će se distribuirati. Ključna promjena je ta što će kod Upravljanja aeronautičkim informacijama veći naglasak biti na distribuiranju podacima, što bi trebalo zadovoljiti zahtjeve korisnika zračnog prostora i sustava upravljanja zračnim prometom u pogledu upravljanja informacijama.

Tranzicija na AIM bi državama mogla prouzrokovati i neke poteškoće kao što su: financijska ograničenja, nedovoljno stručno znanje radne snage, kvaliteta implementacije podataka i dr. Glavni cilj ove tranzicije je učinkovitije upravljanje i brza distribucija svih informacija vezanih uz upravljanje zračnim prometom [7].

Upravljanje aeronautičkim informacijama također predstavlja prvi korak prema ostvarenju SWIM[45] sustava, koji će olakšati razmjenu i upravljanje informacija na razini cijelog sustava upravljanja zračnim prometom.

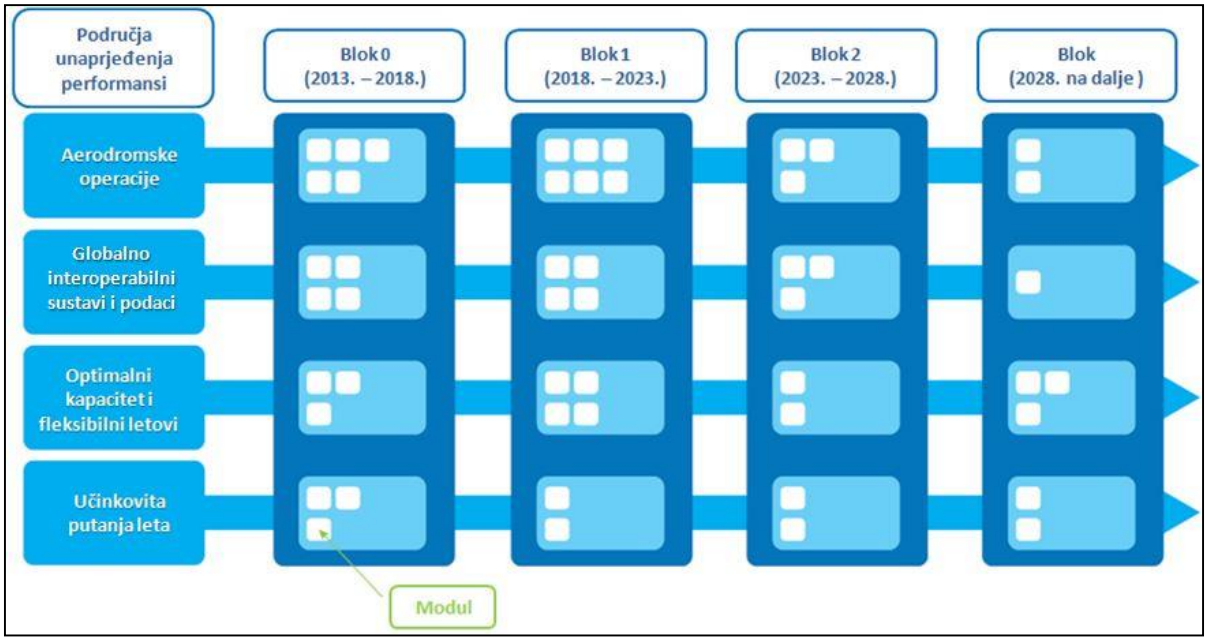
[43]FAA - Federal Aviation Administration
[44]AIS - Aeronautical Information Service
[45]SWIM - System Wide Information Management

Infrastruktura upravljanja informacijama povezanih sa cjelokupnim sustavom (SWIM) će promijeniti sadašnji način razmjene informacijama koji se obavlja od točke do točke, a s ciljem postizanja interoperabilnosti na razini cijelog sustava upravljanja zračnim prometom. Osim aeronautičkih informacija, SWIM sustav će se još baviti i meteorološkim, te letnim informacijama.

3. METODOLOGIJA PLANIRANJA BLOKOVA UNAPRJEĐENJA SUSTAVA ZRAČNOG PROMETA

Blokovi unaprjeđenja sustava zračnog prometa (ASBU) predstavljaju modernizacijsku strategiju za koju je postignut konsenzus na globalnoj razini između organizacija u zračnom prometu: ICAO, SESAR, NextGen, EUROCONTROL, IATA[46], CANSO[47], EUROCAE[48] i dr.

Osnovu Blokova unaprjeđenja sustava zračnog prometa čine postojeći, kratkoročni implementacijski planovi koji proizlaze iz postojećih modernizacijskih projekata u svijetu kao što su NextGen, SESAR i CARATS. Oni su usklađeni s ICAO operativnim konceptom sustava upravljanja zračnim prometom. Cilj Blokova unaprjeđenja je povećati kapacitet i učinkovitost sustava zračnog prometa, a u isto vrijeme značajno smanjiti utjecaj zračnog prometa na okoliš.



Slika 3.1. Blokovi unaprjeđenja sustava zračnog prometa, [1]

[46]IATA - International Air Transport Association
[47]CANSO - Civil Air Navigation Services Organisation
[48]EUROCAE - European Organisation for Civil Aviation Equipment

Na slici 3.1. grafički je prikazana metodologija planiranja Blokova unaprjeđenja sustava zračnog prometa. Četiri glavne komponente Blokova unaprjeđenja sustava zračnog prometa su [1]:

- modul;
- modulski "niz" (*engl. Thread*);
- Blok ;
- Područje unaprjeđenja performansi (PIA[49]).

Blokovi unaprjeđenja (tamnoplavi stupci) predstavljaju skup unaprjeđenja koja se mogu provesti na globalnoj razini, kako bi se poboljšala učinkovitost sustava upravljanja zračnim prometom.

Blokovi unaprjeđenja imaju zadane rokove za implementiranje pripadajućih modula [1]:

- Blok 0 od 2013. – 2018. godine;
- Blok 1 od 2018. – 2023. godine;
- Blok 2 od 2023. – 2028. godine;
- Blok 3 od 2028. godine do nedefinirane godine u budućnosti.

Ta vremenska razdoblja predstavljaju polazna vremena dostupnosti tehnologija i globalnih standarda i procedura za module u svakom Bloku, te krajnji vremenski rok implementacije. Npr., Blok 0 ima vremenski rok za implementaciju od 2013. do 2028. godine. Polazna 2013. godina predstavlja dostupnost tehnologija i globalnih standarda i procedura, dok 2018. godina predstavlja krajnji rok za implementiranje [1].

Svaki Blok unaprjeđenja se sastoji od modula (mali bijeli kvadrati) koji se odnose na tehnologije i postupke. Metodologija Blokova unaprjeđenja sustava zračnog prometa sadrži 50 modula, od kojih svaki predstavlja specifično poboljšanje komponente Komunikacije, navigacije i nadzora (CNS[50]), unutar jednog od Područja unaprjeđenja performansi (PIA). Države nisu obavezne implementirati sve module, već će ih prilagoditi prema lokalnim zahtjevima i prioritetima. Moduli bi se trebali implementirati samo ako i kada zadovolje operativnu potrebu u određenoj državi.

Setovi modula u svakom Bloku su grupirani unutar Područja unaprjeđenja performansi (PIA) kako bi osigurali operativne i izvedbene ciljeve u odnosu na okolinu na koje se odnose.

[49]PIA - Performance Improvement Area
[50]CNS - Communication, navigation and surveillance

Četiri Područja unaprjeđenja performansi su sljedeća [1]:

1. Aerodromske operacije (PIA 1);
2. Globalni interoperabilni sustavi i podaci (PIA 2);
3. Optimalni kapacitet i fleksibilni letovi (PIA 3);
4. Učinkovita putanja leta (PIA 4).

U početku su moduli bili označeni sa brojevima, a sada svaki modul ima svoju pripadajuću oznaku, kao npr. ACAS, SURF, SWIM, TBO i dr. U tablicama 3.1., 3.2., 3.3 i 3.4. navedene su sve stare i nove oznake modula po pripadajućim Područjima unaprjeđenja performansi. Za nove oznake modula su dani puni nazivi na engleskom i hrvatskom jeziku.

U tablici 3.1. navedene su sve stare i nove oznake modula iz 1. Područja unaprjeđenja performansi - Aerodromske operacije, zajedno sa punim nazivima na hrvatskom i engleskom jeziku.

Tablica 3.1. Označavanje ASBU modula iz PIA 1

PODRUČJE UNAPRJEĐENJA PERFORMANSI (PIA)	STARE OZNAKE ASBU MODULA	NOVE OZNAKE ASBU MODULA	PUNI NAZIV ASBU MODULA (engl.)	PUNI NAZIV ASBU MODULA (hrv.)
PIA 1	65	APTA	Airport Accessibility	Dostupnost zračne luke
	70	WAKE	Wake Turbulence Separation	Razdvajanje pri pojavi vrtložnog traga
	15	RSEQ	Runway Sequencing	Sekvencioniranje na uzletno-sletnoj stazi
	75	SURF	Surface Operations	Zemaljske operacije
	80	ACDM	Airport Collaborative Decision Making	Aerodromsko kolaborativno donošenje odluka
	81	RATS	Remote Air Traffic Services	Daljinske operativne usluge u zračnom prometu

Izvor: [13]

U tablici 3.2. navedene su sve stare i nove oznake modula iz 2. Područja unaprjeđenja performansi - Globalni interoperabilni sustavi i podaci, zajedno sa punim nazivima na hrvatskom i engleskom jeziku.

Tablica 3.2. Označavanje ASBU modula iz PIA 2

PODRUČJE UNAPRJEĐENJA PERFORMANSI (PIA)	STARE OZNAKE ASBU MODULA	NOVE OZNAKE ASBU MODULA	PUNI NAZIV ASBU MODULA (engl.)	PUNI NAZIV ASBU MODULA (hrv.)
PIA 2	25	FICE	Flight & Flow Information for a Collaborative Environment(FF/ICE)	Informacije o letu i protoku za kolaborativno okruženje (FF/ICE)
	30	DATM	Digital Aeronautical Information Management	Upravljanje digitalnim aeronautičkim informacijama
	31	SWIM	System Wide Information Management	Upravljanje informacijama iz cijelog sustava
	105	AMET	Advanced Meteorological Information	Napredne meteorološke informacije

Izvor: [13]

U tablici 3.3. navedene su sve stare i nove oznake modula iz 3. Područja unaprjeđenja performansi - Optimalni kapacitet i fleksibilni letovi, zajedno sa punim nazivima na hrvatskom i engleskom jeziku.

Tablica 3.3. Označavanje ASBU modula iz PIA 3

PODRUČJE UNAPRJEĐENJA PERFORMANSI (PIA)	STARE OZNAKE ASBU MODULA	NOVE OZNAKE ASBU MODULA	PUNI NAZIV ASBU MODULA (engl.)	PUNI NAZIV ASBU MODULA (hrv.)
PIA 3	10	FRTO	Free Route Operations	Operacije na slobodnim rutama
	35	NOPS	Network Operations	Mrežne operacije
	84	ASUR	Alternative Surveillance	Alternativni nadzor
	85	ASEP	Airborne Separation	Razdvajanje zrakoplova u zraku
	86	OPFL	Optimum Flight Levels	Optimalne razine leta
	101	ACAS	Airborne Collision Avoidance Systems	Zrakoplovni sustavi za izbjegavanje sudara
	102	SNET	Ground-Based Safety Nets	Zemaljske sigurnosne mreže

Izvor: [13]

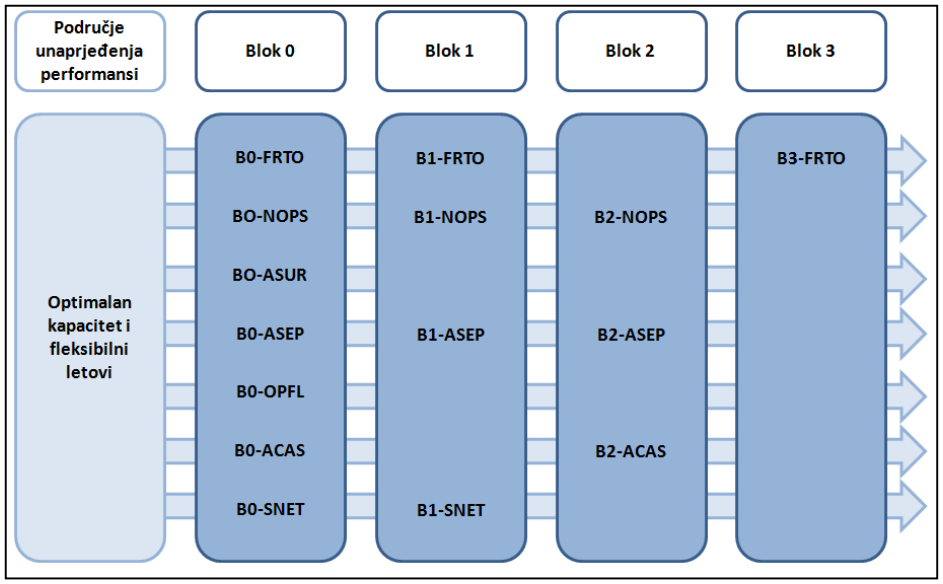
U tablici 3.4. navedene su sve stare i nove oznake modula iz 4. Područja unaprjeđenja performansi - Učinkovita putanja leta, zajedno sa punim nazivima na hrvatskom i engleskom jeziku.

Tablica 3.4. Označavanje ASBU modula iz PIA 4

PODRUČJE UNAPRJEĐENJA PERFORMANSI (PIA)	STARE OZNAKE ASBU MODULA	NOVE OZNAKE ASBU MODULA	PUNI NAZIV ASBU MODULA (engl.)	PUNI NAZIV ASBU MODULA (hrv.)
PIA 4	05	CDO	Continuous Descent Operations	Kontinuirane operacije poniranja
	40	TBO	Trajectory-Based Operations	Operacije zasnovane na putanjama leta
	20	CCO	Continuous Climb Operations	Kontinuirane operacije penjanja
	90	RPAS	Remotely Piloted Aircraft Systems	Daljinski upravljani zrakoplovni sustavi

Izvor: [13]

Većina modula unutar određenog područja unaprjeđenja performansi evoluira kroz uzastopne Blokove, tj. takvi moduli pripadaju tzv. "nizu" (*Thread*). Implementacijom zadnjeg modula u određenom nizu postiže se konačna izvedbena sposobnost.



Slika 3.2. Modulski nizovi iz područja Optimalnog kapaciteta i fleksibilnih letova

Izvor: [13]

Na slici 3.1. kao primjer prikazani su svi modulski nizovi iz područja Optimalnog kapaciteta i fleksibilnih letova. Moduli oznaka ASUR (*engl. Alternative surveillance*) i OPFL (*engl. Optimum flight levels*) nemaju pripadajuće modulske nizove.

Kao primjer jednog niza modula mogu se navesti npr. moduli oznake FRTO[51] (Operacije na slobodnim rutama) iz područja: Optimalan kapacitet i fleksibilni letovi. FRTO moduli imaju svoj modulski niz kroz Blokove 0, 1 i 3.

Koncept Blok unaprjeđenja je prvenstveno razvijen kako bi se osiguralo da se sigurnost zračnog prometa održava i kontinuirano poboljšava, da su programi unaprjeđenja sustava upravljanja zračnim prometom uspješno usklađeni, te da se poveća učinkovitost i smanje negativni utjecaji na ekologiju.

Blokovi unaprjeđenja predstavljaju fleksibilni pristup implementaciji tehnologija. Međunarodna organizacija za civilno zrakoplovstvo (ICAO) naglašava da svi moduli nisu potrebni u svim državama ili regijama, ali zahtjeva od država da module iz Blokova 0 i 1 smatraju kritičnim i da ih što prije implementiraju. Blokovi 0 i 1 predstavljaju temelj za Blokove 2 i 3.

Kratkoročni prioritet je implementacija navigacije zasnovane na performansama (PBN) koja je temelj Bloka 0, a time i neophodna za implementaciju kasnijih Blokova 1, 2 i 3. U Bloku 1 moduli su razvrstani u sljedeće kategorije važnosti: esencijalni (osnovni), poželjni, specifični ili neobavezni (prepušteni slobodnom izboru).

Slijedeći moduli iz Bloka 1 definirani su kao esencijalni [14]:

- B1-APTA: Optimizirana dostupnost zračne luke - PIA 1
- B1-FICE: Povećana interoperabilnost, učinkovitost i kapacitet kroz primjenu Informacija o letu i protoku za kolaborativno okruženje Korak 1 (FF-ICE/1) prije polijetanja - PIA 2
- B1-DATM: Poboljšane usluge kroz integraciju svih Digitalnih aeronautičkih informacija - PIA 2
- B1-SWIM: Unaprjeđene performanse kroz primjenu Informacija iz cijelog sustava - PIA 2
- B1-ASEP: Povećanje kapaciteta i učinkovitosti kroz Upravljanje intervalima (*engl. Interval management*) - PIA 3

[51]FRTO - Free Route Operations

- B1-CDO: Poboljšana fleksibilnost i učinkovitost u profilima poniranja (CDO) koristeći vertikalnu navigaciju (VNAV[52]) - PIA 4
- B1-RPAS: Početna integracija Daljinski upravljanih zrakoplova (RPA[53]) u ne-integrirane zračne prostore

Slijedeći moduli iz Bloka 1 su definirani kao poželjni [14]:

- B1-ACDM: Optimizirane operacije na zračnoj luci pomoću Aerodromskog kolaborativnog donošenja odluka (A-CDM) - PIA 1
- B1-AMET: Poboljšane operativne odluke kroz integrirane i pravovremene meteorološke informacije - PIA 2
- B1-NOPS: Poboljšane performanse toka kroz mrežno operativno planiranje - PIA 3
- B1-SNET: Zemaljske sigurnosne mreže kod prilaza zrakoplova - PIA 3
- B1-TBO: Poboljšana sinkronizacija prometa i početne operacije zasnovane na putanjama leta - PIA 4

Preostali moduli iz Bloka 1 su definirani kao specifični ili neobavezni (prepušteni slobodnom izboru).

Blok unaprjeđenja su nadopunjena tehnološkim smjernicama za upravljanje komunikacijom, navigacijom i nadzorom (CNS). Također, razvija se logička infrastruktura za sustav upravljanja zračnim prometom koja bi opisala veze između ASBU modula, komponenata Globalnog ATM operativnog koncepta (GATMOC - Doc 9854) i operativnog okruženja. ICAO surađuje i sa standardizacijskim tijelima koja razvijaju tehničke standarde (EUROCAE, RTCA[54], AIRINC[55] i dr.). Udruženje pružatelja usluga u zračnoj plovidbi (CANSO) aktivno podržava i promovira ASBU sustav [14].

Moduli iz Blokova unaprjeđenja su ključni za postizanje globalne interoperabilnosti ATM sustava. Moduli mogu biti korišteni kao obrazac za definiranje novog programa ili za provjeravanje pokrivenosti definiranog plana. Moduli olakšavaju planiranje i upravljanje suradnjom sa postojećim modernizacijskim programima, tako što pomažu identificirati

[52]VNAV - Vertical Navigation
[53]RPA - Remotely Piloted Aircraft
[54]RTCA - Radio Technical Commission for Aeronautics
[55]AIRINC - Associates for International Research, Inc.

zajedničke elemente i aktivnosti i pružajući zajedničku terminologiju. Npr., tzv. operativna poboljšanja (OI[56]) iz modernizacijskog programa SESAR su usklađena sa ASBU modulima.

Svaki modul se vrednuje prema "Globalnom popisu za provjeru spremnosti" kako bi se osiguralo da su operativni kriteriji ispunjeni. U njemu se ocjenjuju statusi slijedećih elemenata [13]:

- spremnost standarda;
- dostupnost zrakoplovne opreme i instrumenata (*engl. avionics*);
- dostupnost infrastrukture;
- dostupnost zemaljske automatizacije;
- dostupnost procedura;
- odobrenja za izvođenje operacija.

Ako se utvrdi da bilo koja komponenta nije spremna, takav modul se premješta za implementiranje u budući Blok. Onim modulima, koji nisu potpuno spremni za implementiranje do izdanja Bloka, prikazani su "datumi dostupnosti". Svi moduli Bloka 0 su ispunili kriterije spremnosti 2013. godine [13].

Ako države ne implementiraju potrebne module, nastati će brojni izravni i neizravni troškovi. Troškovi zagušenja i kašnjenja su dva najvažnija izravna troška, a dva najznačajnija predstavnika neizravnih troškova su zrakoplovne nesreće i negativni utjecaj na okoliš.

Za uspješnu implementaciju ASBU modula ključno je slijedeće:

- zrakoplovna industrija mora korisnicima zračnog prostora pravovremeno omogućiti implementaciju potrebnih tehnologija;
- pružatelji usluga u zračnoj plovidbi i zrakoplovni prijevoznici moraju uspostaviti tri ključna sektora: planiranje, upravljanje resursima i kapitalna ulaganja;
- suradnja sa partnerima u zračnom prometu.

Kako bi se prethodne tri točke ostvarile, svi učesnici u zračnom prometu moraju djelovati pomoću kolaborativnog donošenja odluka (CDM).

Koristi od integrirane implementacije nekoliko modula su veće od koristi implementacije pojedinih modula na *ad hoc*[57] ili izoliranoj osnovi.

[56]OI - Operational Improvements

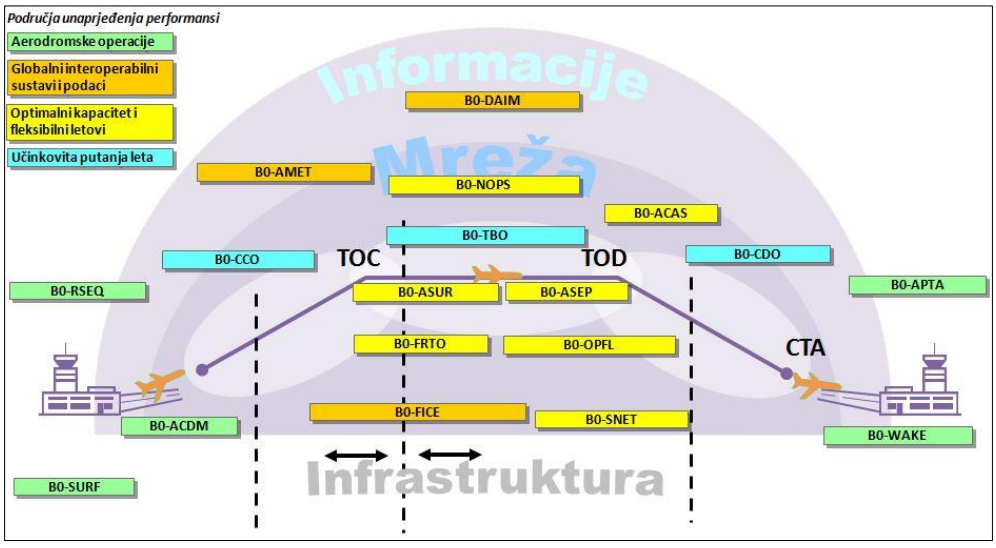
Upravljački alati za donošenje odluka kao što su istraživanja poslovne opravdanosti i analize troškova/koristi (CBA[58]) su ključni pri odlučivanju o potrebnim modulima. Analiza potreba i ovisnosti (NDA[59]) pomaže pri odabiru, određivanja prioriteta i implementaciji ASBU modula [14].

3.1. Moduli Bloka 0

Za Blok 0 nisu potrebne nove tehnologije, već su svi pripadajući moduli spremni za implementaciju. Blok 0 predstavlja temelj za zamišljene buduće sustave zračnog prometa. ICAO je definirao materijale potrebne za uspješnu implementaciju modula Bloka 0. Države članice određuju koje će module i kada implementirati. Moduli ili tzv. "sposobnosti" Blokova su operativni u najmanje dva različita operativna područja.

Glavna područja za poboljšanje izvedbe (PIA) imaju slijedeći broj modula [13]:

- Aerodromske operacije (PIA 1) - 5 modula;
- Globalno interoperabilni sustavi i podaci (PIA 2) - 3 modula;
- Optimalan kapacitet i fleksibilni letovi (PIA 3) - 7 modula;
- Učinkovita putanja leta (PIA 4) - 3 modula.



Slika 3.3. Blok 0 u perspektivi

Izvor: [3]

[57]*Ad hoc* - označava neko rješenje za neki specifični problem ili zadaću koji se ne generalizira, te koji se ne smije primjenjivati u druge svrhe. Može također imati konotacije nekog provizornog rješenja, neadekvatnog planiranja ili improviziranih događaja.
[58]CBA - Cost/benefit analyses
[59]NDA - Needs and dependencies analyses

U Bloku 0 ima ukupno 18 modula. ICAO je izradio tzv. tehnološke smjernice za sve module Bloka 0 kako bi olakšali državama implementaciju potrebne tehnologije. Tehnologije iz Bloka 0 moraju iskoristiti postojeću elektroniku i instrumente zrakoplova. One "sposobnosti" kojima nedostaje određena "zrelost", po svom sadržaju ili opisanoj koristi s namjerom su smještene u kasnijim Blokovima. Kao primjer mogu se navesti moduli oznake ACAS koji se odnose na Zrakoplovne sustave za izbjegavanje sudara. Modul B0-ACAS ima nastavak svog modulskog niza tek u Bloku 2 (B2-ACAS), iz razloga što za Blok 1 nije postignuta potrebna "zrelost".

Blokovi unaprjeđenja također odgovaraju na pitanje nehomogenog razvoja diljem regija. Svaki Blok i njegove temeljne komponente su namijenjene da međusobno funkcioniraju bez problema, neovisno o tome kako su one implementirane u susjednim državama. Time se osigurava da su postupci, obuka, politika i ostala infrastruktura dosljedni, što omogućuje siguran prelazak na unaprjeđeniji zračni prostor.

Područje za poboljšanje izvedbe 3 se sastoji od sedam modula. Svih sedam modula iz trećeg Područja unaprjeđenja performansi su sastavni dijelovi tzv. modulskih "nizova" što znači da će njihova implementacija predstavljati temelj za module unaprjeđenja optimalnog kapaciteta i fleksibilnih letova u budućim Blokovima [13].

Moduli unaprjeđenja optimalnog kapaciteta i fleksibilnih letova u Bloku 0 su slijedeći [13]:

- B0-FRTO: Poboljšane operacije zbog unaprjeđenja *en-route* putanja leta
  - Unaprjeđenje *en-route* putanje leta postići će se:
    - implementacijom PBN koncepta i fleksibilnog praćenja kako bi se izbjeglo značajno utjecanje vremena i ponudila veća učinkovitost goriva;
    - fleksibilnim korištenjem zračnog prostora (FUA[60]) putem alokacije zračnog prostora posebnih aktivnosti;
    - planiranjem zračnog prostora i mjerenjima zasnovanim na vremenu;
    - kolaborativnim donošenjem odluka (CDM) za rutni zračni prostor s povećanom razmjenom informacija među učesnicima ATM-a.

[60]FUA - Flexible Use of Airspace

- B0-ASEP: Situacijska osviještenost zračnog prometa (ATSA[61])
  - ATSA pruža grafički prikaz prometa u pilotskoj kabini kako bi se pomoglo pilotu u vizualnoj akviziciji prometnog stanja koja je drastično izmijenjena kao rezultat situacijske promjene.

- B0-ASUR: Početna mogućnost za zemaljski nadzor
  - Zemaljski nadzor podržan od ADS-B[62] *Out* sustava i/ili multilateracije širokog područja (WAM[63]) poboljšati će sigurnost, pogotovo potragu i spašavanje i kapacitet putem smanjenja razdvajanja.

- B0-OPFL: Poboljšan pristup optimalnim razinama leta putem procedura penjanja/poniranja koristeći ADS-B
  - Uporaba *"In Trail"* procedure (ITP) omogućuje rutno penjanje ili poniranje kako bi se omogućilo bolje korištenje optimalnih razina leta u zračnim prostorima u kojima je nedostatak nadzora kontrole zračnog prometa i/ili su trenutno implementirani veliki separacijski minimumi koji predstavljaju ograničavajuće čimbenike.

- B0-NOPS: Poboljšane performanse protoka putem planiranja na razini cijele mreže
  - Kolaborativna ATFM mjera za regulaciju vršnih tokova, koja uključuju *slotove* odlaska, upravljanu brzina ulaska u određeni dio zračnog prostora za promet duž određene putanje, te zahtijevano vrijeme na putnoj navigacijskoj točci ili na granici područja letnih informacija (FIR)/sektora uzduž leta.

- B0-ACAS: Poboljšanja sustava za izbjegavanje sudara zrakoplova u zraku (ACAS[64])
  - Navedena poboljšanja odnose se na kratkoročna poboljšanja performansi postojećih ACAS sustava.

- B0-SNET: Osnovne zemaljske sigurnosne mreže
  - U ovom su modulu za nadzor operativnog okruženja tijekom faza leta u zraku predloženi sustavi upozorenja kao što su: STCA[65], APW[66] i MSAW[67].

[61]ATSA - Air Traffic Situational Awareness
[62]ADS-B - Automatic dependent surveillance – broadcast
[63]WAM - Wide-area Multilateration
[64]ACAS - Air Collision Avoidance System
[65]STCA - Short Term Conflict Area
[66]APW - Area Proximity Warning

Zemaljske sigurnosne mreže čine temeljni doprinos sigurnosti i ostaju potrebne sve dok operativni koncept ostaje usmjeren na čovjeka.

3.2. Moduli Bloka 1

Blok 1 uvelike ovisi o uspješnom implementiranju modula iz Bloka 0, iz razloga što mnogi modulski "nizovi" imaju svoje module u Bloku 0 pa su takvi neophodni za implementiranje.

Moduli iz Bloka 1 zadovoljavaju jedan od slijedećih nekoliko kriterija [1]:

- operativno unaprjeđenje predstavlja dobro poznat koncept koji još nije testiran;
- operativno unaprjeđenje je uspješno testirano u simuliranom okruženju;
- operativno unaprjeđenje je uspješno testirano u kontroliranom okruženju;
- operativno unaprjeđenje je odobreno i spremno za uvođenje.

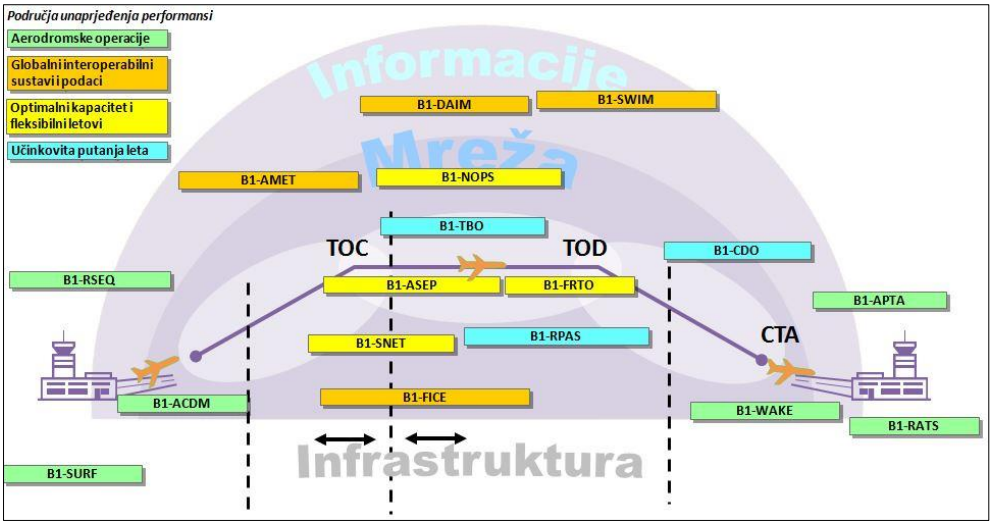
Za razliku od Bloka 0, Blok 1 će zahtijevati puno opsežnija razmatranja o budžetu jer moduli iz Bloka 1 uključuju nove zračne tehnologije koje se moraju implementirati na zemlji ili u zraku, a to rezultira u velikim troškovima za sve učesnike.

Postoje i problemi oko usklađivanja opreme i "sposobnosti" kako bi se u potpunosti iskoristile sve potencijalne prednosti Bloka 1. Rješavanje tih pitanja će omogućiti uspješnu implementaciju budućih Blokova.

Glavna Područja za poboljšanje izvedbe (PIA) imaju slijedeći broj modula [13]:

- Aerodromske operacije (PIA 1) - 6 modula;
- Globalno interoperabilni sustavi i podaci (PIA 2) - 4 modula;
- Optimalan kapacitet i fleksibilni letovi (PIA 3) - 4 modula;
- Učinkovita putanja leta (PIA 4) - 3 modula.

[67]MSAW - Maximum Safe Altitude Warning



Slika 3.4. Blok 1 u perspektivi

Izvor: [3]

Treće Područje unaprjeđenja performansi ima četiri modula. Moduli unaprjeđenja optimalnog kapaciteta i fleksibilnih letova u Bloku 0 su slijedeći [13]:

- B1-FRTO: Poboljšane operacije pomoću optimiziranog ATS rutiranja
  - Pomoću PBN-a omogućuje bliže i dosljednije razmake između ruta, zakrivljene prilaze slijetanju, paralelne odlaske i smanjenje veličine prostora za čekanje.

- B1-NOPS: Poboljšane performanse protoka pomoću operativnog planiranja mreže
  - Poboljšane performanse protoka postići će se uvođenjem unaprjeđenih procesa za upravljanje protokom zračnog prometa ili grupama letova.

- B1-ASEP: Povećani kapacitet pomoću upravljanja razmacima (IM[68])
  - Upravljanje razmacima (IM) unaprjeđuje upravljanje prometnim tokovima i razmacima između zrakoplova. To će omogućiti brojne operativne prednosti.

- B1-SNET: Zemaljske sigurnosne mreže pri završnom prilazu
  - Korištenje zaslona prilaznog puta (APM[69]) će dovesti do povećanja sigurnosti tako što će se smanjiti rizik od CFIT[70] nesreća tijekom završnog prilaza.

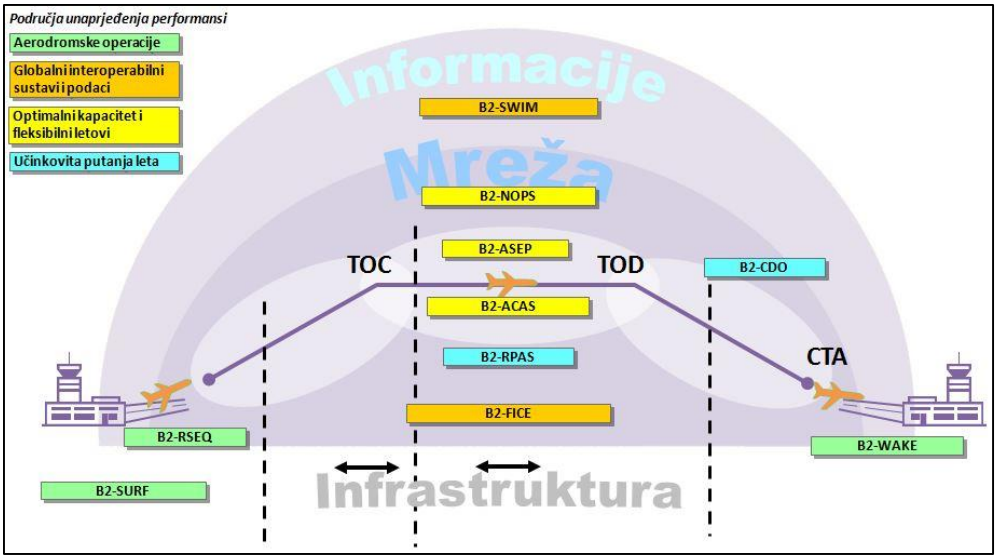
[68]IM - Interval Management
[69]APM - Approach Path Monitor
[70]CFIT - Controlled Flight IntoTerrain

3.3. Moduli Blokova 2 i 3

Ovi Blokovi moraju biti spremni za implementiranje u određenim vremenskim rokovima. Sa implementacijom modula iz Bloka 2 će se započeti tek nakon 2023. godine, a sa modulima iz Bloka 1 nakon 2028. godine. Njihov uspjeh također ovisi o implementaciji modula iz prethodnih Blokova (0 i 1). Blok 3 predstavlja završno stanje kako je to predviđeno u dokumentu ICAO-a br. 9854 pod nazivom "Operativni koncept upravljanja globalnim zračnim prometom" (GATMOC[71]).

Glavna Područja za poboljšanje izvedbe (PIA) u Bloku 2 imaju slijedeći broj modula [13]:

- Aerodromske operacije (PIA 1) - 3 modula;
- Globalno interoperabilni sustavi i podaci (PIA 2) - 2 modula;
- Optimalan kapacitet i fleksibilni letovi (PIA 3) - 3 modula;
- Učinkovita putanja leta (PIA 4) - 2 modula.



Slika 3.5. Blok 2 u perspektivi
Izvor: [3]

[71]GATMOC - Global ATM Operational Concept

Treće Područje unaprjeđenja performansi u Bloku 2 ima tri modula. Moduli unaprjeđenja optimalnog kapaciteta i fleksibilnih letova u Bloku 2 su slijedeći [13]:

- B2-NOPS: Povećana uključenost korisnika u dinamičkom korištenju mreže
  - Primjenom kolaborativnog donošenja odluka (CDM), koje je podržano od strane infrastrukture upravljanja informacijama povezanih sa cjelokupnim sustavom (SWIM) omogućiti će se korisnicima zračnog prostora da upravljaju konkurencijom i da određuju prioritete između kompliciranih ATFM rješenja, tamo gdje mreža ili njezina čvorišta (zračne luke, sektori) više ne pružaju dovoljno kapaciteta koji bi zadovoljio korisničku potražnju.

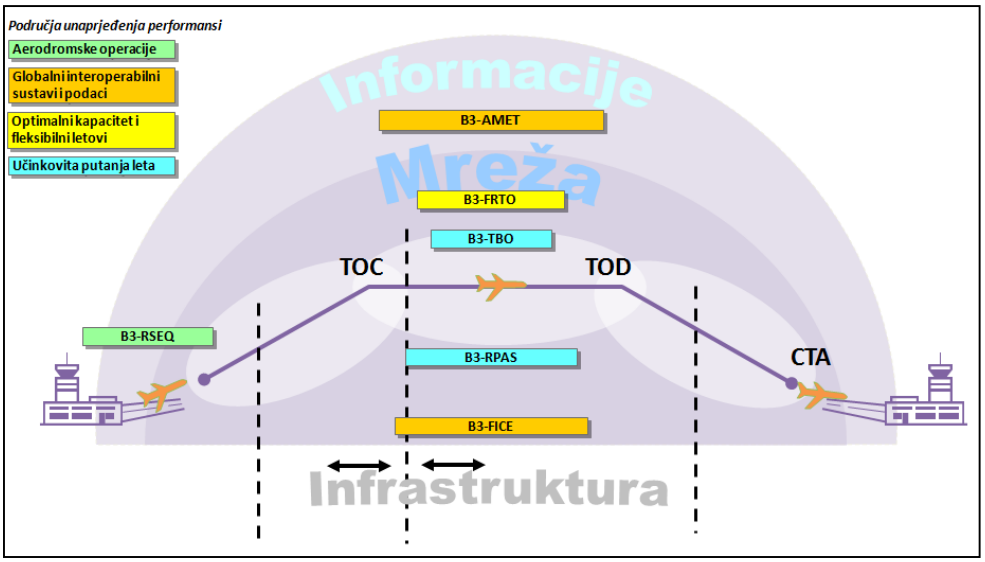
- B2-ASEP: Razdvajanje zrakoplova u zraku (ASEP[72])
  - Letačka posada će biti privremeno ovlaštena za osiguranje razdvajanja između odgovarajuće opremljenih zrakoplova u određenom zračnom prostoru. Razdvajanje od strane letačke posade će omogućiti brojne operativne prednosti i smanjiti potrebu za rješavanje sukoba.

- B2-ACAS: Novi sustav izbjegavanja sudara zrakoplova u zraku
  - Implementacija ACAS-a koji je prilagođen operacijama temeljenim na putanjama leta. Takav novi sustav će pomoću ADS-B-a i prilagodljive logike izbjegavanja sudara osigurati poboljšanu funkciju nadzora.

Glavna Područja za poboljšanje izvedbe (PIA) u Bloku 3 imaju slijedeći broj modula [13]:

- Aerodromske operacije (PIA 1) - 1 modul;
- Globalno interoperabilni sustavi i podaci (PIA 2) - 2 modula;
- Optimalan kapacitet i fleksibilni letovi (PIA 3) - 2 modula;
- Učinkovita putanja leta (PIA 4) - 2 modula.

[72]ASEP - Airborne Separation



Slika 3.6. Blok 3 u perspektivi

Izvor: [3]

Treće Područje unaprjeđenja performansi u Bloku 3 ima jedan modul. Moduli unaprjeđenja optimalnog kapaciteta i fleksibilnih letova u Bloku 3 su slijedeći [13]:

- B3-FRTO: Upravljanje kompleksnošću prometa
  - Uvođenje koncepta upravljanja kompleksnošću prometa koji će se baviti događajima i pojavama koji utječu na prometne tokove zbog fizičkih ograničenja, ekonomskih razloga ili posebnih događaja ili uvjeta. Upravljanje kompleksnošću prometa biti će moguće uvođenjem novih ATM sustava koji će se temeljiti na SWIM-u.

3.4. Strateški plan implementacije ASBU modula

Svaki pružatelj usluga u zračnoj plovidbi trebao bi razviti strateški plan za implementiranje ASBU modula. Ovo se prvenstveno odnosi na module Bloka 0 i 1. Moduli Bloka 0 predstavljaju polaznu točku u ostvarivanju usklađenog i interoperabilnog sustava zračnog prometa [14].

Implementacija ASBU modula zahtijeva investiciju ne samo od strane pružatelja usluga u zračnoj plovidbi, već i od korisnika zračnog prostora.

Koraci potrebni za razvoj strateškog plana implementacije modula Bloka 0 i 1 su slijedeći [14]:

1. Izbor mogućih modula za implementiranje iz Bloka 0 koji ispunjavaju organizacijske ciljeve.
2. Provedba analize potreba i ovisnosti (NDA) modula Bloka 0.
3. Utvrđivanje razlika između "sposobnosti" sadašnjih sustava i modula iz Bloka 0.
4. Razvoj poslovnog slučaja pomoću analize troškova/koristi (CBA).
5. Razvoj vremenski ograničenog plana za implementaciju modula Bloka 0 uzimajući u obzir izvore financiranja.
6. Odabir modula iz Bloka 1 (barem osnovnih) kako bi se postigao napredak u postizanju globalno usklađenog sustava zračnog prometa.
7. Provedba analize potreba i ovisnosti (NDA) modula Bloka 1.
8. Provedba analize utjecaja kako bi se odredili prioriteti kod implementacije "sposobnosti" modula Bloka 1.
9. Razvoj poslovnog slučaja pomoću analize troškova/koristi (CBA).
10. Završetak strateškog plana na temelju izvora financiranja sa određenim vremenskim rokom za implementaciju.

3.4.1. Analiza potreba i ovisnosti (NDA)

Analiza potreba i ovisnosti (NDA) pomaže pružateljima usluga zračnog prometa da sami odrede koji od ASBU modula su im potrebni. To uključuje standarde, tehnologiju, opremu, procedure, obuku i drugo. Analiza potreba i ovisnosti (NDA) dodatno pomaže pružateljima usluga u zračnoj plovidbi pri određivanju ovisnosti modula u odnosu na druge module. Ako se pokaže da su određeni moduli ovisni jedan o drugome, potrebna je integrirana implementacija istih.

Analiza potreba i ovisnosti (NDA) ostvaruje sljedeće [14]:

- identificira ASBU kandidate module koji su usklađeni sa strateškim ciljevima organizacije;
- određuje specifične potrebe u okviru tih kandidata modula;
- definira ovisnosti o drugim ASBU modulima;
- procjenjuje što organizacija trenutno ima, a da zadovoljava potrebe kandidata modula;

- naglašava razlike koje postoje između trenutnih "sposobnosti"i potreba kandidata modula;
- definira područja gdje nisu postignute željene razine ASBU performansi i pomaže u otklanjanju tih nedostataka kako bi se zadovoljila ICAO vizija interoperabilnosti.

3.4.2. Analiza troškova/koristi (CBA)

Koristi ili prednosti od implementacije Blokova unaprjeđenja sustava zračnog prometa trebaju premašiti troškove implementacije. Troškovi i koristi se dijele između: država, zrakoplovnih prijevoznika, pružatelja usluga u zračnoj plovidbi, zračnih luka i putnika.

Glavni troškovi implementacije ASBU modula su:

- troškovi opreme;
- troškovi infrastrukture;
- troškovi sustava;
- troškovi obuke.

Analiza osjetljivosti je alat koji se može koristiti za ispitivanje stupnja nepouzdanosti u analizi troškova i koristi (CBA) i utjecaja nepouzdanosti na rezultate istraživanja. Zbog gore navedenog potrebne su pretpostavke za [15]:

- prometne prognoze;
- kapitalne troškove opreme;
- cijene zrakoplovne opreme i instrumenata;
- udio flote opremljene sa potrebnom tehnologijom;
- poboljšanje učinkovitosti zrakoplova;
- vrijednost po satu ušteđenog putničkog vremena i dr.

3.4.3. *Gap* analiza i analiza utjecaja

Pomoću *gap* analize se može utvrditi razlika između onoga što postoji i cijelog niza potreba koje treba zadovoljiti.

Analiza utjecaja se razlikuje od *gap* analize. Analiza utjecaja istražuje kakav će utjecaj imati implementiranje željenog unaprjeđenja. To će na kraju pokazati isplati li se implementirati određeni modul, ili se može implementirati neka druga tehnologija koja će biti bolja.

Postoje četiri razine utjecaja koji se dobiju iz ove analize [14]:

1. Bez utjecaja: ne pruža nikakav napredak ako se željeni ciljevi ispune u namjeravanom razdoblju, no ne mora nužno značiti da ne postoji određena korist od implementacije željenog unaprjeđenja. "Bez utjecaja" može značiti kako trenutna "sposobnost" (tehnologija) pružatelja usluga nije na odgovarajućoj izvedbenoj razini, pa da iz tog razloga možda nije isplativa u ovom trenutku.
2. Ograničen utjecaj: pruža se ograničen napredak ako se ispune željeni ciljevi u odabranom razdoblju.
3. Veliki utjecaj: pruža zadovoljavajući napredak ako se ispune željeni ciljevi unutar očekivanog vremenskog okvira.
4. Prekomjerni utjecaj: pruža puno veći napredak nego što je to potrebno za planirano vremensko razdoblje, ili znači da se razine unaprjeđenja mogu postići drugim sredstvima.

3.4.4. Proces razvoja poslovnog slučaja

Proces razvoja poslovnog slučaja ocjenjuje alternativne ASBU module, odabrane pomoću analize potreba i ovisnosti, tako da procjenjuje troškove i koristi od svakog modula pomoću procijenjenog životnog vijeka trajanja ulaganja i identificira prioritete za implementiranje.

Mora postojati više poslovnih slučajeva, po jedan za svakog važnog učesnika. Različiti učesnici imaju vrlo različite kriterije pri provođenju odluka o ulaganju.

Npr., ono što se jednom pružatelju usluga čini kao odlična investicijska odluka, komercijalni zrakoplovni prijevoznik može odbaciti kao lošu poslovnu odluku.

Ključni učesnici su:

- pružatelji usluga zračne plovidbe;
- komercijalni zrakoplovni prijevoznici;
- zračne luke;
- generalna avijacija;
- vojni korisnici;
- zajednica.

Ključne mjere učinkovitosti su [14]:

- ušteđeno vrijeme leta ili kašnjenje;

- povećanje u broju letova;
- smanjenje potrošnje goriva i emisija;
- smanjeni troškovi održavanja;
- predvidljivost: smanjenje preusmjeravanja/otkazivanja letova.

Poslovni slučaj treba biti pozitivan kod svakog modula, kako za pružatelja usluga, tako i za korisnika usluge zračne plovidbe kako bi njegova implementacija bila poslovno opravdana.

3.4.5. Izvori financiranja

Pomoću poslovnog slučaja može se odrediti iznos novčanih sredstava koja su potrebna za ulaganje u odabrane ASBU module, kako bi se ispunili operativni zahtjevi za više godina. Pružatelj usluga u zračnoj plovidbi bi također trebao prilagoditi svoj proračun tome iznosu. Ta sredstva služe za kupnju i implementaciju odgovarajuće opreme, ali i za troškove rada. U većini slučajeva, vlada države osigurava potrebna novčana sredstva za unaprjeđenja sustava zračnog prometa.

U manje razvijenim državama najveći problem predstavlja pronalazak potrebnih novčanih sredstava za implementaciju željenih modula. Unutar Europske unije taj se problem pokušava riješiti sufinanciranjem iz raznih fondova.

3.5. Status implementacije Bloka 0 u EUR/NAT državama

U rujnu 2014. godine ICAO je poslao državama"CAEP[73] ASBU Blok 0 Upitnik o implementaciji", a kao rok za dovršenje je postavljen 31. prosinac 2014. Upitnik je podijeljen na različita područja unaprjeđenja izvedbi ASBU-a. Do sada su pristigli odgovori iz 47 država, ali je ostalo još mnogo nedovršenih [16].

EUROCONTROL-ov *"2014 ASBU Implementation Monitoring Report"* daje prikaz napretka implementacije ICAO ASBU modula Bloka 0 tijekom izvještajnog razdoblja 2013.-2014. Napredak implementacije je izvijestila 41 ECAC država i četiri države koje nisu članice

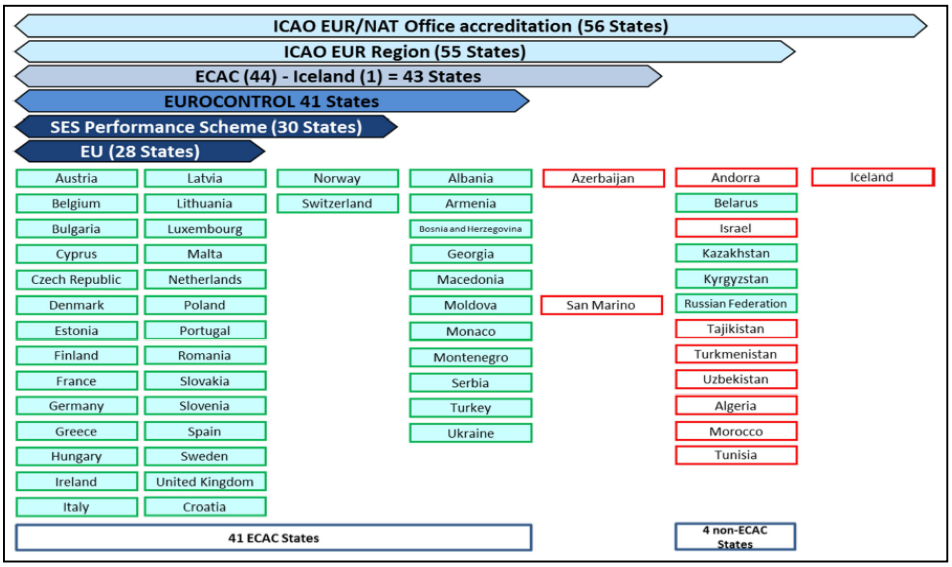
[73]CAEP - Committee on Aviation Environmental Protection

ECAC-a u ICAO EUR/NAT regiji, gdje su prikupljeni podaci o ECAC državama na temelju ESSIP/LSSIP[74] procesa [16].

"2014 ASBU Implementation Monitoring Report" je razvio EUROCONTROL u suradnji s ICAO EUR/NAT uredom. Cilj je informirati ICAO Grupu za planiranje europske zračne plovidbe (EANPG[75]) o ostvarenom napretku i zatražiti daljnju podršku za metodologiju izvješćivanja i praćenja.

Države, Regionalne grupe zadužene za planiranje i implementaciju (PIRG[76]) i zrakoplovna industrija moraju ICAO-u, a i jedni drugima pružiti pravovremenu informaciju, u pogledu statusa implementacije GANP-a, uključujući iskustva stečena tijekom implementacije njegovih odredbi.

Regionalne grupe zadužene za planiranje i implementaciju su pozvane da koriste ICAO standardizirane alate ili odgovarajuće regionalne alate za praćenje i da, u suradnji s ICAO-om, analiziraju status implementacije navigacijskih sustava zračnog prometa.



Slika 3.2. Prikaz država koje su podnijele izvješće

Izvor: [16]

[74]ESSIP/LSSIP - European Single European Sky Implementation Programme/Local Single European Sky Implementation Programme

[75]EANPG - European Air Navigation Planning Group

[76]PIRG - Planning and Implementation Regional Group

Izvješće o napretku se temelji na informacijama koje su podnijele 41 ECAC države i četiri države koje nisu članice ECAC-a (označene zelenom bojom). Dvije ECAC države (Azerbajdžan i San Marino) još nisu podnijele izvješće. Od 13 država koje nisu članice ECAC-a, njih devet nije podnijelo izvješće o implementaciji (označene crvenom bojom).

EUROCONTROL-ov ESSIP/LSSIP proces je snažan mehanizam za podršku razvojnog planiranja i izvješćivanja Jedinstvenog europskog neba (SES) i modernizacijskog programa SESAR.

Ovaj ciklički proces obuhvaća tri glavne komponente:

1. Razvojno planiranje: ESSIP plan
2. Razvojno izvješćivanje i praćenje na lokalnoj razini: LSSIP dokumenti
3. Razvojno izvješćivanje i praćenje na europskoj razini: ESSIP izvješće

European Single European Sky Implementation Programme (ESSIP) plan sadrži detaljne implementacijske ciljeve te *Stakeholder Lines of Action* (SLoA) koji predstavljaju pojedine ciljeve koje određeni učesnici trebaju ostvariti u koordiniranim vremenskim periodima. Ciljnu skupinu ESSIP plana čini osoblje koje se bavi planiranjem iz različitih učesnika zračnog prometa koji sudjeluju u ESSIP-u, na europskoj i nacionalnoj razini. *European Single European Sky Implementation Programme* (ESSIP) plan se izdaje svake godine [16].

European Single European Sky Implementation Programme (ESSIP) izvješće ocjenjuje razinu uspjeha u napretku implementacije ESSIP ciljeva na ECAC razini za dobrobit svih učesnika zračnog prometa. Izvješće ukazuje na kritične probleme, glavne razloge kašnjenja i (pozitivni) napredak za svaki od ciljeva, te predlaže korektivne mjere na razini mreže. Izvješće se temelji na podacima prikupljenim iz LSSIP dokumenata i zatvara "petlju" između faze praćenja i faze planiranja iz ESSIP/LSSIP godišnjeg ciklusa. Ne smije se odgađati sa izdavanjem ICAO izvješća. Izvješće treba sadržavati sve što je dostupno u odnosu na postavljeni krajnji rok implementacije. ICAO zahtjeva od država da ne kasne sa podnošenjem izvješća. Izvještaji su posebno izrađeni za ECAC države a posebno za države koje nisu članice ECAC-a [16].

Moduli su podijeljeni na dva dijela s obzirom na razinu prioriteta, odnosno na "Prioritet 1" i "Druge module". U tablici 3.1. prikazani su moduli "Prioriteta 1" i njihovi pripadajući ESSIP ciljevi sa nazivima, kratkim opisima i statusima implementacije.

Tablica 3.1. Moduli "Prioriteta 1"

B0-ASBU	ESSIP CILJ	NAZIV ESSIP CILJA	OPIS ESSIP CILJA	STATUS IMPLEMENTACIJE
B0-ACAS	ATC 16	Implementacija ACAS II koji je kompatibilan sa TCAS II verzijom 7.1	Poboljšanja u sustavu ACAS	Na vrijeme
B0-APTA	NAV 10	Implementacija postupaka prilaza sa vertikalnim vođenjem (APV[77])	Optimiziranje postupaka prilaza koje uključuju vertikalno vođenje	Na vrijeme
B0-DATM	INF 04	Implementacija integriranog informiranja	Poboljšanje usluge putem Upravljanja digitalnim zrakoplovnim informacijama	Kasni
B0-FICE	ATC 17	Elektronički dijalog kao automatizirana pomoć kontrolorima zračnog prometa tijekom koordinacije i prijenosa odgovornosti	Povećana interoperabilnost, učinkovitost i kapacitet tijekom integracije zemlja-zemlja	Na vrijeme
	ITY-COTR	Implementacija automatiziranih postupaka koordinacije zemlja-zemlja		Kasni
	ITY-FMTP	Primjena zajedničkog protokola prijenosa poruka o letu (FMTP)		Kasni
B0-SNET	ATC 02.2	Implementacija zemaljskih sigurnosnih mreža - *Short Term Conflict* Alert (STCA) - Razina 2	Povećana učinkovitost sustava STCA	Kasni
	ATC 02.5	Implementacija zemaljskih sigurnosnih mreža - *Area Proximity Warning* (APW) - Razina 2	Povećana učinkovitost sustava APW	Na vrijeme
	ATC 02.6	Implementacija zemaljskih sigurnosnih mreža - *Minimum Safe Altitude Warning* (MSAW) - Razina 2	Povećana učinkovitost sustava MSAW	Na vrijeme
B0-SURF	AOP 04.1	Implementacija *Advanced Surface Movement Guidance and Control System* (A-SMGCS) - Razina 1	Sigurne i učinkovite operacije na površini (A-SMGCS Razina 1 i Razina 2)	Kasni
	AOP 04.2	Implementacija *Advanced Surface Movement Guidance and Control System* (A-SMGCS) - Razina 2		Na vrijeme

Izvor: [13]

[77]APV - Approach Procedures with Vertical guidance

U tablici 3.2. prikazani su "Drugi moduli" i njihovi pripadajući ESSIP ciljevi sa nazivima, kratkim opisima i statusima implementacije.

Tablica 3.2."Drugi moduli"

B0-ASBU	ESSIP CILJ	NAZIV ESSIP CILJA	OPIS ESSIP CILJA	STATUS IMPLEMENTACIJE
B0-ACDM	AOP 05	Implementacija aerodromskog kolaborativnog donošenja odluka (A-CDM)	Poboljšane aerodromske operacije pomoću aerodromskog kolaborativnog donošenja odluka (A-CDM)	Kasni
B0-ASUR	ITY-SPI	Performanse i interoperabilnost nadzora	Početna sposobnost zemaljskog nadzora	Na vrijeme
B0-CDO	ENV 01	Implementacija CDO tehnika za smanjenje utjecaja na okoliš	Poboljšanja fleksibilnosti i učinkovitosti u profilima poniranja (CDO)	Kasni
B0-FRTO	AOM 19	Implementacija naprednog upravljanja zračnim prostorom	Poboljšane operacije zbog unaprijeđenih *en-route* putanja	Na vrijeme
	NAV-03	Implementacija P-RNAV		Kasni
B0-NOPS	FCM 01	Implementacija unaprijeđenih usluga taktičkog upravljanja tokovima	Poboljšane performanse tokova pomoću planiranja na razini cijele mreže	Kasni
B0-RSEQ	ATC 07.1	Implementacija alata za upravljanje dolascima	Poboljšani prometni tokovi pomoću sekvencioniranja na uzletno-sletnoj stazi (AMAN[78]/DMAN[79])	Rizik kašnjenja
	ATC 15	Implementacija (u *en-route* operacijama) mehanizama za razmjenu informacija, alata i postupaka kao podrška osnovnim AMAN operacijama		Na vrijeme
B0-TBO	ITY-AGDL	Inicijalne usluge podatkovnih veza zrak-zemlja kontrola zračnog prometa iznad FL-285	Poboljšana sigurnost i učinkovitost pomoću inicijalne primjene *en-route* podatkovne veze	Kasni

Izvor: [13]

S obzirom na raznolikost pojedinih statusa implementacije i ograničen broj država koje su pružile informacije, ne može se točno utvrditi ukupni status implementacije za svaki ASBU za

[78]AMAN - Arrival Management
[79]DMAN - Departure Management

države koje nisu članice ECAC-a. Zbog toga se potiču ostale države koje nisu članice ECAC-a da pruže informacije o njihovoj implementaciji ASBU-a u sljedećem izvještajnom ciklusu.

3.6. Status implementacije Bloka 0 u Republici Hrvatskoj

Hrvatska je članica EUROCONTROL-a što ju obvezuje da se mora pridržavati ESSIP/LSSIP planova. Hrvatska kontrola zračne plovidbe (HKZP) zbog toga konstantno modernizira i unaprjeđuje svoju infrastrukturu i opremu da bi mogla učinkovito pružati svoje usluge. Također, nužno je i korištenje najnovijih *software-a* za upravljanje zračnim prometom.

Jedinica za upravljanje zračnim prometom u Hrvatskoj kontroli zračne plovidbe, pored Centra za kontrolu zračnog prometa Zagreb, uključuje i regionalne centre za kontrolu zračnog prometa: Pula, Rijeka, Lošinj, Split/Brač, Zadar, Dubrovnik i Osijek [17].

Hrvatska kontrola zračne plovidbe ima plan za modernizaciju i zamjenu kapitalne opreme potrebne za obavljanje svojih usluga koji obuhvaća slijedeća postrojenja [17]:

- Navigacijska pomagala;
- Meteorološke sustave;
- Komunikacije;
- Zemaljske veze;
- Nadzorne uređaje; i
- Središnji sustav upravljanja zračnim prometom koji obuhvaća sve alate koji služe za pružanje usluga kontrole zračne plovidbe.

Tijekom zadnjih nekoliko godina Hrvatska kontrola zračne plovidbe je pokrenula niz projekata za modernizaciju i zamjenu kapitalne opreme potrebne za obavljanje svojih usluga. Neki od najvažnijih projekata Hrvatske kontrole zračne plovidbe, a koji su vezani uz unaprjeđenje sustava upravljanja zračnim prometom su [18]:

- Projekt nadogradnje hrvatskog sustava za upravljanje zračnim prometom (CroATMS[80])/COOPANS[81] (operativan od 2014. godine);

[80]CroATMS - Croatian Air Traffic Management System
[81]COOPANS - Cooperation between ANS providers

- Projekti modernizacije i zamjene NAV (navigacija) sustava (biti će operativan 2019. godine);
- Projekt fleksibilne uporabe zračnog prostora (FUA) (operativan od 2015. godine);
- Projekt proširenja VHF/UHF[82] radio postaja Centra oblasne kontrole/završne kontrolirane oblasti (TMA[83]) (operativan od 2014. godine);
- Projekti DATA-COM (podaci-komunikacije) domene (biti će operativan 2019. godine);
- Projekt modernizacije sustava AIM i sustava za obradu meteoroloških (MET) podataka (biti će operativan 2016. godine);
- Program nadogradnje sustava zemaljskog nadzora (biti će operativan 2019. godine) i dr.

Kod Hrvatske kontrole zračne plovidbe najveći novitet predstavlja uvođenje u operativni rad novog sustava za upravljanje zračnim prometom, koji se temelji na najnovijoj verziji COOPANS softvera. Kratica COOPANS znači partnerstvo između HKZP-a i još četiri pružatelja usluga u zračnoj plovidbi: Austrocontrol (Austrija), LFV[84] (Švedska), Naviair[85] (Danska) i IAA[86] (Irska). Osim što je novi sustav jedan od najmodernijih i najsigurnijih sustava za upravljanje zračnim prometom u Europi, on također donosi i brojne prednosti kao što su: kvalitetniji alati za rad kontrolora zračnog prometa i veću sigurnost zračnog prometa, smanjenje kašnjenja i emisije štetnih plinova [17].

Mora se napomenuti i da je vojska Republike Hrvatske implementirala 1., 2. i 3. razinu Fleksibilne uporabe zračnog prostora (FUA).

Svi navedeni projekti su u skladu sa SES Inicijativom, tj. sa metodologijom Blokova unaprjeđenja sustava zračnog prometa (ASBU).

[82]VHF/UHF - Very High Frequency/Ultra High Frequency
[83]TMA - Terminal Control Area
[84]LFV - Luftfartsverket
[85]Naviair - Navigation via air
[86]IAA - Irish Aviation Authority

4. MODULI UNAPRJEĐENJA OPTIMALNOG KAPACITETA I FLEKSIBILNIH LETOVA

Moduli iz područja unaprjeđenja optimalnog kapaciteta i fleksibilnih letova predstavljaju ključna unaprjeđenja globalnog sustava upravljanja zračnim prometom (ATM). Međunarodna organizacija za civilno zrakoplovstvo (ICAO) vjeruje da će uspješna implementacija svih modula iz ovog područja dovesti do stvaranja novog koncepta: "Upravljanja kompleksnošću prometa". Cilj implementacije ovih modula je stvaranje globalno kolaborativnog sustava upravljanja zračnim prometom (ATM).

Tehnologije ili tzv. "sposobnosti modula" zajedno sa njihovim pripadajućim modulima iz područja unaprjeđenja optimalnog kapaciteta i fleksibilnih letova su [13]:

- Operacije na slobodnim rutama (FRTO): B0-FRTO, B1-FRTO, B3-FRTO;
- Mrežne operacije (NOPS): B0-NOPS, B1-NOPS, B2-NOPS;
- Alternativni nadzor (ASUR): B0-ASUR;
- Razdvajanje zrakoplova u zraku (ASEP): B0-ASEP, B1-ASEP, B2-ASEP;
- Optimalne razine leta (OPFL): B0-OPFL;
- Zrakoplovni sustav za izbjegavanje sudara (ACAS): B0-ACAS, B2-ACAS;
- Sigurnosne mreže (SNET): B0-SNET, B1-SNET.

Za ocjenjivanje uspješnosti svih modula koriste se metričke vrijednosti (ključna područja učinkovitosti - KPA[87]) koje su predložene u dokumentu br. 9883 ICAO-a, pod nazivom Priručnik o globalnom učinku zrakoplovnih navigacijskih sustava (*engl. Manual on Global Performance of the Air Navigation System (*MGPANS)).

U tablici 4.1. prikazano je svih 11 ključnih područja učinkovitosti (KPA) zajedno sa njihovim identificiranim ICAO Ključnim pokazateljima učinkovitosti (KPI[88]).

[87]KPA - Key Performance Area
[88]KPI - Key Performance Indicator

Tablica 4.1. Ključna područja učinkovitosti i ICAO Ključni pokazatelji učinkovitosti

KLJUČNA PODRUČJA UČINKOVITOSTI (KPA)	**ICAO KLJUČNI POKAZATELJI UČINKOVITOSTI (KPI)**
Pristup i pravičnost (*engl. Access and Equity*)	Nezadovoljena potražnja u odnosu na ukupnu potražnju
Kapacitet (*engl. Capacity*)	Broj letova ili sati leta koji se mogu izvršiti. *Zasebne mjere za zračni prostor i zračne luke, bilo kroz modele ili kroz stvarne vrijednosti.* *Mogu postojati posebne vrijednosti za vremenske uvjete.*
Ekonomska isplativost (*engl. Cost Effectiveness*)	Prosječni trošak po letu. Ukupni operativni troškovi plus trošak kapitala podijeljen s brojem IFR letova. Ukupne radne obveze za izvršenje jednog budućeg IFR leta. *Korištenjem letnih sati umjesto leta za normalizaciju trajanja leta kod svega od navedenog.*
Učinkovitost (*engl. Efficiency*)	Postotak letova koji polijeću na vrijeme. Postotak letova s točnim dolaskom. Prosječno kašnjenje u polijetanju po letu koji kasni. Postotak letova s normalnim trajanjem leta. Prosječno produljenje trajanja leta za letove s produljenim trajanjem leta. Ukupan broj minuta do stvarnog vremena dolaska na *gate* koje prelazi planirano vrijeme dolaska. *Za sve gore navedeno treba uzeti u obzir 1) kašnjenje uzrokovano zbog ATM-a, 2) planirana vremena kašnjenja (uračunata ili kašnjenja po redu letenja) i 3) granična vrijednost kašnjenja (tj 15 minuta).*
Okoliš *(engl. Environment)*	Količina emisija koje se mogu pripisati neučinkovitosti ATM-a. Broj osoba izloženih značajnoj količini buke. Učinkovitost goriva po prihodovnoj zrakoplovnoj milji.
Fleksibilnost *(engl. Flexibility)*	Broj odbijenih promjena od broja predloženih promjena od broja planova leta koji se inicijalno podnose svake godine. Udio odbijenih promjena za koje je ponuđena alternativa i prihvaćena ista.
Globalna interoperabilnost *(engl. Global Interoperability)*	Broj zabilježenih razlika u odnosu na ICAO Standarde i Preporučene prakse. Razina usklađenosti ATM operacija s ICAO-ovim CNS/ATM planovima i globalnim zahtjevima interoperabilnosti.
Uključenost ATM zajednice *(engl. Participation by ATM Community)*	Broj godišnjih sastanaka koji obuhvaćaju planiranje, implementaciju i operacije.
Predvidljivost *(engl. Predictability)*	Usko povezana s mjerama za prevenciju kašnjenja prema učinkovitosti. *Moguće precizirati korištenjem mjera za prevenciju kašnjenja po fazi leta.*
Sigurnost *(engl. Safety)*	Broj nesreća normaliziran na bilo broj operacija, ili broj sati leta.
Zaštita *(engl. Security)*	Broj djela nezakonitog ometanja kontrole zračnog prometa. Broj incidenata koji uključuju izravno nezakonito ometanje zrakoplova, koji zahtijevaju reakciju pružatelja usluga zračnog prometa. Broj incidenata zbog nenamjernih čimbenika kao što su ljudska pogreška, prirodne katastrofe i drugo, koji su doveli do neprihvatljivog smanjenja kapaciteta zrakoplovnih navigacijskih sustava.

Izvor: [19]

4.1. Operacije na slobodnim rutama (FRTO)

Slobodna ruta predstavlja rutu koju preferira korisnik zračnog prostora, tzv. "*user-preferred route*". Slobodna ruta ne mora nužno biti izravna ruta, ali bi se let trebao obaviti preko točke preleta koju je odredio korisnik zračnog prostora, neovisno o tome je li ona publicirana. Operacije na slobodnim rutama mogu se izvršiti samo iznad zračnog prostora slobodnog izbora putanja leta (FRA[89]).

Zračni prostor slobodnog izbora putanja leta (FRA) je specificirani zračni prostor unutar kojeg korisnici mogu slobodno planirati rutu/rute leta između definirane ulazne točke i definirane izlazne točke s mogućnošću rutiranja preko posrednih točaka preleta bez upućivanja na ATS rutnu mrežu, ovisno o raspoloživosti zračnog prostora. Zračni prostor slobodnog izbora putanja leta (FRA) je u potpunosti upravljiv zračni prostor unutar kojeg su letovi i dalje podložni kontroli zračnog prometa. U zračnom prostoru slobodnog izbora putanja leta korisnici će moći slobodno predati plan leta za bilo koju rutu koja ima najbolju letnu učinkovitost tijekom *en-route* faze leta [20].

4.1.1. Modul B0-FRTO: Poboljšane operacije zbog unaprjeđenja en-route putanja leta

Implementacijom modula omogućiti će se korištenje zračnog prostora koji je inače izdvojen, koristeći fleksibilno rutiranje zrakoplova koje je prilagođeno za posebne prometne uzorke. Fleksibilno rutiranje pruža bolje mogućnosti rutiranja, jer će smanjiti potencijalna zagušenja na glavnim rutama i prometnim križanjima. Navedeni način rutiranja rezultirati će u smanjenoj duljini leta i potrošnji goriva.

Područja primjene modula B0-FRTO su *en- route* faza leta i završna kontrolirana oblast (TMA). Prednosti su veće što je veći zračni prostor u kojem se primjenjuje [13].

Navigacijske mogućnosti novih modernih zrakoplova omogućuju jednostavniji prelazak sa fiksnih struktura ruta na fleksibilniju alternativu. Također, zemaljski sustavi su značajno unaprijedili tehnologije komunikacije, nadzora i upravljanja letnim podacima.

Ovaj modul uglavnom donosi promjene u organizaciji i upravljanju zračnim prostorom. Integracija civilnih i vojnih ATS ruta ima veliki utjecaj na uspješnu provedbu BO-FRTO modula.

[89]FRA - Free Route Airspace

Modul B0-FRTO je sačinjen od slijedećih elemenata [13]:

1. Planiranje zračnog prostora

Planiranje zračnog prostora predstavlja mogućnost planiranja, koordiniranja i informiranja o korištenju zračnog prostora. Kod planiranja zračnog prostora izrazito je važna primjena Kolaborativnog donošenja odluka (CDM) u *en-route* zračnom prostoru.

Planiranje zračnog prostora odnosi se na aktivnosti za organiziranje i upravljanje zračnim prostorom prije leta. Konkretnije, navedeni element se odnosi na aktivnosti za unaprjeđenje strateškog dizajna, nizom mjera za bolje poznavanje očekivane uporabe zračnog prostora, te na predtaktičke i taktičke radnje za podešavanje strateškog dizajna.

2. Fleksibilna uporaba zračnog prostora (FUA)

Fleksibilna uporaba zračnog prostora omogućava korištenje zračnog prostora koji je inače izdvojen, ali i rezervaciju odgovarajućih volumena zračnog prostora koji se koriste za posebnu uporabu.

Fleksibilna uporaba zračnog prostora (FUA) je koncept koji se temelji na načelu da zračni prostor treba predstavljati jedan kontinuum, te da mora biti fleksibilno upravljan na dnevnoj bazi. FUA koncept također omogućava maksimalno korištenje zračnog prostora, za što je potrebna unaprjeđena civilno vojna koordinacija u stvarnom vremenu, kako bi se izbjegla podjela na civilni ili vojni zračni prostor na strateškoj, pred-taktičkoj i taktičkoj razini.

Cilj FUA koncepta je razdvajanje operativnog i općeg zračnog prometa (OAT/GAT[90]). Kod fleksibilne uporabe zračnog prostora odvajanje bi se trebalo događati samo privremeno (privremeno izdvojeno područje-TSA[91]) u skladu sa operativnim zahtjevima vojne kontrole zračnog prometa. Također treba postojati dosljednost između upravljanja zračnim prostorom (ASM[92]), upravljanja protokom zračnog prometa (ATFM) i operativnih usluga u zračnom prometu (ATS) na svim razinama upravljanja zračnim prostorom (strateško, pred-taktičko i taktičko). Države bi trebale razviti suradnju za učinkovitu i dosljednu primjenu FUA koncepta diljem državnih granica i/ili granica

[90]OAT/GAT - Operational Air Traffic/General Aviation Traffic
[91]TSA - Temporary Segregated Area
[92]ASM - Airspace Management

područja letnih informacija (FIR[93]), te bi se trebale posebno usredotočiti na aktivnosti u prekograničnim područjima (CBA[94]) [21].

3. Fleksibilno rutiranje

Fleksibilno rutiranje predstavlja dizajniranje ruta tako da odgovaraju prometnom uzorku i drugim varijabilnim čimbenicima, kao što su npr. meteorološki uvjeti. Takav način dizajniranja ruta već se desetljećima koristi u zračnom prostoru iznad Sjevernog Atlantika. Fleksibilno rutiranje pruža set ruta koje osiguravaju rutiranja za prometne tokove koji su u razmatranju, a više odgovaraju preferencijama korisnika zračnog prostora, tzv. "*user-preferred route*". Fleksibilno rutiranje zato se nameće kao koristan alat za rješavanja sezonskih tokova i tokova vikendima, prilagođavanje posebnim događanjima (političke konvencije,velike sportske priredbe i sl.), te općenito za bolje prilagođavanje meteorološkim uvjetima.

Sustavi fleksibilnog rutiranja mogu se unaprijediti uz pomoć navigacije zasnovane na performansama (PBN) i ADS-B-a ("automatski ovisan nadzor – radiodifuzijsko emitiranje").

Dinamički sustav planiranja zračne rute (DARP[95]) primjenjuje fleksibilno rutiranje u Pacifik regiji (PAC) [13].

Predviđena operativna poboljšanja učinkovitosti su opisana prema već spomenutim ključnim područjima učinkovitosti (KPA) [13]:

- KPA-01: Pristup i pravičnost *(engl. Access and Equity)*

  Modul će omogućiti bolji pristup zračnom prostoru zato što će smanjiti trajno izdvojene volumene zračnog prostora.

- KPA-02: Kapacitet *(engl. Capacity)*

  Raspoloživost većeg skupa mogućnosti rutiranja omogućuje smanjenje potencijalnog zagušenja na glavnim rutama i na prometnim križanjima. Fleksibilna uporaba zračnog prostora pruža veće mogućnosti za horizontalno razdvajanje letova. Navigacija zasnovana na performansama (PBN) pomaže u smanjivanju razmaka između ruta i kod razdvajanja

[93]FIR - Flight Information Region
[94]CBA - Cross-Border Airspace
[95]DARP - Dynamic Air Route Planning System

zrakoplova, a zauzvrat omogućuje smanjenje radnog opterećenja kontrolora zračnog prometa po letu.

- KPA-04: Učinkovitost *(engl. Efficiency)*

  Modul će smanjiti duljinu leta, a pritom i povezanu potrošnju goriva i emisiju štetnih plinova. Navedene uštede čine značajni udio u neučinkovitostima povezanim s ATM-om. Modul će smanjiti i broj preusmjeravanja i otkazivanja letova. Također će omogućiti bolje izbjegavanje područja osjetljivih na buku.

- KPA-05: Okoliš *(engl. Environment)*

  Modul će smanjiti potrošnju goriva i emisije štetnih plinova, ali je moguće da će se posljedično povećati područja formiranja emisija i tragova kondenzacije.

- KPA-06: Fleksibilnost *(engl. Flexibility)*

  Različite taktičke funkcije omogućuju brzo reagiranje na promjenljive uvjete.

- KPA-09: Predvidljivost *(engl. Predictability)*

  Poboljšano planiranje omogućuje svim učesnicima u zračnom prometu da predvide očekivane situacije i da budu bolje pripremljeni.

4.1.2. Modul B1-FRTO: Poboljšane operacije pomoću optimiziranog ATS rutiranja

Pomoću navigacije zasnovane na performansama (PBN) modul će osigurati bliže i dosljednije razmake između ruta, zakrivljene prilaze zrakoplova, paralelna pomjeravanja (*engl. offsets*) te smanjenje veličine područja čekanja (*engl. holding area*). Modul omogućuje da se još dinamičnije prilagodi sektorizaciji zračnog prostora, a to će zauzvrat smanjiti moguća zagušenja na glavnim rutama i prometnim križanjima i radno opterećenje kontrolora zračnog prometa [13].

Glavni cilj modula je da se omogući ispunjavanje planova leta sa značajnim udjelom namjeravane rute koju preferira korisnik zračnog prostora (tzv. *„user – preffered“* ruta). Također dopuštena je maksimalna sloboda unutar granica nametnutih od strane drugih prometnih tokova. Ukupne koristi od implementacije modula su smanjena potrošnja goriva i emisija štetnih plinova.

Područja primjene modula su *en-route* faza leta, što uključuje oceanska i zabačena područja, te završna kontrolirana oblast (TMA) [13].

Modul se bavi problemom publiciranih (objavljenih) ruta i fiksnih sektora, koji ne pružaju dovoljno slobode korisnicima zračnog prostora. Navedeni problem može se riješiti davanjem ovlaštenja za izravan let od jedne određene točke do druge niz pripadajuću putanju leta. Iako izravan let pruža koristi korisnicima zračnog prostora, rezultat toga je i povećanje radnog opterećenja kontrole zračnog prometa.

Modul B1-FRTO još više iskorištava postojeće mogućnosti navigacije zasnovane na performansama (PBN), a sve u cilju eliminiranja ograničenja dizajna i fleksibilnijeg izvršenja operacija.

Modul je sačinjen od sljedećih elemenata [13]:

1. Slobodno rutiranje

Slobodno rutiranje odnosi se na mogućnost ispunjavanja plana leta sa barem jednim značajnim dijelom rute koja nije definirana u skladu s objavljenim rutnim segmentima (dijelovima), već je određena (specificirana) od strane korisnika zračnog prostora (*engl. user preferred route*).

Tzv. *„user preferred"* ruta ili ruta koju preferira korisnik zračnog prostora, ne mora nužno predstavljati izravnu rutu već znači da će se let obaviti uzduž izravne rute između bilo koje određene rutne navigacijske točke (*engl. way point*).

Glavna značajka modula B1- FRTO je što omogućava slobodno rutiranje koje pruža maksimalnu slobodu korisniku zračnog prostora. Ipak, u određenim okolnostima mora se umjesto navedene individualne slobode „kolektivno" upravljati prometnim tokovima kako bi se što više povećala ukupna učinkovitost. Glavne koristi od slobodnog rutiranja prvenstveno su u smislu pridržavanja rute koji preferira korisnik zračnog prostora (*„user – preffered"* ruta).

Za uspješnost izvođenja modula, kontrola zračnog prometa možda će morati posjedovati potrebne alate za osiguranje praćenja letnog napretka i koordinacijske aktivnosti, te za predviđanje konflikata u zračnom prostoru.

2. Smanjeni razmak između ruta

Smanjeni razmak između ruta ne odnosi se samo na rute, već pruža poboljšanja i u lateralnoj navigaciji, a spomenuta poboljšanja su sljedeća:

a) manji razmaci između ruta, pogotovo kod *en-route* faza;

b) održavanja istog razmaka između ruta na pravocrtnim i zaokretnim dijelovima bez upotrebe za povećanjem razmaka između ruta na zaokretu;

c) smanjene veličine područja čekanja (*engl. holding area*) kako bi se operacije čekanja na slijetanje mogle izvoditi sa manjim razmakom ili u optimalnijim lokacijama;

d) sposobnost zrakoplova da se pridržava taktičkih uputa za paralelna odstupanja po visini, kao alternativa radarskom vođenju;

e) sredstva za omogućavanje zakrivljenih prilaza, posebno kroz područja sa puno prepreka na terenu.

Gore navedeni nedostatci mogu se izbjeći odabirom odgovarajuće PBN specifikacije. Sigurno će biti potrebno napraviti sigurnosnu procjenu prije uvođenja smanjenog razmaka između ruta, a koja bi uzela u obzir operativne greške.

3. Dinamička sektorizacija

Dinamička sektorizacija odnosi se na dinamičko upravljanje strukturom zračnog prostora/ruta. Navedeni sustav pruža podršku kolaborativnom donošenju odluke (CDM), koji se temelji na unaprijed definiranom dimenzioniranju sektora zračnog prostora i upravljanju ograničenjima, kako bi se rizik od sudara zrakoplova u zraku unaprijed smanjio i kako bi se optimiziralo radno opterećenje kontrolora zračnog prometa.

Dinamička sektorizacija donijeti će poboljšanja u dizajnu rutne mreže ili u mogućnosti leta izvan fiksne rutne mreže, što će učiniti da uzorak i koncentracija prometa ne budu stalno isti.

U modulu B1-FRTO dinamička sektorizacija može poprimiti jednostavne oblike kao što su:

a) unaprijed definirani volumen zračnog prostora koji se premjestio iz jednog sektora u drugi susjedni sektor;
b) spisci unaprijed definiranih konfiguracija sektora, koji se temelje na definiranom „mozaiku“ elementarnih volumena, čime se omogućava opsežnija primjena gore navedenog;
c) sektori koji se temelje na organiziranoj (dinamičkoj) strukturi putanja.

Dinamička sektorizacija se primjenjuje u stvarnom vremenu na način da se odabere najprikladnija konfiguracija od svih dostupnih. Dinamička sektorizacija može se također

primjenjivati iznad (preko) granica područja letnih informacija/pružatelja usluge zračne plovidbe (FIR/ANSP).

Predviđena operativna poboljšanja učinkovitosti opisana su prema već spomenutim ključnim područjima učinkovitosti (KPA) [13]:

- KPA-02: Kapacitet *(engl. Capacity)*

Raspoloživost većeg seta mogućnosti rutiranja omogućuje smanjenje potencijalnih zagušenja na glavnim rutama i na prometnim križanjima, zauzvrat smanjuje radno opterećenje kontrolora zračnog prometa po letu.

Slobodno rutiranje prirodno rasprostranjuje promet u zračnom prostoru i potencijalne interakcije između letova, ali i smanjuje "sistematizaciju" tokova, stoga može imati negativni učinak na kapacitet u zračnom prostoru velike gustoće, ako nema odgovarajuću podršku.

Smanjeni razmak između ruta znači smanjenu iskorištenost zračnog prostora od strane rutne mreže i veću mogućnost da se podudaraju s tokovima prometa.

- KPA-04: Učinkovitost *(engl. Efficiency)*

Modul omogućuje putanje bliže optimumu, tako što smanjuje ograničenja uzrokovana dizajnom zračnog prostora i/ili uzrokovana od strane operatora zrakoplova. Modul će posebno smanjiti duljinu leta, a pritom i povezanu potrošnju goriva i emisiju štetnih plinova. Potencijalne uštede predstavljaju značajan udio u neučinkovitostima povezanim s ATM-om.

Tamo gdje kapacitet neće predstavljati problem mogao bi biti potreban manji broj sektora u zračnom prostoru, jer bi rasprostranjenost prometnih tokova ili efikasnija rutiranja trebala smanjiti rizik od konflikata.

Modul omogućuje lakše dizajniranje privremeno odvojenog zračnog prostora (TSA) visoke razine.

- KPA-05: Okoliš *(engl. Environment)*

Modul će smanjiti potrošnju goriva i emisije štetnih plinova. Moguće je da će se posljedično povećati područja formiranja emisija i tragova kondenzacije.

- KPA-06: Fleksibilnost *(engl. Flexibility)*

  Modul će omogućiti maksimalan izbor rutiranja za korisnika zračnog prostora. Dizajneri zračnog prostora također će imati koristi od veće fleksibilnosti za dizajniranje ruta koje odgovaraju prirodnim prometnim tokovima.

4.1.3 Modul B3-FRTO: Upravljanje kompleksnošću prometa

Glavni fokus modula rješavanje je povećane kompleksnosti određenih prometnih situacija. Implementacija modula donosi uvod u upravljanje kompleksnošću prometa kako bi se moglo baviti događajima i fenomenima koji utječu na prometne tokove zbog fizičkih ograničenja, ekonomskih razloga ili posebnih događaja i uvjeta. Upravljanje kompleksnošću prometa omogućiti će sustav upravljanja zračnim prometom (ATM), koji je zasnovan na infrastrukturi upravljanja informacijama povezanih sa cjelokupnim sustavom (SWIM), što će dovesti do točnijeg i informacijama bogatijeg okruženja. Koristi će uključivati optimiziranu uporabu i učinkovitost kapaciteta sustava.

Područja primjene modula su prije leta i tijekom leta [13].

Sa novim operacijama zasnovanim na putanjama (*engl. trajectory – based operations*), Blok 3 će razviti mogućnosti optimiziranja individualnih putanja leta, prometnih tokova i korištenje ograničenih resursa kao što su uzletno-sletne staze i površina.

Kod operacija zasnovanim na putanjama, nekolicina događaja i pojava utječe na prometne tokove zbog fizičkih ograničenja, ekonomskih razloga ili posebnih događaja i uvjeta.

Predviđena operativna poboljšanja učinkovitosti su opisana prema već spomenutim Ključnim područjima učinkovitosti (KPA) [13]:

- KPA-02: Kapacitet *(engl. Capacity)*

  Modul će povećati i optimizirati korištenje kapaciteta sustava.

- KPA-04: Učinkovitost *(engl. Efficiency)*

  Modul će optimizirati cjelokupnu mrežnu učinkovitost.

- KPA-06: Fleksibilnost *(engl. Flexibility)*

  Odnosi se na prilagođavanje zahtjevima za promjenama.

- KPA-10: Predvidljivost *(engl. Predictability)*

Minimizirati će se utjecaj neizvjesnosti i neplaniranih događaja na učinkovit rad sustava upravljanja zračnim prometom (ATM).

4.2. Mrežne operacije (NOPS)

Upravljanje protokom zračnog prometa (ATFM) ima ključnu ulogu pri upravljanju i optimiziranju zagušenog zračnog prostora, te pridonosi sigurnosti, učinkovitosti, ekonomičnosti i ekološkoj održivosti ATM sustava. Zbog toga ICAO ulaže velike napore u promicanju interoperabilnog i usklađenog ATFM sustava na regionalnoj i globalnoj razini. Isto se može primijetiti i u velikom povećanju broja istraživanja u zadnjih deset godina.

Koncept "Upravljanja protokom zračnog prometa" razvijen je kako bi unaprijedio operativni dio zračnog prometa koristeći se ažurnim letnim informacijama s ciljem predviđanja buduće prometne potražnje na razini cijele mreže. Svrha ATFM usluge je osiguranje sigurnog, redovitog i brzog protoka zračnog prometa na način da [22]:

- omogućava maksimalno iskorištavanje kapaciteta kontrole zračnog prometa;
- osigurava kompatibilnost između prometne potražnje (TD[96]) i deklariranog kapaciteta sektora zračnog prostora.

Deklarirani ili objavljeni kapacitet sektora se obično izražava kao maksimalan broj zrakoplova koji mogu ući u sektor u određenom vremenskom razdoblju, uzimajući u obzir sve faktore koji mogu utjecati na radno opterećenje kontrolora zračnog prometa odgovornih za taj volumen zračnog prostora. Tu vrijednost pružatelj usluga u zračnoj plovidbi mora priopćiti Operativnom centru za upravljanje mrežom (NMOC) u EUROCONTROL-u, koji provodi uslugu upravljanja protokom zračnog prometa na području cijele Europe [21].

4.2.1. Modul B0-NOPS: Poboljšane performanse protoka putem planiranja na razini cijele mreže

Sustav ATFM se koristi za upravljanje protokom prometa tako što minimizira kašnjenja i maksimalno iskorištava korištenje čitavog zračnog prostora. Sustav ATFM se može koristiti za [22]:

[96]TD - Traffic Demand

- reguliranje prometnih tokova koji uključuju *slotove*[97] odlaska;
- usklađivanje prometnih tokova i upravljanje vremenom ulaska u zračni prostor duž prometnih osi;
- upravljanje predviđenim vremenom slijetanja ili prelijetanjem putnih navigacijskih točaka ili prelijetanjem područja letnih informacija (FIR)/granica sektora;
- rerutirati promet kako bi se izbjegla zasićena područja.

Područja primjene modula B0-NOPS su uglavnom u fazama prije samog leta, te u nekim akcijama tijekom stvarnog leta [13].

Koncepte upravljanja protokom zračnog prometa (ATFM) i usklađivanja prometne potražnje i kapaciteta (DCB[98]) trebalo bi dalje istražiti. Poboljšanja sustava trebala bi se odnositi na unaprjeđene postupke u navedenim područjima i na stvaranje alata koji će omogućiti suradnju između različitih učesnika.

Zbog potrebe ispunjavanja ciljeva usklađivanja potražnje i kapaciteta, održavanja minimalnih kašnjenja, te izbjegavanja prometnih zagušenja, uskih grla i preopterećenja, usluga ATFM-a djeluje na strateškoj, pred-taktičkoj i taktičkoj razini [21]:

a) Strateška razina - odvija se u razdoblju od nekoliko mjeseci pa do sedam dana prije operacije i za to vrijeme se utvrđuju kapaciteti zračnog prostora.

b) Pred-taktička razina - odvija se u razdoblju od šest dana do jedan dan prije operacije i u tom razdoblju se definiraju dnevni planovi te objavljuju planirane regulacije. Regulacija je zaštitna mjera koje se primjenjuje na određen tok prometa u određenom vremenskom razdoblju za dani kapacitet sektora kontrole zračnog prometa.

c) Taktička razina - odnosi se na aktivnosti poduzete na dan operacije. Na taj dan letovi mogu iskoristiti slijedeće ATFM prednosti: alokacija pojedinačnih vremena uzlijetanja zrakoplova, rerutiranja kako bi se izbjegla "uska grla" i alternativne rute u cilju povećanja učinkovitosti.

Operativni centar za upravljanje mrežom (NMOC), koji provodi ATFM uslugu na području Europe također odlučuje i o aktivaciji regulacija na određenom prostoru ukoliko je to potrebno.

[97]Slot - vrijeme rezervirano za uzlijetanje i slijetanje zrakoplova određenoga zračnog prijevoznika u određenoj zračnoj luci
[98]DCB - Demand Capacity Balancing

Predviđena operativna poboljšanja učinkovitosti opisana su prema spomenutim Ključnim područjima učinkovitosti (KPA):

- KPA-01: Pristup i pravičnost *(engl. Access and Equity)*

  Poboljšan pristup izbjegavanjem narušavanja zračnog prometa u razdobljima kada potražnja premašuje kapacitet.

ATFM procesi i mjere osiguravaju pravičnu distribuciju kašnjenja u zračnom prometu.

- KPA-02: Kapacitet *(engl. Capacity)*

  Bolja iskorištenost raspoloživih kapaciteta u cijeloj mreži.

- KPA-04: Učinkovitost *(engl. Efficiency)*

  Smanjena potrošnja goriva zbog boljeg predviđanja prometnih tokova.
  Dolazi i do smanjenja blok vremena i vremena sa upaljenim motorima.

- KPA-05: Okoliš *(engl. Environment)*

  Smanjena potrošnja goriva zbog toga što su kašnjenja apsorbirana tijekom zemaljskih operacija, sa isključenim motorima.

- KPA-08: Uključenost ATM zajednice *(engl. Participation by ATM Community)*

  Opće razumijevanje operativnih ograničenja, mogućnosti i potrebe.

- KPA-10: Predvidljivost *(engl. Predictability)*

  Povećana predvidljivost rasporeda letenja pošto se pomoću ATFM algoritama nastoji ograničiti broj većih kašnjenja.

- KPA-11: Sigurnost *(engl. Safety)*

  Smanjenje pojava neželjenih preopterećenja sektora.

4.2.2. Modul B1-NOPS: Poboljšane performanse protoka pomoću operativnog planiranja mreže

Modul B1-NOPS uvodi poboljšane postupke za upravljanje tokovima prometa i skupinama letova kako bi se poboljšao ukupan tok prometa

Područja primjene modula B0-NOPS su uglavnom u fazama prije leta, te se ponekad primjenjuje tijekom leta [13].

Prethodni Modul B0-NOPS predstavio je temelj za regulaciju tokova, a modul B0-FRTO je uveo koncept fleksibilnog korištenja zračnog prostora (FUA). Upravljanje zračnim prostorom i upravljanje prometnim tokovima trebaju biti bolje integrirani u pojmu mrežnih operacija.

Modul B1-NOPS sastoji se od četiri elemenata:

1. Poboljšano upravljanje protokom zračnog prometa (ATFM), te integracija ATFM-a i organizacije i upravljanja zračnim prostorom (ASM)

   Istraživanja su pokazala da ima mjesta za poboljšanje ATFM algoritama i postupaka. Naročito je potrebno poboljšanje koje bi se prilagodilo uporabi slobodnog rutiranja koje je implementirano u modulu B1-FRTO.

   Kako je sa konceptom upravljanjem protokom zračnog prometa (ATFM) uvedeno tzv. rerutiranje, potrebna je bolja integracija između upravljanja zračnog prometa (ATFM) i organizacije i upravljanja zračnim prostorom (ASM) kako bi se postigle značajne koristi za ne samo civilni zračni promet, već i za dinamičnije definiranje područja koja se koriste u vojne svrhe.

2. Sinkronizacija prometa

   Sinkronizacija prometa odnosi se na unaprjeđenje upravljanja dolaska/odlaska zrakoplova. Ista ima za cilj postizanje optimalnog prometnog sekvencioniranja što drastično umanjuje potrebu za taktičkim intervencijama kontrole zračnog prometa, te također rezultira u optimizaciji profila penjanja i poniranja zrakoplova. ATFM *slotovi* se dodjeljuju u slučajevima kada je moguće da se dosegne maksimalan kapacitet zračnog prostora, zbog toga što dopuštaju mala odstupanja u vremenima polijetanja. Ipak, dodjeljivanje ATFM *slotova* nije dovoljno da bi se uspjelo u sinkronizaciji zračnog prometa. Unaprjeđena predvidljivost bi dovela do toga da zrakoplovi polijeću u svojim koordiniranim vremenima, da se leti u profilima gdje postoji manja potrošnja goriva, te da zrakoplovi slijeću na svojim odredišnim zračnim lukama u predviđenim vremenima. Na taj način neizvjesnosti na putanji leta bile bi smanjene, te bi došlo i do značajnih ušteda za korisnike zračnog prostora.

3. Inicijalni proces određivanja prioriteta od strane korisnika zračnog prostora (*engl. Initial User Driven Prioritization Process* (UDPP))

Inicijalni proces određivanja prioriteta od strane korisnika zračnog prostora (UDDP) je dizajniran kako bi se omogućilo korisnicima zračnog prostora da interveniraju na izravniji način u implementaciji regulacija tokova, posebno u slučajevima kada neplanirana degradacija kapaciteta značajno utječe na ostvarivanje njihovih reda letenja.

Modul predstavlja jednostavan mehanizam, gdje zahvaćeni zrakoplovni prijevoznici mogu na kolaborativan način i uz pomoć ATFM-a doći do rješenja, a koje će uzeti u obzir njihove komercijalne/operativne prioritete koji nisu poznati sustavu upravljanja zračnim prometom (ATM). Zbog kompleksnosti, navedeni element koristiti će se samo u određenim situacijama, npr. kada zračnoj luci manjka kapaciteta zračnog prometa.

4. Potpuno fleksibilno korištenje zračnog prostora (FUA)

Potpuno fleksibilno korištenje zračnog prostora (FUA) predstavlja mehanizme, koji zajedno sa dinamičnijim ATS rutama (Modul B1-FRTO) čine zračni prostor i njegovu uporabu što je moguće fleksibilniju, te predstavlja kontinuum koji se može koristiti na optimalan način od stane civilnih i vojnih korisnika.

5. Upravljanje kompleksnošću

Poboljšani alati za upravljanje kompleksnošću prometa, te za procjenu radnog opterećenja predstavljaju načine poboljšanja točnosti i pouzdanosti identificiranja i smanjenja ograničenja kapaciteta. Navedeni alati pritom koriste informacije o planiranom prometu.

Predviđena operativna poboljšanja učinkovitosti opisana su prema spomenutim ključnim područjima učinkovitosti (KPA) [13]:

- KPA-02: Kapacitet *(engl. Capacity)*

Bolja iskoristivost zračnog prostora i mreže upravljanja zračnim prometom, s pozitivnim učinkom na ukupnu ekonomičnost sustava upravljanja zračnim prometom (ATM).

Optimizacija mjera usklađivanja prometne potražnje i kapaciteta (DCB) korištenjem procjene radnog opterećenja/kompleksnosti kao dopune informacijama o kapacitetu zračnog prostora.

- KPA-04: Učinkovitost *(engl. Efficiency)*

Smanjenje kazni (penala) pružateljima usluga u zračnoj plovidbi koje podržavaju korisnici zračnog prostora.

- KPA-05: Okoliš *(engl. Environment)*

Očekuju se manja poboljšanja u odnosu na prethodni modul.

- KPA-10: Predvidljivost *(engl. Predictability)*

Korisnici zračnog prostora imaju bolji uvid i utjecaj na vjerojatnost da će ispoštovati svoj raspored letenja, te mogu donositi bolje odluke na temelju svojih zadanih prioriteta.

- KPA-11: Sigurnost *(engl. Safety)*

Modul će još više smanjiti broj situacija gdje bi se potencijalno mogao premašiti kapacitet ili prihvatljivo radno opterećenje.

4.2.3. Modul B2-NOPS: Povećana uključenost korisnika u dinamičkom korištenju mreže

Primjenom kolaborativnog donošenja odluka (CDM), koje je podržano od strane infrastrukture upravljanja informacijama povezanih sa cjelokupnim sustavom (SWIM) omogućiti će se korisnicima zračnog prostora da upravljaju konkurencijom i da određuju prioritete između kompliciranih ATFM rješenja, tamo gdje mreža ili njezina čvorišta (zračne luke, sektori) više ne pružaju dovoljno kapaciteta koji bi zadovoljio korisničku potražnju. Zbog gore navedenog, modul dodatno razvija primjene CDM koncepta, pomoću kojeg će se korisnicima moći ponuditi/delegirati optimizacija rješenja problema protoka.

Područja primjene uključuju faze prije leta zrakoplova [13].

Predviđena operativna poboljšanja učinkovitosti opisana su prema spomenutim ključnim područjima učinkovitosti (KPA) [13]:

- KPA-02: Kapacitet *(engl. Capacity)*

Poboljšano korištenje raspoloživog kapaciteta u situacijama kada dolazi do ograničenja kapaciteta.

- KPA-10: Predvidljivost *(engl. Predictability)*

Modul zrakoplovnim prijevoznicima pruža mogućnost da se uzmu u obzir njihovi prioriteti, te mogućnost optimiziranja njihovih operacija u situacijama kada dolazi do narušavanja prometa.

4.3. Alternativni nadzor (ASUR)

U nastojanju da se poveća učinkovitost, pojednostave operacije, smanje troškovi infrastrukture i poboljša sigurnost, sve više pružatelja usluga u zračnoj plovidbi počelo je prelaziti sa tradicionalnih radara na nove tehnologije: multilateracijske sustave nadzora zračnog prometa (MLAT[99]) i "automatski ovisan nadzor " (ADS-B).

Kod alternativnog nadzora trenutno postoji samo jedan modul - B0-ASUR: Početna mogućnost za zemaljski nadzor. Modul B0-ASUR osigurava početnu mogućnost za ekonomičniji zemaljski nadzor koji podržavaju nove tehnologije kao što su ADS-B i sustavi multilateracije širokog područja (WAM).

Usluga nadzora može se podijeliti na tri glavne vrste nadzora [13]:

a) Nekooperativna i neovisna detekcija zrakoplova *(engl. Non-Cooperative Independent Surveillance)*: pomoću primarnih radarskih sustava osigurava detekciju i u uvjetima kad zrakoplovni sustavi nehotično (zbog kvara) ili namjerno ne odgovore na upite zemaljskog sustava (npr. sekundarnog nadzornog radara (SSR[100])).

b) Kooperativna i neovisna detekcija *(engl. Cooperative Independent Surveillance)*: omogućena je korištenjem sekundarnih nadzornih radara i transpondera u zrakoplovu. Koristeći se današnjim suvremenim Mod S sekundarnim radarskim sustavima koji omogućuju selektivnu komunikaciju kontrole zračnog prometa sa

[99]MLAT - Multilateration
[100]SSR - Secondary Surveillance Radar

zrakoplovom, mogu se dobiti razne informacije o zrakoplovu, a ne samo identifikacija i visina.

c) Kooperativna i ovisna detekcija (*engl. Dependent Cooperative Surveillance*): nove tehnologije poput ADS-B-a, koje izvode (generiraju) poziciju u zrakoplovu, te ju zatim prosljeđuju lokalnim podsustavima nadzora zajedno sa svim mogućim dodatnim informacijama o zrakoplovu.

Modul opisuje kooperativne usluge nadzora.

Implementacijom modula B0-ASUR omogućava se dodatno korištenje dvije nove tehnologije nadzora, ADS-B i MLAT, koje se mogu koristiti odvojeno ili zajedno. Trošak implementacije i održavanja je malen, pa su stoga navedene tehnologije idealne za područja gdje nadzor dosad nije bio moguć zbog visoke cijene ili geografskog položaja. Tehnologije također omogućavaju smanjenje separacijskog minimuma, što potencijalno omogućuje opsluživanje većeg obujma prometa.

Nove tehnologije, ADS-B i multilateracija širokog područja (WAM) dosegle su potrebnu zrelost te su implementirane u mnogim dijelovima svijeta, uključujući Europu. Osim za potrebe zemaljskog nadzora, ADS-B će postati izvor nadzora posebno u oceanskim i zabačenim područjima.

Modul se može primijeniti u svim fazama leta osim pripreme leta *(engl. preflight)*. Što se tiče operativnog okruženja, modul se može primijeniti u kontinentalnom ili oceanskom zračnom prostoru, te na aerodromskim površinama [13].

Modul B0-ASUR sastoji se od slijedeća dva elementa [13]:

1. "Automatski ovisan nadzor" (ADS-B)

"Automatski ovisan nadzor" (ADS-B) predstavlja jednu od ključnih tehnologija za omogućavanje nekoliko ATM operativnih koncepata (npr. sinkronizacija prometa i upravljanje prometnom kompleksnošću).

ADS-B tehnologija je ovisna o izvoru zahtijevane položajne (pozicijske) točnosti (Globalni navigacijski satelitski sustav (GNSS)). Zrakoplov opremljen sa ADS-B-om će odašiljati svoj položaj prema globalnom navigacijskom satelitskom sustavu (GNSS) svake sekunde. Informacije dobivene od kontrolora zračnog prometa i drugih zrakoplova

opremljenih ADS-B-om uključuju: identifikaciju zrakoplova, visinu, brzinu, ubrzanje, predviđenu putanju i druge korisne informacije [23].

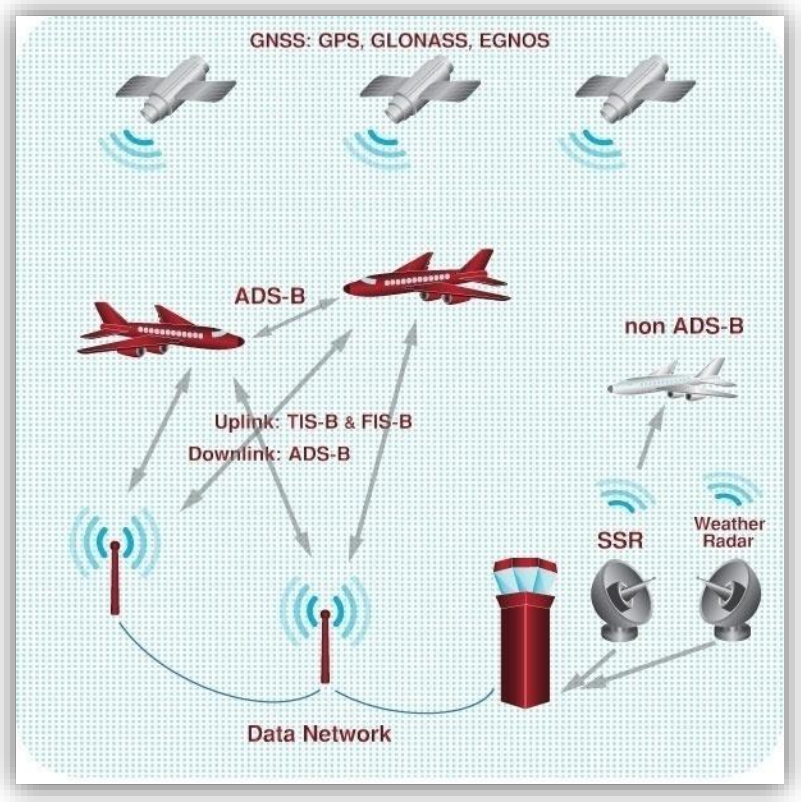
Podaci od ADS-B će primati namjenski zemaljski prijemnici koji će ih zatim odmah prosljeđivati kontrolorima na zaslone u najbliži kontrolni centar zračnog prometa. S druge strane, kontrolni centar će poslati uzlaznom vezom vremenske i ostale podatke zrakoplovu putem odašiljača zemaljske stanice [23].

Od ADS-B-a se očekuje da će generirati izvještaje svake sekunde, za razliku od zemaljskih radara koji to rade svakih 5-12 sekundi. Još jedna prednost ADS-B-a je što se njegova točnost ne mijenja sa promjenom udaljenosti između zrakoplova i senzora. S vremenom, ADS-B bi trebao u potpunosti zamijeniti zemaljske radare jer zrakoplovi opremljeni ADS-B-om mogu osigurati pilotima i kontrolorima veću brzinu ažuriranja letnih podataka [24].

ADS-B se sastoji od dviju usluga [24]:

- ADS-B *Out* - omogućuje zrakoplovima odašiljanje podataka o položaju tijekom leta kontrolorima zračnog prometa. ADS-B *Out* bi trebao poboljšati praćenja zrakoplova, posebno u područjima gdje je radar neučinkovit zbog konfiguracije terena i ostalih prepreka na zemlji, nije praktičan ili nosi previsoke troškove.
- ADS-B *In* će prikazati informacije o letu u pilotskoj kabini, poput pozicije drugih zrakoplova. Te informacije odašilje zemaljska ADS-B infrastruktura. Očekuje se da će ova mogućnost dovesti do daljnjeg poboljšanja sigurnosti.

Osim što su troškovi implementacije ADS-B tehnologije manji od postojećih nadzornih tehnologija, veliku prednost također predstavlja "nemehanička" priroda ADS-B zemaljske infrastrukture, što dopušta mogućnost pozicioniranja lokacije koje su problematične za radarske instalacije. Primjena ADS-B-a također unaprjeđuje podršku akcijama potrage i spašavanja koju osigurava nadzorna mreža. Informacije od strane ovisnog nadzora omogućuju dijeljenje nadzornih podataka preko granica područja letnih informacija (FIR), te značajno poboljšavaju učinkovitost alata predviđanja tako što koriste vektor brzine i podatke vertikalne brzine dobivene od zrakoplova.



Slika 4.2. ADS-B i nadzorni sustav koji koristi SSR, [25]

2. Multilateracijski sustav nadzora zračnog prometa (MLAT)

MLAT sustavi su dokazani sustavi koji se u velikom razmjeru koriste već danas. MLAT sustav upotrebljava nekoliko zemaljskih postaja koje se nalaze na strateškim mjestima oko zračne luke, njezine završne kontrolirane oblasti (TMA) ili šireg područja koje obuhvaća veći okolni zračni prostor.

MLAT su sustavi najprije razvijeni na glavnim zračnim lukama za nadzor zrakoplova na zemaljskoj površini. Ova tehnika se sada koristi za pružanje nadzora nad širokim područjem (MLAT sustav širokog područja - WAM). MLAT zahtijeva više zemaljskih stanica i ima veće geometrijske zahtjeve od ADS-B-a, ali ima raniju implementacijsku prednost zbog korištenja postojeće zrakoplovne opreme. MLAT sustavi ne zahtijevaju dodatnu zrakoplovnu elektroniku i instrumente, jer koriste odgovore od *Mode* A, C i S transpondera, kao i od ADS-B i vojnih IFF[101] transpondera [23].

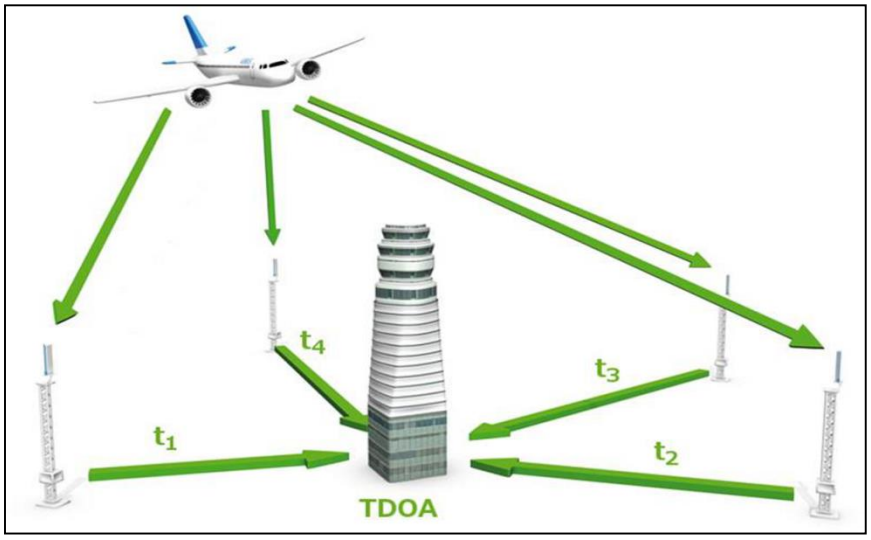
Iako je prikaz nadziranog zrakoplova na zaslonu kontrolora sličan kod radara i MLAT sustava, prednost MLAT sustava je u vrlo velikoj stopi ažuriranja informacije. Zaslon koji

[101]IFF - Identification, friend or foe

prikazuje multilateracijske informacije može se ažurirati svake sekunde za razliku od konvencionalnog radara gdje se prikaz pozicije događa svakih 5-12 sekundi [23].

MLAT zemaljske stanice primaju odgovore od svih zrakoplova opremljenih transponderima, što uključuje konvencionalnu radarsku i ADS-B zrakoplovnu elektroniku i instrumente, te na temelju vremenske razlike dolaska (TDOA[102]) odgovora utvrđuju položaj zrakoplova [23].

MLAT sustav također omogućuje jednostavniji prelazak na ADS-B zato što će koristiti istu zemaljsku infrastrukturu, ali će ADS-B pružiti ranije prednosti zbog poboljšanog nadzora.



Slika 4.1. MLAT sustav, [26]

Predviđena operativna poboljšanja učinkovitosti opisana su prema spomenutim ključnim područjima učinkovitosti (KPA) [13]:

- KPA-02: Kapacitet *(engl. Capacity)*

Tipični separacijski minimumi iznose 3 NM ili 5 NM što omogućuje značajno povećanje gustoće prometa u odnosu na proceduralne separacijske minimume.

Poboljšana pokrivenost, kapacitet, performanse vektora brzine i točnost mogu poboljšati performanse kontrole zračnog prometa u radarskom i neradarskom okruženju.

[102]TDOA - Time Difference Of Arrival

Poboljšanja u performansama nadzora u terminalnim područjima postignuta su zbog visoke točnosti, poboljšanog vektora brzine i poboljšane pokrivenosti.

- KPA-11: Sigurnost *(engl. Safety)*

  Smanjenje broja većih incidenata. Podrška akcijama potrage i spašavanja zrakoplova.

4.4. Razdvajanje zrakoplova u zraku (ASEP)

Budući sustavi razdvajanja zrakoplova će omogućiti da piloti sami obavljaju razdvajanje u zraku bez odobrenja kontrole zračnog prometa. Pilot i kontrola zračnog prometa će ipak morati dogovoriti prijenos odgovornosti prije nego se uđe u zračni prostor gdje će takav način razdvajanja biti moguć. Pilot neće moći sam obaviti razdvajanje ako ne postoji pristanak nadležne kontrole zračnog prometa.

Sustav za pomoć u razdvajanju zrakoplova u zraku (ASAS[103]) predstavlja zrakoplovni sustav koji letačkoj posadi omogućava održavanje razdvajanja od jednog ili više zrakoplova, te pruža letne informacije u vezi okolnog prometa [27].

Postoji tri vrste ASAS sustava [20]:

- Za razmak između zrakoplova u zraku - *Airborne Spacing* (ASPA):
  - pilot svjestan svog okolnog prometa i njegovih namjera;
  - postizanje i održavanje određenog vremenskog razmaka/udaljenosti iza određenog zrakoplova koji se nalazi ispred.
- Za razdvajanje zrakoplova u zraku - *Airborne Separation* (ASEP):
  - pilot svjestan svog okolnog prometa i njegovih namjera;
  - obavlja razdvajanje u zraku u odnosu na druge određene putanje zrakoplova.
- Za samo-razdvajanje zrakoplova u zraku - *Self-Separation* (SSEP) – pilot svjestan svog okolnog prometa i njegovih namjera:
  - obavlja razdvajanje u zraku u odnosu na druge određene putanje zrakoplova;
  - obavlja razdvajanje u zraku u odnosu na sav ostali promet u zraku.

Prve primjene sustava ASAS-ASEP predviđene su u oceanskom zračnom prostoru i kod prilaza slijetanju za usko razmaknute paralelne piste [13].

[103]ASAS - Airborne Separation Assistance System

4.4.1. Modul B0-ASEP: Situacijska osviještenost zračnog prometa (ATSA)

Modul predstavlja situacijsku osviještenost o zračnom prometu (ATSA). Situacijska osviještenost o zračnom prometu (ATSA) znači da je zrakoplov "svjestan" svog okolnog prometa i njegovih namjera. Predviđaju se dvije primjene ATSA sustava, koje će povećati sigurnost i učinkovitost tako što će pilotima osigurati sredstva za poboljšanje situacijske osviještenosti o okolnom prometu i postizanje bržeg vizualnog stjecanja ciljeva su [13]:

a) ATSA-AIRB[104]
   - ATSA-AIRB poboljšati će letnu sigurnost i letačke operacije tako što će pomagati letačkim posadama u stjecanju prometne situacijske osviještenosti koristeći odgovarajuće zaslone u pilotskoj kabini koji će prikazivati okolni promet tijekom faza leta zrakoplova u zraku. Također, očekuje se da će letačke posade učinkovitije izvršavati svoje trenutne radne zadatke, kako pri donošenju odluka, tako i pri izvršavanju radnji. Stvarne prednosti će se razlikovati ovisno o zračnom prostoru i operativnim pravilima letenja. ATSA-AIRB se smatra pretečom sustava za pomoć u razdvajanju zrakoplova u zraku (ASAS).

b) ATSA-VSA[105]
   - Završni prilazi (slijetanja) gdje letačka posada sama održava razdvajanje od prethodnog zrakoplova umjesto uobičajenog razdvajanja od kontrole zračnog prometa mogu povećati kapacitet slijetanja i/ili povećati broj kretanja koji su ostvarivi na mnogim svjetskim zračnim lukama. Navedeno će omogućiti primjena ATSA-VSA pomoću zaslona za prikaz zračnog prometa. Takvi zasloni će pružiti pilotu vizualno stjecanje prethodnog zrakoplova u slijetanju i produljujući korištenje vlastitih odobrenja za razdvajanje pri završnom prilazu.

Modul B0-ASEP primjenjivati će se u *en-route* i terminalnim područjima. Oznaka AIRB odnosi se na sve faze leta, dok se oznaka VSA odnosi na prilaznu fazu leta. Obje primjene pružaju poboljšanja u kapacitetu i učinkovitosti, ali se njihovi mehanizmi razlikuju [13].

Implementacijom modula očekuje se smanjenje glasovnih komunikacija koje su povezane sa informacijama o prometu. Od modula se očekuje i da će poboljšati sigurnost operacija, tako da će smanjiti vjerojatnost od susreta sa vrtložnim strujanjem iza zrakoplova. Još jedna

[104]ATSA-AIRB - Basic Airborne Situational Awareness During Flight Operations
[105]VSA - Visual Separation On Approach

potencijalna prednost proizaći će iz prilaza istoj uzletno-sletnoj stazi dva slijedeća zrakoplova, iz razloga što će smanjiti broj neuspjelih prilaza.

Predviđena operativna poboljšanja učinkovitosti opisana su prema spomenutim ključnim područjima učinkovitosti (KPA) [13]:

- KPA-04: Učinkovitost *(engl. Efficiency)*

  Poboljšati svjesnost situacije (*engl. situational awareness*) kako bi se identificirale mogućnosti za promjenom u razini leta sa trenutnim separacijskim minimumom (AIRB), te poboljšati vizualnu akviziciju prometa (*engl. visual acquisition*) i smanjenje neuspjelog prilaženja zrakoplova pri slijetanju (VSA).

- KPA-11: Sigurnost *(engl. Safety)*

  Poboljšati svjesnost situacije (AIRB) i smanjiti vjerojatnost od susreta s vrtložnim strujanjem iza zrakoplova (VSA).

4.4.2. Modul B1-ASEP: Povećani kapacitet pomoću upravljanja razmacima (IM)

Upravljanje razmacima ili *Interval management* (IM) definira se kao sveobuhvatni sustav koji omogućuje poboljšane načine za upravljanje prometnim tokovima i razmacima između zrakoplova, pri čime se služi zemaljskim i zrakoplovnim sustavima (alatima). Zemaljski sustavi pomažu kontroloru zračnog prometa pri procjeni slike prometa i određivanju odgovarajućih odobrenja za učinkovito i sigurno spajanje i razdvajanje zrakoplova. Zrakoplovni sustavi omogućuju letačkoj posadi da budu u skladu s IM odobrenjem. Cilj ovakvog sustava je da zrakoplovi postižu i/ili održavaju dodijeljene razmake jedan između drugog. Razmak se može definirati u vremenu ili udaljenosti.

Upravljanje razmacima (IM) poboljšava upravljanje prometnim tokovima i razmakom između zrakoplova. Navedeno stvara operativne prednosti zbog preciznog upravljanja razmacima između zrakoplova sa zajedničkim ili spajajućim putanjama leta, čime se povećava protok zračnog prostora, ali i smanjuje radno opterećenje kontrole zračnog prometa. Upravljanje razmacima (IM) također smanjuje utjecaj zrakoplova na okoliš tako što povećava učinkovitost izgaranja zrakoplovnog goriva. Za potrebe primjene ovakve vrste upravljanja je razvijen sustav ASPA [13].

Primjene modula B1-ASEP su u *en-route* i terminalnim područjima [13].

Prva faza primjene operacija upravljanja intervalima (IM) obuhvaćati će fazu dolaska zrakoplova (od početne točke snižavanja (TOD) do točke početnog prilaza (IAF) ili točke završnog prilaza (FAF)) zračnog prostora pod nadzorom, gdje postoji izravna komunikacija između pilota i kontrolora zračnog prometa. Sa daljnjim razvojem modul će se moći primjenjivati i u ostalim fazama leta.

Predviđena operativna poboljšanja učinkovitosti opisana su prema spomenutim ključnim područjima učinkovitosti (KPA) [13]:

- KPA-03: Ekonomska isplativost *(engl. Cost Effectiveness)*

  Dosljedna, mala odstupanja u razmaku između uparenih zrakoplova (npr, na ulazu u postupak prilaženja i kod završnog prilaza), što rezultira u smanjenoj potrošnji goriva.

- KPA-04: Učinkovitost *(engl. Efficiency)*

  Rana upozorenja o brzini uklanjaju kasnija produljenja putanje leta.

  Daljne izvođenje optimiziranih profila poniranja (OPD) u zračnim prostorima srednje gustoće trebalo bi omogućiti OPD-e kada je potražnja <=70%.

  Rezultira i u smanjenim vremenima čekanja (*engl. holding*) i smanjenim vremenima leta.

- KPA-05: Okoliš *(engl. Environment)*

  Sve koristi koje proizlaze iz učinkovitosti imaju utjecaj na okoliš, a rezultira u smanjenim emisijama štetnih plinova.

- KPA-11: Sigurnost *(engl. Safety)*

  Smanjeno davanje uputa i radno opterećenje kontrole zračnog prometa, ali da to ne dovede do neprihvatljivog povećanja radnog opterećenja letačke posade.

4.4.3. Modul B2-ASEP: Razdvajanje zrakoplova u zraku (ASEP)

Kooperativno razdvajanje (COSEP) se događa kod prijenosa odgovornosti za razdvajanje zrakoplova. Prijenos odgovornosti je samo privremen, a uvjet zbog kojeg će završiti je poznat. Navedena vrsta prijenosa odgovornosti može biti za određene vrste opasnosti ili od navedenih opasnosti. Prijenos odgovornosti se ne smije prenositi sa jednog nadležnog subjekta na drugi

bez pristanka nadležnog subjekta koji prihvaća prijenos odgovornosti, uzimajući u obzir da mora koristiti odgovarajuće načine razdvajanja [13].

Temelj ovom modulu čine prve primjene zrakoplovnog nadzora u zraku, koje su opisane u modulima B0-OPFL i B1-ASEP. Za odvijanje ovakvog načina razdvajanja u budućnosti koristiti će se sustav ASAS-ASEP.

Pomoću ASAS-ASEP sustava letačka posada osigurava razdvajanje od određenog zrakoplova što se izražava na novim odobrenjima koja oslobađaju kontrolora zračnog prometa od odgovornosti za razdvajanje ovih zrakoplova. Međutim, kontrolor zadržava odgovornost za razdvajanje od zrakoplova koji nisu dio tih odobrenja, te zrakoplova koji su uključeni u ASEP i okolnih zrakoplova koji nisu dio tih odobrenja.

Tipične primjene zrakoplovnog razdvajanja uključuju [13]:

a) upravljanje intervalom (IM) sa delegiranjem razdvajanja: letačka posada održava razdvajanje iza određenog zrakoplova koje je temeljeno na vremenu;
b) lateralna križanja: letačke posade prilagođavaju lateralnu putanju leta kako bi se osiguralo da je horizontalno razdvajanje s određenim zrakoplovom veće nego kod primjenjivog zrakoplovnog separacijskog minimuma;
c) vertikalna križanja: letačke posade prilagođavaju vertikalnu putanju leta kako bi se osiguralo da je vertikalno razdvajanje s određenim zrakoplovom veće od primjenjivog zrakoplovnog separacijskog minimuma;
d) upareni prilazi u kojima letačke posade održavaju razdvajanje pri završnim prilazima paralelnim uzletno-sletnim stazama; i
e) u oceanskom zračnom prostoru mnoge procedure se smatraju kao poboljšanja *in-trail* procedura (ITP), tako što koriste nove zrakoplovne separacijske minimume:
    1. ASEP-ITF[106] *In-trail* praćenje;
    2. ASEP-ITP *In-trail* procedure; i
    3. ASEP-ITM[107] *In-trail* spajanje.

Predviđena operativna poboljšanja učinkovitosti opisana su prema spomenutim ključnim područjima učinkovitosti (KPA) [13]:

- KPA-02: Kapacitet *(engl. Capacity)*

[106]ASEP-ITF - Airborne separation In-trail follow
[107]ASEP-ITM - Airborne separation In-trail merge

Povećanje tako što se dopušta smanjeni separacijski minimum i potencijalno smanjenje u radnom opterećenju kontrole zračnog prometa.

- KPA-04: Učinkovitost *(engl. Efficiency)*

  Optimalne putanje leta..

- KPA-05: Okoliš *(engl. Environment)*

  Manja potrošnja goriva zbog optimalnijih putanja leta.

- KPA-06: Fleksibilnost *(engl. Flexibility)*

  Zbog veće fleksibilnosti treba uzeti u obzir ograničenja, kao što su meteorološki uvjeti.

- KPA-10: Predvidljivost *(engl. Predictability)*

  Rješavanje konflikata optimizirano je i potencijalno bolje standardizirano zahvaljujući standardima performansi zrakoplovne opreme.

4.5. Optimalne razine leta (OPFL)

Trenutno kod optimalne razine leta (OPFL) postoji samo jedan modul - B0-OPFL: Poboljšan pristup optimalnim razinama leta putem procedura penjanja/poniranja koristeći ADS-B. Navedeni modul omogućava zrakoplovu da dosegne razinu leta koja mu više odgovara zbog ostvarivanja učinkovitosti leta, ili kako bi se izbjegle turbulencije zbog sigurnosnih razloga.

Nove *In-Trail* procedure (ITP) koje koriste ADS-B predstavljaju učinkovitiji i pojednostavljeni postupak za postizanje optimalnih razina leta kod izostajanja nadzora kontrole zračnog prometa ili tamo gdje neophodni separacijski minimum između dva zrakoplova predstavlja ograničavajući čimbenik. Glavne koristi od *In-Trail* procedura (ITP) su značajne uštede goriva i podizanje veće korisne nosivosti.

In-Trail procedure (ITP) omogućiti će pilotima i kontrolorima zračnog prometa prikaz ključnih informacija u stvarnom vremenu pomoću izvješća o položaju na temelju ADS-B tehnologije. Pilot čiji zrakoplov posjeduje ITP tehnologiju može na temelju samo dvije jasno vidljive pozicije zrakoplova vrlo jednostavno zatražiti odobrenje kontrole zračnog prometa za

promjenu visine leta. Kada kontrola zračnog prometa potvrdi informaciju, pilotu se odmah izdaje zahtijevano odobrenje [13].

Zbog dramatičnog povećanja učinkovitosti zrakoplova javljaju se brojne prednosti od kojih su najvažnije [13]:

- povećanje korisne nosivosti zrakoplova;
- poboljšanje ukupne sigurnosti zračnog prometa;
- smanjenje količine rezervnog goriva na dugolinijskim rutama;
- mogućnost prijevoza dodanih putnika ili dodatnih prihodovnih tereta kao posljedica prethodne prednosti.

Nedostatak zrakoplova koji ne posjeduju ITP tehnologiju očituje se u tome da piloti moraju proći složeni i dugotrajni proces sa kontrolorima zračnog prometa prije nego što im se izda odobrenje za promjenu razina leta.

U zračnom prostoru iznad oceana zrakoplov ponekad mora letjeti na razinama leta koje nisu optimalne zbog postojanja konfliktnog prometa na poželjnoj razini leta ili na razinama leta između trenutne razine leta i optimalne razine leta. Proceduralne norme razdvajanja zato predstavljaju osnovne sigurnosne zahtjeve pri letenju iznad oceanskog zračnog prostora izvan pokrivenosti radara. Međutim, ove mjere predostrožnosti dodatno prisiljavaju zrakoplove da lete na neučinkovitim visinama, koje rezultiraju u nepotrebnom izgaranju goriva, prekomjernim troškovima za zrakoplovne prijevoznike te dodatnoj šteti za okoliš. Primjena promjena u razinama leta, koje je omogućila ADS-B ITP tehnologija, može poboljšati postupke iznad oceanskog zračnog prometa tako što će stvoriti veću operativnu učinkovitost [13].

In-Trail procedura (ITP) također pruža sigurnosne koristi tako što osigurava alat za upravljanje scenarijima u slučaju nepredviđenih situacija, poput penjanja ili poniranja kroz turbulenciju. Nakon što procedura bude dokazana u praksi omogućiti će smanjenje u zahtjevima za prijevoz goriva za nepredviđene situacije, što će zauzvrat rezultirati u smanjenju sagorijevanja goriva i emisija štetnih plinova, te podizanju većih korisnih nosivosti.

Modul se može primijeniti u *en-route* fazi leta. Modul se također može primijeniti na rutama u proceduralnim zračnim prostorima [13].

Predviđena operativna poboljšanja učinkovitosti opisana su prema spomenutim ključnim područjima učinkovitosti (KPA) [13]:

- KPA-02: Kapacitet *(engl. Capacity)*

  Unapređenje kapaciteta na određenoj ruti.

- KPA-04: Učinkovitost *(engl. Efficiency)*

  Povećana učinkovitost na oceanskim i kontinentalnim (potencijalno) en-route područjima.

- KPA-05: Okoliš *(engl. Environment)*

  Smanjene emisije štetnih plinova.

- KPA-11: Sigurnost *(engl. Safety)*

  Smanjenje mogućih ozljeda kabinske posade i putnika.

4.6. Zrakoplovni sustav za izbjegavanje sudara (ACAS)

Zrakoplovni sustav za izbjegavanje sudara (ACAS) je sustav zrakoplova koji na temelju signala transpondera sekundarnog nadzornog radara (SSR) radi nezavisno od zemaljske opreme i savjetuje pilota o zrakoplovima koji ga potencijalno ugrožavaju, a koji su opremljeni SSR transponderima. Koncept ACAS se ostvaruje pomoću opreme sustava signaliziranja opasnosti i davanja uputa za izbjegavanje sudara (TCAS).

Sustav ACAS može izdati 2 vrste upozorenja [23]:

- Indikacija prometnog upozorenja (*engl. Traffic Advisory* (TA)) je vizualna indikacija koja posadu upozorava kako je blizina drugog zrakoplova potencijalna ugroza i da budu pripravni na moguću indikaciju obveznog vertikalnog razdvajanja.

- Indikacija obveznog razdvajanja (*engl. Resolution Advisory* (RA)) je indikacija koja posadi zrakoplova preporučuje manevar za izbjegavanje zrakoplova koji se nalazi u neprimjerenoj blizini, te pokazuje pilotu vertikalni raspon unutar kojeg mora letjeti da bi otklonio moguću prijetnju. Indikacija obveznog razdvajanja

može biti izdana protiv svih zrakoplova koji su opremljeni sa SSR transponderom (Mode S ili Mode A/C). "Uljez" ne mora biti opremljen s sustavom ACAS-om II.

Trenutno postoje tri vrste sustava ACAS [28]:

- ACAS I: izdaje indikacije prometnog upozorenja (TA), ali ne preporučuje nikakve manevre. Jedina oprema za implementiranje ACAS I koncepta je TCAS I. Glavni problem sustava TCAS I je što nije interoperabilan i uzrokuje smetnje na sustavu ACAS II.
- ACAS II: uz indikacije prometnog upozorenja (TA) omogućava i indikacije obveznog razdvajanja (RA) za vertikalno razdvajanje. Inačica 7.0 i Inačica 7.1 sustava TCAS II je oprema za implementiranje sustava ACAS II.
- ACAS III daje indikacije prometnog upozorenja (TA) i indikacije obveznog razdvajanja (RA) za vertikalna i/ili horizontalna razdvajanja. ICAO standardi (SARP) za sustav ACAS III još uvijek nisu razvijeni i ne postoje planovi za nastavak razvoja.

4.6.1. Modul B0-ACAS: Poboljšanja sustava za izbjegavanje sudara zrakoplova u zraku (ACAS)

Sustav ACAS djeluje neovisno o kontroli zračnog prometa, kao posljednje sredstvo za smanjenje rizika od sudara zrakoplova u zraku. Modul B0-ACAS omogućava kratkoročna poboljšanja postojećih zrakoplovnih sustava za izbjegavanje sudara (ACAS), koja će smanjiti nepotrebna upozorenja , ali će pritom i dalje zadržavati postojeće razine sigurnosti. Navedena poboljšanja smanjiti će odstupanja od putanja leta i povećati sigurnost u slučajevima kada dolazi do gubitka razdvajanja (*engl. breakdown of separation*).

Područje primjene modula B0-ACAS su *en-route* faza leta i prilazna faza leta [13].

Sustav TCAS II jedini zadovoljava ACAS ICAO standarde (SARP). Inačica 7.0 sustava TCAS II se smatra neprihvatljivim rizikom za sigurnost zbog niza konfliktnih situacija u svijetu koje su se dogodile zbog njegove uporabe. Zato se navedena inačica morala nadograditi na inačicu 7.1. u kojoj su otklonjeni primijećeni problemi u sustavu.

Prema odredbi dodatka 85 dokumenta "*ICAO Annex 10, volume IV",* objavljenog u listopadu 2010. godine [29]:

- sve nove ACAS instalacije nakon 1. siječnja 2014. godine moraju biti u skladu s verzijom 7.1;
- sve ACAS instalacije moraju biti u skladu s verzijom 7.1, nakon 1. siječnja 2017. godine.

Prema Europskoj Komisiji od 1. travnja 2012. godine slijedeći zrakoplovi moraju biti opremljeni za izbjegavanje sudara s logikom verzije 7.1 sustava ACAS II [29]:

- zrakoplovi s najvećom dozvoljenom masom pri polijetanju većom od 5 700 kg; ili
- zrakoplovi u kojima je dopušteno prevoziti više od 19 putnika.

Navedenim zrakoplovima kojima je izdano uvjerenje prije navedenog datuma moraju se opremiti ovom inačicom nakon 01. prosinca 2015. godine [29].

Zrakoplovi koji nisu gore navedeni ali koji će biti dobrovoljno opremljeni s sustavom ACAS II., moraju biti opremljeni za izbjegavanje sudara s verzijom 7.1 [29].

Sigurnosna istraživanja ukazuju da ACAS II smanjuje rizik od sudara u zraku (*engl. mid-air collision*) za 75% - 95%, pri bliskim susretima sa zrakoplovima koji su opremljeni ili samo sa transponderom, ili sa sustavom ACAS II [13].

Jedno od glavnih ograničenja sustava TCAS II je što ovisi o signalima iz transpondera drugih zrakoplova kako bi procijenio prijetnju. Sustav TCAS II ne može otkriti zrakoplov koji nije opremljen sa transponderom ili ima neispravan transponder. Također ne mogu se izdati indikacije obveznog razdvajanja (RA) protiv zrakoplova koji ne posjeduju transponder koji izvještava o visini leta.

Tablica 4.1. prikazuje razinu zaštite koju može pružiti TCAS II ovisno o opremljenosti zrakoplova koji se nalazi u neprimjerenoj blizini. Za izdavanje indikacija obveznog razdvajanja (RA) drugi zrakoplov koji predstavlja prijetnju ne mora biti opremljen sa TCAS II. Indikacije obveznog razdvajanja (RA) se koordiniraju između zrakoplova opremljenih sa TCAS II sustavima, ali to u većini slučajeva nije potrebno zato što uglavnom samo jedan zrakoplov dobiva indikaciju obveznog razdvajanja (RA), neovisno o opremljenosti drugog zrakoplova.

Tablica 4.2. Razina zaštite TCAS II sustava

Oprema zrakoplova "uljeza"	Vlastiti zrakoplov (TCAS II)
Nema transpondera	Nije otkriven
Samo Mode A transponder	Nije otkriven
Mode A/C transponder bez mogućnosti izvještavanja o visini leta	TA, "uljez" prikazan na TCAS-ovom zaslonu za prikaz prometa bez visine leta
Mode C ili Mode S transponder	TA i RA
TCAS I	TA i RA
TCAS II	TA i koordinirani RA

Izvor: [29]

Ako zrakoplov izgubi input iz barometarskog visinomjera, radarskog visinomjera ili transpondera sustav TCAS II će automatski podbaciti.

Još jedan nedostatak se pojavljuje kod slučajeva kada vojni zrakoplovi moraju presresti civilni zrakoplov opremljen sa TCAS II sustavom. U određenim okolnostima poput duljeg gubitka komunikacije, vojnim zrakoplovima se zapovijeda da presretnu takav zrakoplov u cilju pružanja pomoći ili provjere sigurnosti leta.

Ako pri presretanju vojni zrakoplov ne isključi svoj Mode C transponder ili ako postavi prethodno navedeni transponder da djeluje u presretačkom modu, TCAS sustav zrakoplova koji se presreće može prepoznati takav vojni zrakoplov kao prijetnju te može započeti sa manevrima izbjegavanja kao odgovor na indikacije obveznog razdvajanja (RA). Presretač može takve manevre krivo protumačiti kao neprijateljske namjere [28].

Kako ne bi došlo do ovakvih nepoželjnih situacija, vojni zrakoplovi bi trebali isključiti svoje transpondere prilikom presretanja. To će im i dalje omogućiti izvedbu presretanja, ali će i osigurati letnu sigurnost.

Kako bi se ostvarile maksimalne sigurnosne koristi tijekom jednog TCAS susreta, ključno je da letačka posada reagira pravodobno i ispravno na izdane indikacije obveznog razdvajanja (RA). Operativno praćenje pokazuje da piloti ponekad ne slijede točno izdane indikacije obveznog razdvajanja (RA), ili ih uopće ne slijede. Otprilike 20% indikacija obveznog razdvajanja (RA) je ignorirano od strane letačkih posada unutar Europskog zračnog prostora [13].

Sigurnosna i operativna učinkovitost TCAS sustava uvelike ovisi o zračnom prostoru u kojem djeluje. Operativno praćenje TCAS sustava ukazuje na da se nepotrebne indikacije obveznog razdvajanja (RA) mogu izdati kada zrakoplov prilazi sa velikom vertikalnom brzinom dodijeljenoj razini leta, koja je odvojena sa 1000 ft. U Europi je na navedeni način izdano otprilike 50 % indikacija obveznog razdvajanja (RA) [13].

Također, postoje dvije nova dodatna funkcije koje mogu unaprijediti ACAS operacije: TCAS prevencija upozorenja (TCAP[108]) i autopilot/glavni navigacijski uređaj (APFD[109]) rješenja [13].

Predviđena operativna poboljšanja učinkovitosti opisana su prema spomenutim ključnim područjima učinkovitosti (KPA) [13]:

- KPA-04: Učinkovitost *(engl. Efficiency)*

  ACAS poboljšanja smanjiti će nepotrebne indikacije obveznog vertikalnog razdvajanja (RA), a zatim smanjiti odstupanja od putanje leta.

- KPA-11: Sigurnost *(engl. Safety)*

  ACAS povećava sigurnost u slučaju gubitka separacije.

4.6.2. Modul B2-ACAS: Novi sustav izbjegavanja sudara zrakoplova u zraku

Modul se odnosi na implementaciju novog zrakoplovnog sustava za izbjegavanje sudara, koji sadrži unaprjeđenu funkciju nadzora podržanu od strane ADS-B tehnologije, i prilagodljivu logiku izbjegavanja sudara koja za cilj ima smanjenje nepotrebnih upozorenja i minimiziranje odstupanja od rute.

Implementacija novog zrakoplovnog sustava upozoravanja o sudaru omogućiti će učinkovitije buduće operacije i postupke, ali pritom neće doći do kršenja sigurnosnih propisa. Glavni cilj navedenog sustava je smanjenje vjerojatnosti skorih sudara zrakoplova u zraku (*engl. mid-air collision*).

Modul B2-ACAS može se primijeniti u svim zračnim prostorima [13].

Unaprjeđeni zrakoplovni sustav izbjegavanja sudara mora biti sposoban uspješno funkcionirati sa smanjenim separacijskim minimumom i ostalim novim procedurama kao što

[108] TCAP - TCAS Alert Prevention
[109] APFD - Auto-Pilot/Flight Director

su upravljanje 4D putanjom zrakoplova ili ACAS aplikacije, kao i osobitostima novih letjelica kao što su bespilotne letjelice (RPA) [13].

Implementacija modula B2-ACAS uvelike ovisi o uspješnosti razvoja nasljednika trenutne TCAS tehnologije. Koncept ACAS X trebao bi predstavljati budućnost zrakoplovnog sustava za izbjegavanje sudara.

Dvije ključne razlike između sustava TCAS II i novog koncepta ACAS X su logika izbjegavanja sudara i izvori podataka nadziranja. TCAS II logika se oslanja na fiksnom skupu pravila koji oblikuju spektar odgovora pilota. Koncept ACAS X usvaja potpuno novu metodologiju dizajniranja koja se oslanja na teoriji odlučivanja. Navedeni koncept proizlazi iz optimalne logike koja se temelji na jasnim probabilističkim modelima i troškovnim funkcijama koji predstavljaju ciljeve ovog sustava [29].

Razvoj i optimiziranje ACAS X logike i dalje se provodi u svijetu, a u tome prednjače Sjedinjene Američke Države i Europa kroz svoje modernizacijske programe, NextGen i SESAR. Međunarodna organizacija za civilno zrakoplovstvo (ICAO) također opsežno istražuje ACAS X u okviru svog modula B2-ACAS, a koji bi trebao omogućiti razvoj novog zrakoplovnog sustava izbjegavanja sudara kojeg je ICAO predvidio u ovom modulu. Ovakav sustav trebao bi zadovoljiti sigurnosne i operativne potrebe globalnog zračnog prostora u budućnosti.

Predviđena operativna poboljšanja učinkovitosti opisana su prema spomenutim ključnim područjima učinkovitosti (KPA) [13]:

- KPA-02: Kapacitet *(engl. Capacity)*

  Smanjena upotreba spektra od 1030/1090 MHz za koordinaciju upita i odgovora.

- KPA-11: Sigurnost *(engl. Safety)*

  a) poboljšanje točnosti indikacije obveznog razdvajanja (RA) za podršku budućih procedura zračnog prostora, kao što su separacijski minimumi, sa smanjenjima u:
    - broju indikacija obveznog razdvajanja (RA); i
    - broju lažnih upozorenja.

  b) smanjenje vjerojatnosti skorog sudara zrakoplova u zraku *(engl. near mid-air collision)*

4.7. Sigurnosne mreže (SNET)

Sigurnosne mreže (*safety nets*) predstavljaju imperativ za implementiranje u Europi, ali i na globalnoj razini. Sigurnosne mreže pomažu u sprječavanju da se potencijalne ili stvarne opasne situacije razviju u veće incidente ili čak nesreće. One predstavljaju zadnji stup obrane sustava protiv nastanka nesreća. Dizajnirane su na način da pružaju pravovremene obavijesti kontrolorima i pilotima o povećanom sigurnosnom riziku tijekom odvijanja leta.

Osnovna podjela sigurnosnih mreža je na zemaljske (*ground-based*) i zračne (*airborne*) sigurnosne mreže. Ovi sustavi rade neovisno o drugim sustavima kako bi osigurali potrebnu razinu zaštite koja kod međusobno ovisnih sustava može biti narušena u slučajevima smanjene sposobnosti sustava ili kvara sustava. Oni također rade neovisno jedan od drugog. Ipak, u određenim situacijama kao što je slučaj kod iznenadnih ili neočekivanih manevara, oni će upozoravati u otprilike isto vrijeme ili neočekivanim vremenskim slijedom [30].

Najveći problem sigurnosnih mreža su velik broj nepotrebnih i lažnih upozorenja. Zato je potrebno da kontrolori i piloti redovito izvještavaju o takvim slučajevima.

4.7.1. Modul B0-SNET: Osnovne zemaljske sigurnosne mreže

Implementacija modula omogućiti će praćenje operativnog okruženja tijekom svih faza leta osim faze pripreme leta *(engl. preflight),* a kako bi se omogućilo dobivanje pravovremenih upozorenja na površini o povećanom sigurnosnom riziku u letu. Modul se može primijeniti u svim fazama leta osim pripreme leta *(engl. preflight)* [13].

Modul B0-SNET za cilj ima implementiranje osnovnog seta zemaljskih sigurnosnih mreža. Zemaljske sigurnosne mreže namijenjene su kao pomoć kontrolorima zračnog prometa u stvaranju pravovremenih upozorenja o povećanom riziku za sigurnost leta (sudar, neovlašten ulaz u zračni prostor i kontrolirani let u teren (CFIT)), što može uključivati savjete o rješavanju sigurnosnih rizika (*engl. resolution advice*).

Zemaljske sigurnosne mreže sastavni su dio sustava upravljanja zračnim prometom (ATM). Koristeći prvenstveno podatke ATS nadzora, zemaljske sigurnosne mreže pružaju vremenska upozorenja u trajanju do dvije minute. Očekuje se da će navedeno pomoći kontrolorima zračnog prometa da u trenutku izvrše procjenu situacije i poduzmu odgovarajuće mjere. Bez postojanja upozorenja od strane sigurnosne mreže opasne situacije mogu ostati neopažene od pilota i kontrolora zračnog prometa [13].

Mora se naglasiti da sigurnosne mreže predstavljaju samo dodatnu zaštitu, tj. dodatno smanjenje sigurnosnog rizika, te da neće bitno izmijeniti način rada kontrolora zračnog prometa i pilota.

Modul B0-SNET sastoji se od slijedećih elemenata, tj. sustava za praćenje i uzbunjivanje [30]:

- *Short-Term Conflict Alert* (Upozorenje na mogući/postojeći konflikt između dva zrakoplova (STCA)) - pomažu kontrolorima u sprječavanju sudara između zrakoplova generirajući pravovremena upozorenja o potencijalnim ili stvarnim kršenjima separacijskog minimuma. Navedeni sustav također treba omogućiti dovoljno vremena za korektivne akcije, kako bi se izbjegle nepotrebne indikacije obveznog vertikalnog razdvajanja (RA) od strane sustava ACAS.
- *Area Proximity Warning* (Sustav za signalizaciju blizine zemlje (APW)) - upozorava kontrolore o neovlaštenom prodoru zrakoplova u određeni volumen zračnog prostora na način da generira pravovremena upozorenja o potencijalnom ili stvarnom kršenju potrebnog razmaka od tog volumena zračnog prostora.
- *Minimum Safe Altitude Warning* (Upozorenje na minimalnu sigurnu visinu (MSAW)) - upozorava kontrolore o povećanom riziku od CFIT (kontrolirani let u teren) nesreća generiranjem pravovremenih upozorenja zrakoplovu o neposrednoj blizini terena ili zemaljskih prepreka.

Zemaljske sigurnosne mreže STCA i APW surađuju sa svojim ekvivalentom - ACAS sustavom. Sustav STCA izravno sudjeluje u prevenciji sudara između zrakoplova dok sustav APW to čini neposredno tako što predviđa/otkriva kršenja segregacijskih propisa.

Prema spomenutim ključnim područjima učinkovitosti (KPA) postoji samo jedno predviđeno operativno poboljšanje učinkovitosti [13]:

- KPA-11: Sigurnost *(engl. Safety)*

  Značajno smanjenje broja većih incidenata.

4.7.2. Modul B1-SNET: Zemaljske sigurnosne mreže pri završnom prilazu

U modulu se pomoću sustava *Approach path monitor* (APM) želi povećati sigurnost, tako što će se smanjiti rizik od CFIT nesreća prilikom završnog prilaza. Sustav APM upozorava kontrolore zračnog prometa o povećanom riziku o kontroliranom letu u teren (CFIT) tijekom

završnog prilaza. Glavna prednost modula predstavlja značajno smanjenje u broju većih incidenata. Cilj je značajno povećati učinkovitost zemaljskih sigurnosnih mreža [13].

Modul će se primjenjivati tijekom prilaza zrakoplova [13].

Iako temelj za implementiranje modula B1-SNET predstavlja modul B0-SNET, može ga se implementirati i bez implementacije prethodnog esencijalnog modula.

Jedini element modula predstavlja sustav *Approach Path Monitor* (APM), koji upozorava kontrolore o povećanom riziku od CFIT nesreća generiranjem pravovremenih upozorenja zrakoplovu u neposrednoj blizini terena ili zemaljskih prepreka tijekom završnog prilaza.

Ovaj modul predlaže optimizirani namjenski APM sustav koji će zadržati broj nepotrebnih i lažnih upozorenja na učinkovitom minimumu, kroz korištenje modela preciznog prilaznog puta.

Prema spomenutim ključnim područjima učinkovitosti (KPA) postoji samo jedno predviđeno operativno poboljšanje učinkovitosti [13]:

- KPA-11: Sigurnost *(engl. Safety)*

  Značajno smanjenje broja većih incidenata.

5. ZAKLJUČAK

Današnji navigacijski sustavi zračnog prometa su još uvijek ograničeni konceptualnim pristupima iz 20. stoljeća. Najnovije izdanje Globalnog navigacijskog plana zračnog prometa kao rješenje ovom problemu nudi viziju novog, potpuno usklađenog globalnog navigacijskog sustava koji će se temeljiti na performansama (PBN). Operacije kontinuiranog poniranja (CDO) i operacije kontinuiranog penjanja (CCO) su također jako važni koncepti za razvoj budućih navigacijskih sustava, te sa PBN-om predstavljaju najveće globalne prioritete zračnog prometa.

Navedeni prioriteti čine temelj nove metodologije, Blok unaprjeđenja sustava zračnog prometa (ASBU), koja je nastala kao rezultat povratnih informacija o stanju i potrebama današnjega navigacijskog sustava zračnog prometa.

Za uspjeh ove nove metodologije razvoja navigacijskih sustava zračnog prometa neophodna je suradnja između svih učesnika u zračnom prometu. Većina modernizacijskih programa u svijetu je usklađena sa ovim novim pristupom. U tome prednjače američki NextGen i europski SESAR.

Mnoga organizacijska tijela u zračnom prometu aktivno podržavaju i promoviraju ASBU metodologiju (EUROCONTROL, CANSO, IATA i dr.). ICAO također usko surađuje i sa tehničkim tijelima za standardizaciju kako bi osigurao spremnost globalnih standarda u predviđenom vremenskom roku – Bloku. ICAO također pruža tehnološke smjernice koje su korisne državama kod planiranja implementacije odabranih modula. Važno je naglasiti da države ne moraju implementirati sve module, već ih odabiru (kroje) po potrebi.

ICAO također potiče države da izvještavaju o napretku implementacije ASBU modula kako bi imali stvarnu sliku o stanju globalnog i regionalnog zračnog navigacijskog sustava te kako bi se mogli otkloniti potencijalni nedostaci određenih modula.

Treće područje unaprjeđenja performansi (PIA), Optimalni kapacitet i fleksibilni letovi, predstavlja možda najvažniji dio ASBU metodologije. Uspješna implementacija svih modula iz ovog područja bi trebala ostvariti novi zamišljeni operativni koncept – Upravljanje kompleksnošću zračnog prometa. On bi u konačnici trebao dovesti do novog kolaborativnog sustava upravljanja zračnim prometom (ATM).

Većina tehnologija ili tzv. "sposobnosti modula" koje omogućuju realizaciju modula iz trećeg područja unaprjeđenja performansi su zapravo već razvijeni koncepti koji se već koriste nekoliko godina, ali očekuju svoju punu primjenu u skoroj budućnosti, tj. unutar Blokova unaprjeđenja. Dobro poznati koncepti kao što su Fleksibilna uporaba zračnog prostora (FUA), Upravljanje protokom zračnog prometa (ATFM), Zrakoplovni sustavi za izbjegavanje sudara (ACAS) i Sigurnosne mreže (*engl. Safety nets*), sa novim unaprjeđenjima i novim tehnologijama kao što su navigacija zasnovana na performansama (PBN), aerodromsko kolaborativno donošenje odluka (A-CDM) i infrastruktura upravljanja informacijama povezanih sa cjelokupnim sustavom (SWIM), tek očekuju svoju širu i učinkovitiju primjenu.

Kod sustava nadzora najveći napredak bi trebale donijeti slijedeće dvije tehnologije: "automatski ovisan nadzor" (ADS-B) i multilateracija širokog područja (WAM). ADS-B će također omogućiti nove "*In-Trail*" procedure (ITP) koje će uz pomoć ADS-B-a omogućiti učinkovitiji i pojednostavljeni postupak za postizanje optimalnih razina leta određenim situacijama.

Što se tiče sustava za izbjegavanja sudara zrakoplova u zraku (ACAS), trenutno se koristi TCAS II oprema verzije 7.1., koja predstavlja imperativ za implementiranje. Novi sustav za izbjegavanje sudara, ACAS X, koji se trenutno razvija trebao bi posjedovati unaprijeđenu logiku izbjegavanja sudara i bolje izvore nadzornih podataka.

Kod razdvajanja zrakoplova u zraku u budućnosti se očekuje šira upotreba sustava za pomoć kod razdvajanja zrakoplova u zraku (*engl. Airborne Separation Assistance System* (ASAS)). Postoje tri vrste sustava za pomoć kod razdvajanja zrakoplova u zraku, od kojih sustav ASPA (*engl. Airborne Spacing*) služi za održavanje razmaka između zrakoplova u zraku, sustav ASEP (*engl. Airborne Separation*) služi za razdvajanje zrakoplova u zraku a sustav SSEP (*engl. Self-Separation*) za samo-razdvajanje između zrakoplova u zraku. Teško je predvidjeti uspješnost tehnologije samo-razdvajanja zrakoplova, ali sigurno je jako zanimljiva za zrakoplovnu zajednicu, i trebala bi dovesti do smanjenja konfliktnih situacija u zraku.

Partnerstvo i suradnja su ključni čimbenici za uspjeh ASBU metodologije na nacionalnoj, regionalnoj i globalnoj razini. Kod velikog broja zemalja ograničavajući čimbenik predstavlja trošak implementiranja predloženih modula. Ipak, ako se ovaj revolucionarni koncept pokaže uspješnim, to će donijeti velike koristi na globalnoj razini.

Literatura

[1] ICAO: 2013 2013-2028 Global Air Navigation Plan, Doc. 9750 – AN/963 Fourth Edition. Montreal, Canada; 2013.

[2] United States Government Accountability Office: NEXT GENERATION AIR TRANSPORTATION SYSTEM: Improved Risk Analysis Could Strengthen FAA's Global Interoperability Efforts. Washington; 2015.

[3] ICAO: GANIS Working document: ICAOAviation system block upgrades. 2011.

[4] EUROCONTROL: Functional Airspace Block (FABs).; 2012. Dostupno na: https://www.eurocontrol.int/functional-airspace-block-fabs-defragmenting-european-airspace

[5] Europska Komisija: Frequently Asked Questions: Single Sky: Commission acts to unblock congestion in Europe's airspace. Bruxelles; 2013. Dostupno na: http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-13-525_en.htm

[6] Future Airspace Strategy: FAS Deployment Plan, Iteration 3, V1.2.; 2012.

[7] ICAO. Air navigation report: Capacity an defficiency. Montreal, Canada; 2013.

[8] ICAO: Air Navigation Report: Capacity an efficiency. 2015 Edition. Montreal, Canada; 2015.

[9] Hrvatska kontrola zračne plovidbe: PBN koncept; Zagreb; 2011.
Dostupno na: http://www.crocontrol.hr/default.aspx?id=36

[10] CANSO: Performance-Based Navigation: Best Practice Guide for ANSPs; 2015.

[11] Hrvatska kontrola zračne plovidbe: Navigacijski sustavi; Zagreb; 2015. Dostupno na: http://www.crocontrol.hr/default.aspx?id=65

[12] EUROCONTROL: European Airspace Concept Handbook for PBN Implementation Edition 3.0; 2013.

[13] ICAO: Working document for theAviation System Block Upgrades, the framework for global harmonization. Montreal, Canada; 2013.

[14] CANSO: Introduction to Aviation System Block Upgrades (ASBU) Modules, Strategic Planning for ASBU Modules Implementation; 2014.

[15] FAA: The business case for Next Generation Air Transportation System; 2014.

[16] EUROCONTROL: 2014 ASBU Implementation Monitoring Report: ICAO EUR/NAT States results, Version 1.1; 2014.

[17] Hrvatska kontrola zračne plovidbe: Annual Report 2014

[18] Hrvatska kontrola zračne plovidbe: Godišnje izvješće o stanju društva za 2014.; Zagreb; 2015.

[19] CANSO: Recommended Key Performance Indicators for Measuring ANSP Operational Performance civil air navigation services organisation; 2015.

[20] SESAR Joint Undertaking: Concept of operation; 2012.

[21] Mihetec, T.: Upravljanje zračnom plovidbom 2013./2014.; Fakultet Prometnih znanosti, Zagreb; 2013.

[22] ICAO: Doc 9971, Manual on Collaborative Air Traffic Flow Management. Montreal, Canada; 2014.

[23] ICAO: Annex 10 — Aeronautical Telecommunications, Volume IV — Surveillance and Collision Avoidance Systems. Montreal, Canada; 2014.

[24] FAA: ADS-B benefits are limiteddue to a lack of advanced capabilities and delays in user equipage, Office of Inspector General Audit Report; 2014.

[25] TR.N. Dùng điện thoại di động để cướp... máy bay. 2013. [slika sa interneta] (25.08.2015.) Dostupno na: http://tamlongvang.laodong.com.vn/cong-nghe/dung-dien-thoai-di-dong-de-cuop-may-bay-110695.bld

[26] ZHAW: Flugzeug Multilateration (MLAT) [slika sa interneta] (25.08.2015.) Dostupno na: http://swww.zhaw.chstorage_processed_csm_mlat-tdoa_scaled_ec0d9acfde.png.

[27] SESAR: Proposed European ATM Master Plan Edition 2015; 2015.

[28] IVAO: Airborne collision avoidance system - TCAS; 2015.

[29] EUROCONTROL: ACAS Guide Airborne Collision Avoidance Systems (incorporating TCAS II version 7.0 & 7.1 and introduction to ACAS X); 2015.

[30] EUROCONTROL: Safety nets ensuring effectiveness guide; 2011.

Prilozi

Popis slika

Slika 2.1. Modernizacijski programi sustava upravljanja zračnim prometom [2].....8

Slika 2.2. Funkcionalni Blokovi zračnog prostora [5].....12

Slika 2.3. Komponente PBN-a [9].....16

Slika 2.4. Navigacijske specifikacije [12].....17

Slika 2.5. Navigacijski koncepti [9].....18

Slika 2.6. Primjer dopuštenih navigacijskih specifikacija za vrijeme trajanja leta [9].....19

Slika 2.7. Status implementacije ATFM-a u svijetu [1].....21

Slika 3.1. Blokovi unaprjeđenja sustava zračnog prometa [1].....24

Slika 3.2. Modulski nizovi iz područja Optimalnog kapaciteta i fleksibilnih letova [13].....28

Slika 3.3. Blok 0 u perspektivi [3].....32

Slika 3.4. Blok 1 u perspektivi [3].....36

Slika 3.5. Blok 2 u perspektivi [3].....37

Slika 3.6. Blok 3 u perspektivi [3].....39

Slika 3.7. Prikaz država koje su podnijele izvješće [16].....44

Slika 4.2. ADS-B i nadzorni sustav koji koristi SSR [25].....69

Slika 4.1. MLAT sustav [26].....71

Popis tablica

Tablica 3.1. Označavanje ASBU modula iz PIA 1 [13].....26

Tablica 3.2. Označavanje ASBU modula iz PIA 2 [13].....27

Tablica 3.3. Označavanje ASBU modula iz PIA 3 [13].....27

Tablica 3.4. Označavanje ASBU modula iz PIA 4 [13].....28

Tablica 3.1. Moduli "Prioriteta 1" [13].....46

Tablica 3.2."Drugi moduli" [13].....47

Tablica 4.1. Ključna područja učinkovitosti i ICAO Ključni pokazatelji učinkovitosti [19]...51

Tablica 4.2. Razina zaštite TCAS II sustava [29].....81

Popis kratica

GANP	(Global Air Navigation Plan) Globalni navigacijski plan zračnog prometa
ICAO	(International Civil Aviation Organisation) Organizacija međunarodnog civilnog zrakoplovstva
ASBU	(Aviation System Block Upgrade) Blokovi unaprjeđenja sustava zračnog prometa
CNS/ATM	(Communication, navigation and surveillance/Air Traffic Management) Komunikacija, navigacija i nadzor/Upravljanje zračnim prometom
ATM	(Air Traffic Management) Upravljanje zračnim prometom
EUR/NAT	(Europe/North Atlantic) Europa/Sjeverni Atlantik
SESAR	(Single European SKY ATM Research)
NextGen	(Next Generation Air Transportation System)
CARATS	(Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic Systems)
GASP	(Global Air Safety Plan) Globalni sigurnosni plan zračnog prometa
PBN	(Performance-based Navigation) Navigacija zasnovana na performansama
IFSET	(ICAO Fuel Savings Estimation Tool)
EC	(European Commission) Europska komisija
SJU	(SESAR Joint Undertaking) SESAR Zajednički pothvat
ECAC	(European Civil Aviation Conference) Europska konferencija za civilno zrakoplovstvo
SES	(Single European Sky) Jedinstveno europsko nebo
FAB	(Functional Airspace Blocks) Funkcionalni blokovi zračnog prostora
NEFAB	(North European Functional Airspace Block) Sjevernoeuropski FAB
FABEC	(Functional Airspace Block Europe Central) FAB Srednja Europa

FABCE	(Functional Airspace Block Central Europe) FAB Središnja Europa
SWFAB	(South West Functional Airspace Block) Jugozapadni FAB
CDM	(Collaborative Decision Making) Kolaborativno donošenje odluka
ATFM	(Air Traffic Flow Management) Upravljanje protokom zračnog prometa
CDO	(Continuous Descent Operations) Operacije kontinuiranog poniranja
CCO	(Continuous Climb Operations) Operacije kontinuiranog penjanja
AIM	(Aeronautical Information Management) Upravljanje aeronautičkim informacijama
GNSS	(Global Navigation Satellite System) Globalni navigacijski satelitski sustav
ANSP	(Air Navigation Service Provider) Pružatelj usluga u zračnoj plovidbi
RNAV	(Area Navigation) Prostorna navigacija
RNP	(Area Navigation Procedures) Zahtijevana navigacijska točnost
VOR	(VHF Omnidirectional Radio range) VHF svesmjerni radiofar
NDB	(Non Directional Beacon) Neusmjeren radiofar
ATS	(Air Traffic Service) Operativne usluge zračnog prometa
NAVAIDS	(Navigation Aids) Navigacijska pomagala
DME	(Distance Measuring Equipment) Oprema za mjerenje udaljenosti
NDB/L	(Non Directional Beacon/Locator) Neusmjeren radiofar/radar
IFR GAT	(Instrumental Flight Rules General Air Traffic) Opći zračni promet koji se odvija prema pravilima instrumentalnog letenja
ATFCM	(Air Traffic Flow Capacity Management) Upravljanje protokom i kapacitetom zračnog prometa
ATCSCC	(Air Traffic Control System Command Center) Zapovjedni centar sustava kontrole zračnog prometa

FAA	(Federal Aviation Administration) Savezna uprava za civilno zrakoplovstvo
AIS	(Aeronautical Information Service) Usluga zrakoplovnog informiranja
SWIM	(System Wide Information Management) Infrastruktura upravljanja informacijama povezanih sa cjelokupnim sustavom
IATA	(International Air Transport Association) Međunarodna udruga zrakoplovnih prijevoznika
CANSO	(Civil Air Navigation Services Organisation) Međunarodna organizacija pružatelja usluga u civilnoj zračnoj plovidbi
EUROCAE	(European Organisation for Civil Aviation Equipment) Europska organizacija za opremu u civilnom zrakoplovstvu
PIA	(Performance Improvement Area) Područje unaprjeđenja performansi
CNS	(Communication, navigation and surveillance) Komunikacija, navigacija i nadzor
FRTO	(Free Route Operations) Operacije na slobodnim rutama
VNAV	(Vertical Navigation) Vertikalna navigacija
RPA	(Remotely Piloted Aircraft) Daljinski upravljan zrakoplov
RTCA	(Radio Technical Commission for Aeronautics)
AIRINC	(Associates for International Research, Inc.)
OI	(Operational Improvements) Operativna poboljšanja
CBA	(Cost/benefit analyses) Analiza troškova/koristi
NDA	(Needs and dependencies analyses) Analiza potreba i ovisnosti
FUA	(Flexible Use ofAirspace) Fleksibilna uporaba zračnog prostora
ATSA	(Air Traffic Situational Awareness) Situacijska osviještenost zračnog prometa
ADS-B	(Automatic dependent surveillance – broadcast) "Automatski ovisan nadzor "
WAM	(Wide Area Multilateration) Multilateracija širokog područja

ACAS (Air Collision Avoidance System) Sustav za izbjegavanje sudara zrakoplova u zraku

STCA (Short Term Conflict Area) Upozorenje na mogući/postojeći konflikt između dva zrakoplova

APW (Area Proximity Warning) Sustav za signalizaciju blizine zemlje

MSAW (Maximum Safe Altitude Warning) Upozorenje na minimalnu sigurnu visinu

IM (Interval Management) Upravljanje razmacima

APM (Approach Path Monitor) Zaslon prilaznog puta

CFIT (Controlled Flight Into Terrain) Kontrolirani let u teren

GATMOC (Global Air Traffic Management Operational Concept) Globalni operativni koncept upravljanja zračnim prometom

ASEP (Airborne Separation) Razdvajanje u zraku

CAEP (Committee on Aviation Environmental Protection) Odbor ICAO-a za zaštitu okoliša u zrakoplovstvu

ESSIP/LSSIP (European Single European Sky Implementation Programme/Local Single European Sky Implementation Programme) Europski program implementacije jedinstvenog europskog neba/Lokalni program implementacije jedinstvenog europskog neba

EANPG (European Air Navigation Planning Group) Europska grupa za planiranje zrakoplovne navigacije

PIRG (Planning and Implementation Regional Group) Regionalna grupa zadužena za planiranje i implementaciju

APV (Approach Procedures with Vertical guidance) Postupak prilaza sa vertikalnim vođenjem

AMAN (Arrival Management) Upravljanje s dolascima zrakoplova

DMAN (Departure Management) Upravljanje s odlascima zrakoplova

CroATMS (Croatian Air Traffic Management System) Projekt nadogradnje hrvatskog sustava za upravljanje zračnim prometom

COOPANS (Cooperation between ANS providers) Suradnja pružatelja usluga u zračnoj plovidbi

VHF/UHF (Very High Frequency/Ultra High Frequency) Vrlo visoka frekvencija/ ultravisoka frekvencija

TMA (Terminal Control Area) Završna kontrolirana oblast

LFV (Luftfartsverket)

Navair (Navigation via air)

IAA (Irish Aviation Authority)

KPA (Key Performance Area) Ključna područja učinkovitosti

KPI (Key Performance Indicator) Ključni pokazatelji učinkovitosti

FRA (Free Route Airspace) Zračni prostor slobodnog izbora putanja leta

OAT/GAT (Operational Air Traffic/General Aviation Traffic) Operativni zračni promet/opći zračni promet

TSA (Temporary Segregated Area) Privremeno izdvojeno područje

ASM (Airspace Management) Upravljanje zračnim prostorom

FIR (Flight Information Region) Područje letnih informacija

CBA (Cross-Border Airspace) Prekogranično područje

DARP (Dynamic Air Route Planning System) Dinamički sustav planiranja zračne rute

TD (Traffic Demand) Prometna potražnja

DCB (Demand Capacity Balancing) Usklađivanje prometne potražnje i kapaciteta

MLAT (Multilateration) Multilateracija

SSR (Secondary Surveillance Radar) Sekundarni nadzorni radar

IFF (Identification, friend or foe) Raspoznavanje „svoj-tuđi“

TDOA (Time Difference Of Arrival) Vremenska razlika dolaska

ASAS (Airborne Separation Assistance System) Sustav za pomoć u razdvajanju zrakoplova u zraku

ATSA-AIRB (Basic Airborne Situational Awareness During Flight Operations)

VSA (Visual Separation On Approach) Vizualno razdvajanje pri prilazu zrakoplova

ASEP-ITF (Airborne separation In-trail follow)

ASEP-ATM (Airborne separation In-trail merge)

TCAP (TCAS Alert Prevention) TCAS prevencija upozorenja

APFD (Auto-Pilot/Flight Director) Autopilot/glavni navigacijski uređaj