# Simulacija uvođenja centralnog sektora u prostor nadležnosti ACC Zagreb

**Sikirić, Nikola**

**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:119:363288

*Rights / Prava:* In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-04-24**

*Repository / Repozitorij:*

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

# DIPLOMSKI RAD

# SIMULACIJA UVOĐENJA CENTRALNOG SEKTORA U PROSTOR NADLEŽNOSTI ACC ZAGREB

# SIMULATION OF IMPLEMENTATION OF CENTRAL SECTOR WITHIN ZAGREB ACC AREA OF RESPONSIBILITY

Mentor: doc. dr. sc. Biljana Juričić

Student: Nikola Sikirić

JMBAG: 0135218488

Zagreb, rujan 2016.

Veliku zahvalnost želim izraziti svojoj mentorici
doc. dr. sc. Biljani Juričić, koja je prihvatila mentorstvo
nad mojim radom i svojim savjetima uvelike pomogla u
njegovoj realizaciji.

Želim se zahvaliti gospodinu Davoru Crnogorcu i
kolegi Igoru Baraću na materijalima i savjetima
koji su mi pomogli prilikom pisanja rada.

Hvala svim mojim prijateljima i kolegama koji
su mi dali podršku i pomogli u različitim situacijama
te uz to olakšali studiranje na fakultetu.

Posebnu zahvalu želim iskazati svojoj obitelji i
djevojci Ani koji su cijelo vrijeme bili uz mene te
prošli dobre i loše trenutke sa mnom tijekom mojeg studija.

Najveću zahvalnost i zasluge želim izraziti svojim
roditeljima Stipi i Milki koji su mi bezuvjetno uvijek
pomagali i davali podršku prilikom studiranja bez
čije pomoći ovo ne bi bilo moguće.

SAŽETAK

Promatrajući stalan trend povećanja prometa dovodi u pitanje kako održati učinkovitost ATM sustava na prihvatljivoj razini. Jedan od načina kako to ostvariti je podizanjem učinkovitosti sve tri njegove sastavnice i poboljšanjem zajedničke suradnje kroz zajednička pravila i smanjenje ograničenja na većem prostoru kao što je to zračni prostor Europe. Hrvatski zračni prostor kao dio europskog zračnog prostora ima bitnu ulogu u tranzitu prometa iz zapadne i srednje Europe prema jugoistoku Europe te stoga dolazi do većeg prometnog opterećenja u ljetnoj sezoni na prometnim tokovima kroz određene sektore. Iz tog razloga je bilo potrebno osmisliti rješenje koje bi umanjilo opterećenost na tim sektorima. Kao rješenje navedenog problem uveden je novi centralni sektor u hrvatskom zračnom prostoru čija je uloga bila rasteretiti dva najopterećenija sektora, sjeverni i zapadni sektor. Kroz simulacije i analizu pokazalo se da je centralni sektor zbog velike količine prometa postao preopterećen te da njegova uloga bi bila znatno umanjena bez dodatne sektorizacije samog centralnog sektora ili pronalaženja alternativnih prometnih tokova kroz hrvatski zračni prostor.

KLJUČNE RIJEČI: ATM, centralni sektor, hrvatski zračni prostor, broj letova, okupiranost sektora, preopterećenost, sektorizacija

SUMMARY:

Observing the constant trend of traffic increase brings out the question, how to keep ATM system performance at acceptable level. One of the ways how to achieve this is by raising performance in his three parts and by improving common cooperation through common rules and lesser constrains on larger space such as like airspace of Europe. Croatian airspace as a part of European airspace has an important role in traffic transit from west and middle Europe toward south-east of Europe and because of that there is an increase in traffic load in summer season on traffic corridors through certain sectors. For that reason, it was needed to come up with a solution that would alleviate load in that sectors. As a solution of this problem new central sector was implemented in Croatian airspace whose role was to lower the load in two most loaded sectors, north and west sector. Through simulations and analysis, it has been shown that because of great amount of traffic, it has become overloaded and that his role would be diminished without additional sectorization of central sector or finding alternative traffic corridors through Croatian airspace.

KEYWORDS: central sector, Croatian airspace, daily entry count, sector occupancy, overload, sectorization

## SADRŽAJ:

1. Uvod ..... 1

2. Zračni prostor kao čimbenik ATM-a ..... 2

2.1 Podjela zračnog prostora u Europi ..... 4

2.2 Glavni principi dizajna zračnog prostora ..... 7

2.3 ASM i dizajn zračnog prostora ..... 9

2.3.1 Fleksibilno korištenje zračnog prostora (FUA) ..... 9

2.3.2 Fleksibilne strukture zračnog prostora ..... 10

2.4. Klasifikacija zračnog prostora ..... 11

2.5. Primjer restrukturiranja zračnog prostora na primjeru talijanskog FIR-a ..... 15

2.6. Hrvatski zračni prostor ..... 18

3. Analiza postojećeg stanja prostora nadležnosti ACC Zagreb ..... 20

3.1 Statistika za promet kroz hrvatski zračni prostor prema podacima iz izvještaja o učinkovitost (PRR – *Performance Review Report*) ..... 21

3.2 Tokovi zračnog prometa kroz hrvatski zračni prostor ..... 23

3.3 Opterećenost sektora unutar hrvatskog zračnog prostora ..... 28

4. Prijedlog uvođenja centralnog sektora u prostor nadležnosti ACC Zagreb i nove konfiguracije sektora ..... 32

5. Provedba simulacija tokova prometa kroz centralni sektor te simulacija nove konfiguracije sektora koristeći program NEST ..... 35

5.1 Simulacija prometnih tokova kroz centralni sektor ..... 35

5.2 Dodatna sektorizacija centralnog sektora ..... 38

5.3 Uvođenje novih segmenata u centralni sektor ..... 40

6. Analiza dobivenih rezultata i usporedba s postojećom konfiguracijom sektora ..... 43

7. Zaključak ..... 44

Literatura ..... 45

Popis kratica ..... 46

Popis slika ..... 48

Popis tablica ..... 49

# 1. Uvod

Upravljanje zračnim prometom (ATM – *Air Traffic Management*) danas predstavlja jedan od bitnijih elementa daljnjeg razvoja zračnog prometa te njegova modernizacija i razvijanje služe kao alat za rješavanje problema s kojima se danas susreće zračni promet u Europi i svijetu. Problemi kao što su povećana potražnja koja prelazi mogućnosti kapaciteta na zračnim lukama i u zračnom prostoru dovodi do problema zagušenja prometa što posljedično dovodi do vremenskog kašnjenja. Također veći broj letova dodatno stavlja pritisak na faktor sigurnosti u zračnom prometu što traži dodatna istraživačka i financijska ulaganja u zračnom prometu i zrakoplovnoj industriji. Osim toga u zadnjih nekoliko godina elementi koji nisu vezani direktno uz ATM sustav su pokazali da imaju značajan utjecaj na zračni promet. Elementi kao što su ekonomske krize, političke krize, razvoj brzih željeznica, ratovi i sukobi te ostali zbog kojih dolazi do vremenskog kašnjenja i slanja zrakoplova na alternativne rute.

Da bi se moglo odgovoriti na problem povećane prometne potražnje i navedenih elemenata potrebno je kontinuirano poboljšanje i pronalazak novih rješenja. U ovom radu će se obraditi tema uvođenja centralnog sektora kao rješenje problema preopterećenost jednog određenog dijela hrvatskog zračnog prostora. Unutar samog rada će bit obrađena uloga zračnog prostora kao čimbenika ATM sustava, zajedno s njegovom podjelom i smjernicama za njegov dizajn koje potiče EUROCONTROL. Nakon toga će se obraditi analiza postojećeg stanja hrvatskog zračnog prostora s njegovim karakteristikama, te izvršiti simulacija tokova i analiza zračnog prometa kroz centralni sektora kako bi se ispitala opravdanost njegova uvođenja.

# 2. Zračni prostor kao čimbenik ATM-a

ATM sustav se sastoji od tri dijela, a to su usluge u zračnom prometu (ATS – *Air Traffic Services*) u koju ulaze usluga kontrole zračnog prometa (ATC – Air Traffic Control), usluga letnih informacija (FIS – *Flight Information Service*) i usluga uzbunjivanja (ALRS – *Alerting Service*) zatim dio koji pokriva upravljanje protokom i kapacitetom zračnog prometa (ATFCM – *Air Traffic Flow and Capacity Management*) čija je svrha osigurati optimalan protok zračnog prometa prema kapacitetima koje je objavila nadležna kontrola zračnog prometa kako bi se osiguralo sigurno i efikasno odvijanje letova i zadnja funkcija čini upravljanje zračnim prostorom (ASM – *Air Space Management*) čiji je cilj održati maksimalnu iskorištenost zračnog prostora unutar zadanih prostornih ograničenja kroz dinamičko dijeljenje i odvajanje zračnog prostora na temelju potreba korisnika zračnog prostora na kratkoročnoj vremenskoj razini[1][2].

Kako će istraživanje ovog rada biti usmjereno na novu reorganizaciju hrvatskog zračnog prostora, bitan element u tom slučaju predstavlja kvalitetno upravljanje zračnim prostorom. Upravljanje zračnim prostorom je složena aktivnost jer za pružatelje usluga u zračnoj plovidbi (ANSP – *Air Navigation Service Provider*) nije dovoljno samo upravljati vlastitim zračnim prostorom nego aktivno surađivati sa susjednim ANSP-ovima kako bi se postigla što veća harmonizacija zračnog prometa. Razlog zašto je to toliko bitno može se vidjeti na primjeru zračnog prostora Europe gdje svaka zemlja ima vlastiti zračni prostor i stoga postoji velika rascjepkanost europskog zračnog prostora. Da bi moglo doći do veće razine harmonizacije zračnog prostora potrebno je promatrati zračni prostor na višoj razini i dopustiti da se zračni prostor gleda kao jedan velika neprekinuta cjelina [3].

Iz tih razloga je bilo potrebno uvesti novu ideju o dizajnu i razvoju zračnog prostora koja je nazvana jedinstveno europsko nebo (SES – *Single European Sky*). Prva faza jedinstvenog europskog zračnog prostora je nazvana SES I (2004.g), a njezin cilj je napraviti jedinstveni zračni prostor bez granica unutar kojeg će se primjenjivati jednaka pravila i propisi, a osigurat će se veći kapacitet sustava kontrole zračnog prometa, povećati sigurnost zračnog prometa, ukinuti rascjepkanost zračnog prostora i postojanje granica, poboljšati integraciju vojnog zrakoplovstva u novu organizaciju prostora i olakšati uvođenje novih tehnologija [3].

Način na koji bi se to trebalo postići su uvođenje višeg europskog područja letnih informacija (EUIR – *European Upper Information Region*) unutar kojeg bi se pružale usluge u zračnom prometu (ATS) na višim razinama leta unutar europskog zračnog prostora, zatim mrežno upravljanje i dizajn zračnog prostora u funkciji tokova zračnog prometa te uvođenje koncept fleksibilnog upravljanja zračnim prostorom (FUA – *Flexible Use of Airspace*) prema kojem niti jedan dio zračnog prostor nije strogo određena kao vojni ili civilni, nego svi korisnici unaprijed daju informacije koji dio zračnog prostora i u kojem realnom vremenu će ga koristiti na dan planiranih letačkih operacija [4].

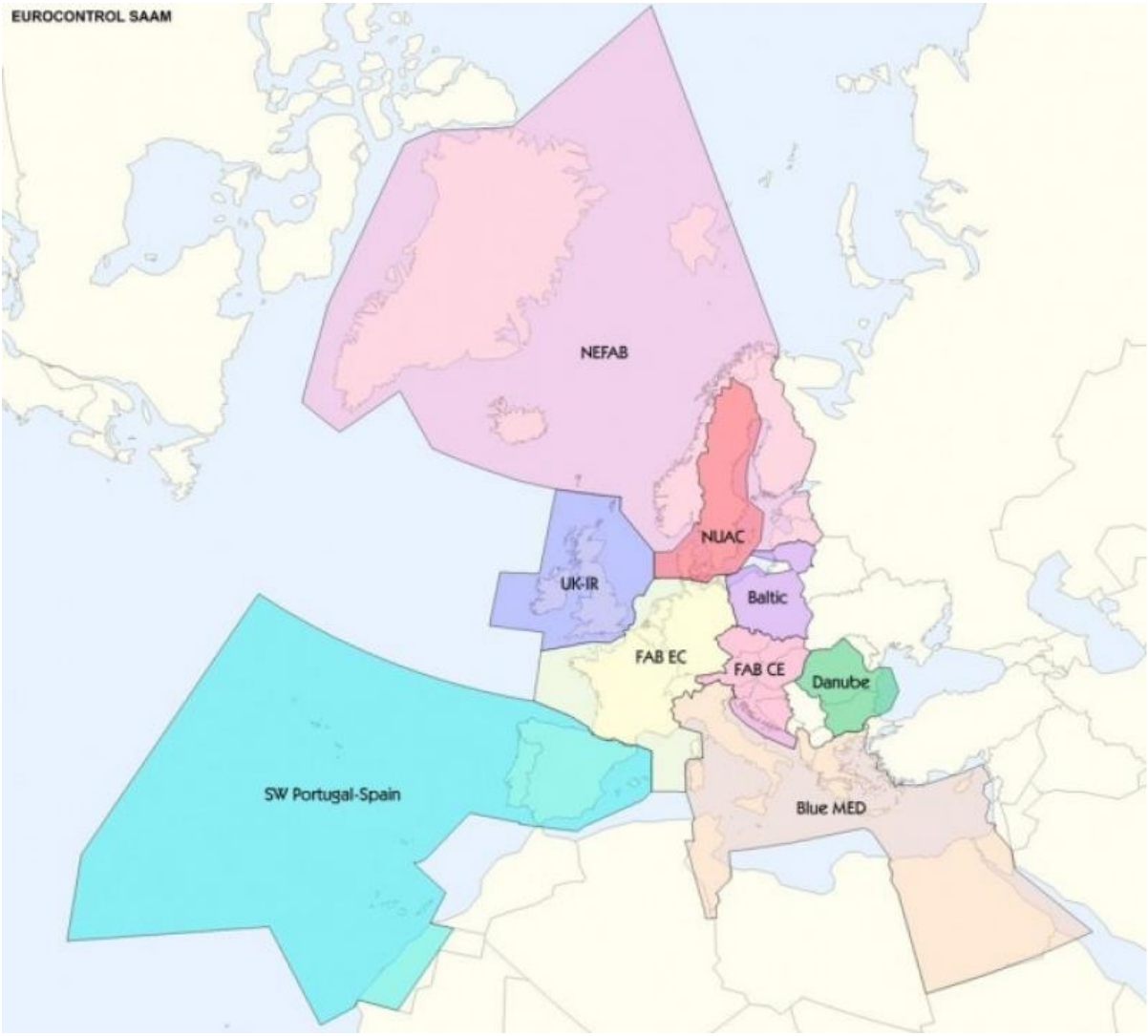
Nakon SES I dolazi do potrebe dopune postojećeg stanja kroz legislativu SES II (2008.g). Ciljevi SES II su kontinuirana poboljšanja u ekonomskom i financijskom dijelu, smanjenje utjecaja na okoliš te poboljšanja u davanju usluga zračne navigacije (ANS – *Air Navigation Services*) unutar europskog zračnog prostora. Kako bi se to moglo ostvariti potrebno je bilo fokusirati se na određena područja, a to su veća pomoć nacionalnim zrakoplovnim vlastima (NSA – *National Supervisory Authorities*) kroz zajedničku suradnju i skupljanjem korisnih resursa, te dodatno distancirati NSA od ANSP-ova kako bi se osigurala nepristranost i neovisan nadzor nad njima, zatim određivanje transparentne selekcije davaoca usluga u zračnom prometu na temelju optimalnih troškova i kvalitete usluge, veći fokus na korisnike zračnog prostora kako bi se čule njihove potrebe, davanje veće neovisnosti nadležnom tijelu za praćenje učinkovitosti (PRB – *Performance Review Body*) unutar europskog zračnog prostora, uvođenje funkcionalnih zračnih blokova (FAB – *Functional Airspace Block*) pomoću koji se želi podići učinkovitost zračnog prometa, povezujući više područja odgovornosti susjednih ANSP-ova kao jednu funkcionalnu cjelinu, zatim striktno određivanje uloge mrežnog upravitelja u Europi (NM – *Network Manager*) gdje se stavlja naglasak na centralno upravljanje i vođenje zračnog prostora u Europi i na kraju davanje jedinstvenih sigurnosnih okvira kroz europsku agenciju za sigurnost zračnog prometa (EASA – *European Aviation Safety Agency*) koja nadzire rad ostalih NSA [5].

Da bi moglo doći do ostvarivanja ciljeva koji su navedeni u legislativama SES I i SES II bilo je potrebno uvesti zajednički projekat nazvan SESAR (*Single European Sky ATM Research*) čiji svrha je izmjena europskog zračnog prostora i njegovog ATM sustava te pronaći i osmisliti nove tehnologije koje će omogućiti povećanu potražnju zračnog prometa u idućim godinama [6].
Grupa SESAR *Joint Undertaking* (2009.g) je osnivač projekta i ujedno glavni upravitelj SESAR projekta zajedno s ostalim interesnim skupinama koji čine privatno-javno partnerstvo. SESAR projekat je posložen u tri faze, a to su faza definiranja (2004-2008.g), faza razvoja (2008-2013.g) i faza provedbe (2014-2020.g) kroz koje se planira potpuno implementirati njegova upotreba. SESAR se oslanja na nekoliko bitnih komponenti kao što su mrežni operativni plan i dinamičko vođenje za sve operacije, potpuna integracija operacija na zračnim lukama kao bitan dio ATM sustava, upravljanje trajektorijama letenja i smanjenje ograničenja u zračnom prostoru, uvođenje novih načina separacije zrakoplova kako bi se omogućio rast sigurnosti, kapaciteta i efikasnosti, uvođenje sustava široko dostupnih informacija (SWIM – *System Wide Information Management*) kako bi se što bolje povezali svi sudionici koji rade na razvoju ATM sustava te stavljanje čovjeka kao glavnog faktora odlučivanja kako bi se pilotima i kontrolorima zračnog prometa omogućilo da lakše dolaze do rješenja u kompleksnim situacijama kroz automatizirane funkcije [6] [7].

Zadnji dio strategije je donošenje europskog glavnog plana za razvoj ATM nazvanog ATM *Master Plan* čiji je cilj dogovoriti zajedničku strategiju modernizacije ATM sustava u Europi, povezati razvoj i istraživanje SESAR-a s njegovom primjenom. Glavni donositelj ATM *Master Plan-a* je grupa SESAR *Joint Undertaking* [7].

## 2.1 Podjela zračnog prostora u Europi

U prethodnom poglavlju se moglo vidjeti da postoje bitni čimbenici koji utječe na upravljanje zračnim prostorom na makro razini kao što je područje Europe. Da bi takav jedan veći zračni prostor mogao funkcionirati na makro razni potrebno je uvesti dobro upravljanje zračnim prostorom na mikro razini. Ako ponovno uzmemo primjer zračnog prostora Europe možemo ga podijeliti na dvije mikro razine, a to je na razini funkcionalnih zračnih blokova (FAB) i na razini nacionalnog zračnog prostora neke zemlje. Podjela zračnog prostora na FAB-ove je složenija struktura zračnog prostora u odnosu na nacionalne zračne prostore pojedinih zemalja jer jedan FAB sadrži više nacionalnih zračnih prostora. Razlog uvođenja i postojanje FAB-ova je taj što se na taj način omogućava bolja povezanost i suradnja više različitih pružatelja usluga u zračnoj plovidbi (ANSP) i bolja povezanost više nacionalnih zračnih prostora koji se nalaze pod njihovom nadležnošću. Na Slici 1 se može vidjeti zračni prostor koji zauzimaju FAB-ovi.

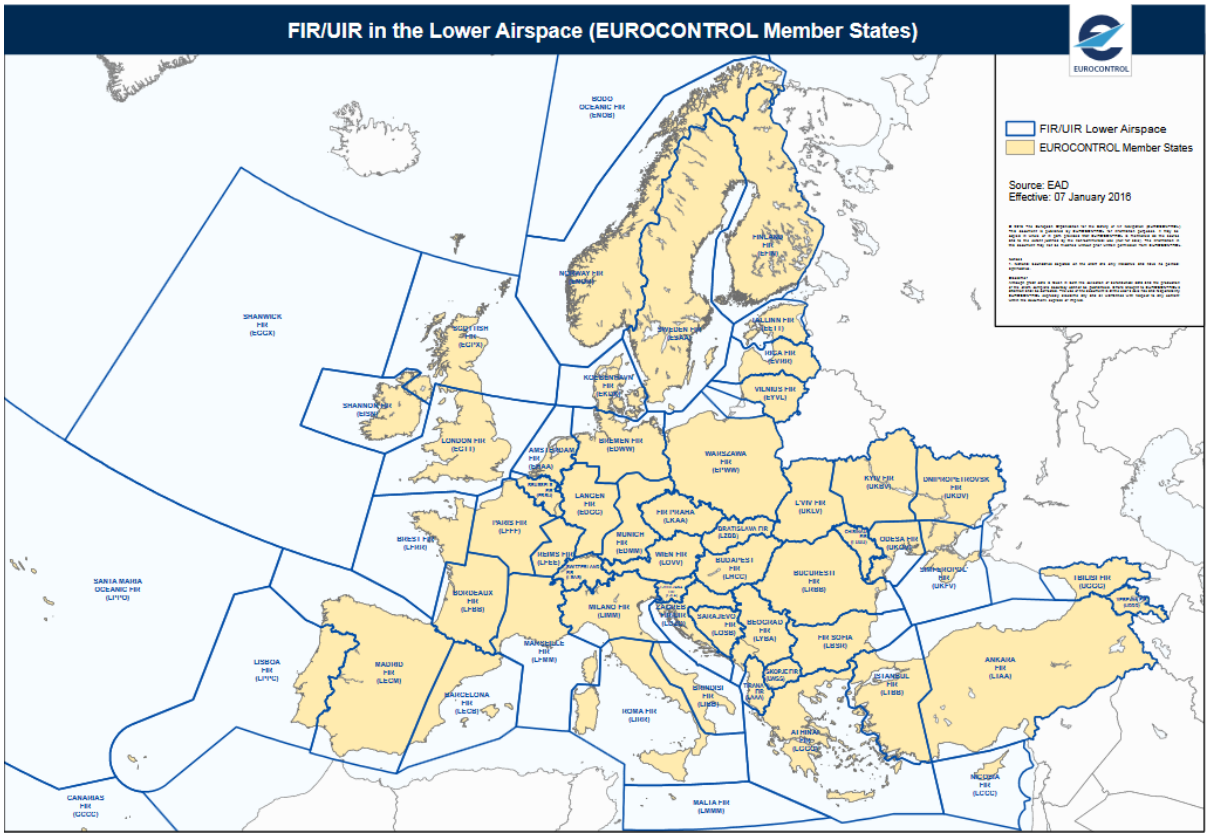



*Slika 1. Prikaz FAB-ova u Europi, [8]*

Cilj uvođenja FAB-ova kao dio SES II regulative je lakše upravljanje i razvijanje ATM sustava u Europi i omogućiti bolju prekograničnu suradnju i integraciju koja će dovesti do bolje organizacije zračnog prostora i pružanja usluga koje zadovoljavaju performanse i uvjete korisnika zračnog prostora. FAB-ovi bi trebali povećati sigurnost, kapacitet, a istovremeno smanjiti cijene usluga u zračnoj plovidbi [9].

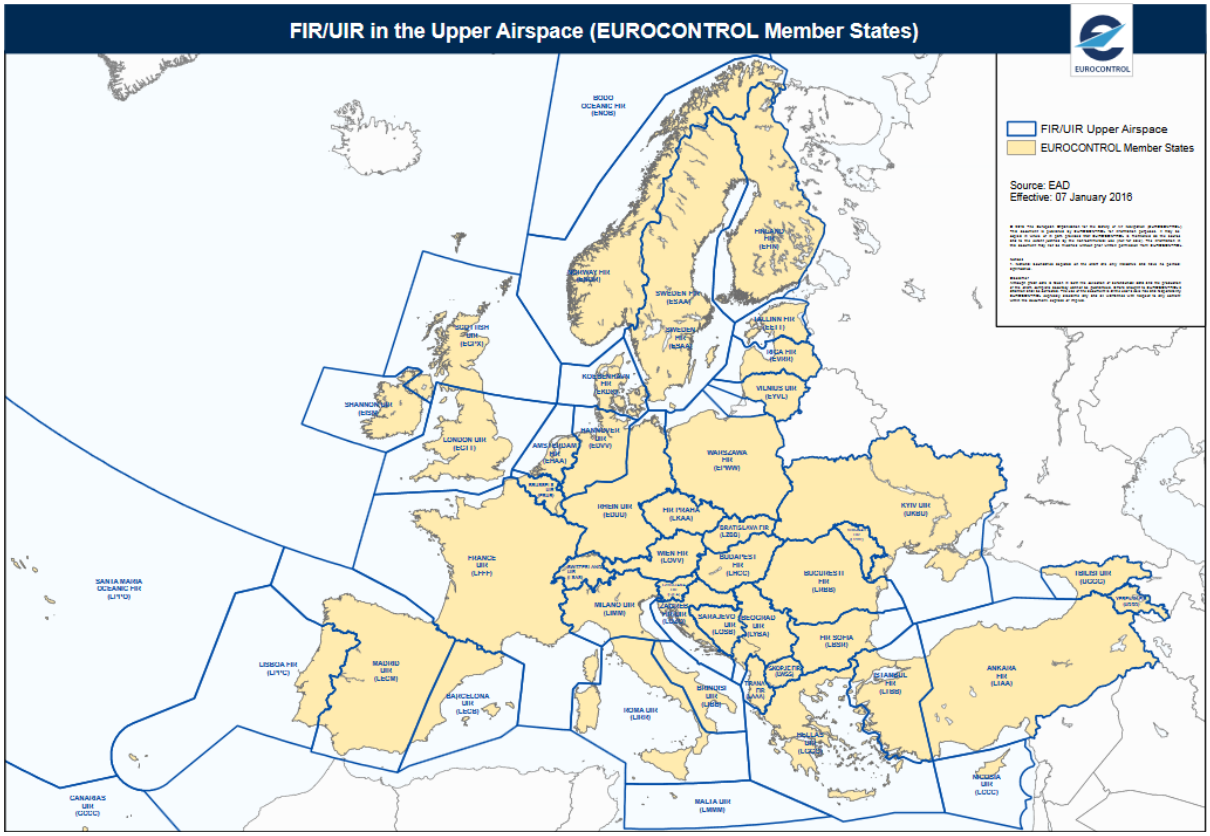
Nakon podjele zračnog prostora na FAB-ove dolazi temeljna podjela na nacionalne zračne prostore država za čije upravljanje ATM sustavom, pa tako i ASM sustavom koja je njegova sastavnica, je odgovoran ANSP i nacionalne vlasti te države. Kod upravljanja nacionalnim zračnim prostorom ANSP mora voditi brigu o njegovom kontinuiranom razvijanju radi postizanja određenih strateških ciljeva koji se odnose na sigurnost, kapacitet, učinkovitost ili smanjenje utjecaja na okoliš.

Svako razvijanje i dizajniranje nacionalnog zračnog prostora treba bit u suglasnosti s glavnim principima razvoja zračnog prostora koje daje nadležno tijelo EUROCONTROL kako bi se osigurala temeljna ideja o zračnom prostoru, njegovoj ulozi kao dijela ATM sustava te omogućila lakšu suradnju između svih ANSP-ova. Velika rascjepkanost zračnog prostora u Europi stavlja dodatan izazov na upravljanje zračnim prostorom što u konačnici vodi do dodatne potrošnje resursa, ali i otežava nalaženje zajedničkog jezika u njegovom razvoju zbog različitih nacionalnih interesa. Na Slici 2 je prikaz nižeg zračnog prostor članica EUROCONTROL-a podijeljen prema područjima letnih informacija (FIR – *Flight Information Region*) [9].




*Slika 2 Donji dio zračnog prostora članica EUROCONTROL-a, [10]*

Više FIR područja koja su prikazana na slici mogu pripadati jednom nacionalno zračnom prostoru. Tako na primjer FIR područje koje je označeno s početnim slovima LF označava pripadnost francuskom zračnom prostoru, ED označava pripadnost njemačkom zračnom prostoru, LT označava pripadnost turskom zračnom prostoru itd. Osim donjeg dijela zračnog prostora postoji i gornji dio zračnog prostora koji se može vidjeti na Slici 3.




*Slika 3 Gornji dio zračnog prostora članica EUROCONTROL-a, [10]*

U sljedećem poglavlju bit će opisani glavni principi dizajna zračnog prostora te njegovo upravljanje iz perspektive EUROCONTROL-a koji bi trebali biti temeljni i zajednički svim sudionicima za ostvarivanje zajedničkih ciljeva.

## 2.2 Glavni principi dizajna zračnog prostora

Dizajn zračnog prostora je sam po sebi složen proces jer postoji veći broj koraka koji moraju biti odrađeni da bi se onda unutar njega mogla prvo provesti simulacija zračnog prometa, a zatim ako je potrebno ispraviti nedostatke i školovati kontrolorsko osoblje koje bi vršilo kontrolu unutar tog zračnog prostora. Nadalje postoji dodatna složenost samog dizajna koja se može vidjeti iz prošlog poglavlja, a to je potpuna funkcionalnost novog zračnog prostora na mikro razini kao što je područje odgovornosti jednog ANSP-a i na makro razini kao što je unutar jednog FAB-a ili na razini cijelog europskog zračnog prostora. Dakle bitno za naglasiti da je cilj dizajna zračnog prostora, omogućiti povećanje njegovih performansi te da svaka promjena ima utjecaj na okolni zračni prostor na koji se on nadovezuje.

Zbog tih razloga pojavila se potreba da prilikom svake nove promjene i svakog novog dizajna zračnog prostora svi sudionici koji se bave upravljanjem zračnim prostorom (ASM) drže jednakih principa i pravila da bi se mogla postići željena harmonizacija zračnog prostora na području Europe. EUROCONTROL koji ima ulogu mrežnog upravitelja (NM) u Europi je odlučio publicirati Europski plan za poboljšanje mreže ruta (*European Route Network Improvement Plan)* čiji prvi dio (*Part 1*) čini metodologija izrade zračnog prostora. Unutar priručnika se nalaze glavni principi izrade zračnog prostora, europska mreža koordinata i koncepata, primjena navigacije na temelju performansi (PBN – *Performance Based Navigation*), metodologija dizajna TA, metodologija dizajna mreže ruta, ASM i dizajn zračnog prostora i mreža ruta s primjenom pravila za područja slobodnog letenja i njegova dostupnost [11].

Glavni principi [11] doneseni od strane EUROCONTROL-a su:

a) Uspostavljanje i konfiguracija struktura zračnog prostora će biti bazirana na operativnim potrebama, bez obzira na nacionalne, FAB ili FIR granice te neće nužno biti vezan uz vertikalnu podjelu zračnog prostora na gornji i donji dio

b) Dizajn struktura zračnog prostora je transparentan proces unutar kojeg sve odluke trebaju biti opravdane u skladu s potrebama svih korisnika zračnog prostora, uzimajući u obzir sigurnost, kapacitet, utjecaj na okoliš i potrebe vojnog zrakoplovstva i nacionalne sigurnosti

c) Trenutna i prognozirana potražnja prometa, na mrežnoj i lokalnoj razini te njihove ciljane vrijednosti performansi su ulazne vrijednosti za Europski plan za poboljšanje mreže ruta s naglaskom zadovoljavanja potreba glavnih tokova prometa i zračnih luka

d) Osigurati vertikalnu i horizontalnu povezanost uključujući područja završne kontrolirane oblasti (TMA – *Terminal Area*) i struktura zračnog prostora s kojima je ona povezana

e) Mogućnost za letove da funkcioniraju prema ili koliko god je to moguće prema zahtjevima koje su postavili korisnici, na rutama i profilima na rutnoj fazi letenja

f) Prihvatljivost za procjenu i mogući razvoj svih struktura zračnog prostora za koje je priložen prijedlog, uključujući prostor slobodnog letenja (FRA – *Free Route Airspace*), više rutne opcije i kondicionalne rute (CDR – *Conditional Rutes*), od strane korisnika koji imaju operativne potrebe u tim područjima

g) Dizajn struktura uključujući FRA i ATC sektore trebaju uzeti u obzir postojeće strukture zračnog prostora koje trebaju rezervaciju određenog dijela zračnog prostora. Samo strukture koje su s suglasnosti s konceptom FRA trebaju biti uspostavljenje. Takve strukture treba harmonizirati i učiniti konzistentnim u najvećoj mogućoj mjeri kroz cijelu europsku mrežu.

h) Razvoj dizajna ATC sektora treba započeti s zahtijevanim rutama i protokom zračnog prometa, unutar samih iterativnih procesa koji će osigurati kompatibilnost između ruta ili protoka i sektora.

i) ATC sektori trebaju biti dizajnirani na takav način da omogućavaju izgradnju i konfiguraciju sektora koja zadovoljava protok prometa te je prilagodljiv i proporcionalna s varijabilnim zračnim prometom.

j) Dogovor o pružanju usluga će bit uspostavljen u slučajevima kada ATC sektor zbog operativnih zahtjeva treba dizajnirati preko nacionalnih, FAB ili FIR granica.

Dodatno uz glavne principe dizajna zračnog prostora dodani su još principi za dizajn europski zračnih struktura [11] koja pokrivaju bitna područja razvoja, a ona su :

1. **Sigurnost**
   Sigurnost treba biti povećana ili barem ostati a istoj razini prilikom dizajna bilo kojih zračnih struktura.

2. **Operativne performanse**
   Europski zračni prostor i njegov dizajn trebaju biti bazirani na širokoj mreži operativnih indikatora i ciljeva performansi.

3. **Zračni prostor kao kontinuum**
   Strukture zračnog prostora u Europi trebaju funkcionirati kao jedna neprekinuta cjelina.

4. **Konfiguracije zračnog prostora**
   Europske zračne strukture će bit bazirane na konfiguracijama zračnog prostora koje su unaprijed definirane i koordinirane s ostalim korisnicima.

5. **Napredna shema zračnog prostora i mreža ATS ruta**
   Konfiguracija zračnog prostora će bit dio Europskih zračnih struktura razvijenih na temelju dugoročne vizije zračnog prostora i razvoj kroz različite verzije mreža ATS ruta (ARN – ATS Route Network).

6. **Osigurati usku vezu između dizajna zračnog prostora, ASM-a i ATFCM-a**
   Europske zračne strukture se trebaju razvijati kroz povezanost tri navedena područja te se treba osigurati prioritet za izradu ruta u svrhu glavnih tokova zračnog prometa bilo u rutnom ili TMA-a dijelu zračnog prostora.

7. **Razvoj konfiguracija zračnog prostora**
   Konfiguracije zračnog prostora treba razvijati kroz kooperativno donošenje odluka kako bi se osigurala koordinacija sa svim sudionicima koji rade na razvoju i dizajnu zračnog prostora.

## 2.3 ASM i dizajn zračnog prostora

Prema Europskom planu za poboljšanje mreže ruta bitna polazišna točka kod upravljanja zračnim prostorom (ASM) je da omogućuje aktivno provođenje FUA koncepta te da se temelji na fleksibilnim strukturama zračnog prostora [11].

### 2.3.1 Fleksibilno korištenje zračnog prostora (FUA)

Koncept FUA je potvrđen u šestom mjesecu 1994. godine te je podržan od strane Europskog parlamenta 27.09.1994. te je postepeno uveden za sve članice ECAC (*European Civil Aviation Conference*) grupe 28.03.1996.. Regulatorni okviri prema kojima koncept funkcionira je definiran kroz paket mjera koje su donijeli Europska komisija i EUROCONTROL [11]. Tri osnova paketa koja to definiraju su:

- *COMMISSION REGULATION (EC) No 2150/2005 of 23 December 2005 laying down common rules for the flexible use of airspace*

- *EC/EUROCONTROL Specification for the application of the Flexible Use of Airspace (FUA)(2009)*

- *Airspace Management Handbook (ASM Handbook) for Application of the Concept of the Flexible Use of Airspace*

Efektivno dijeljenje zračnog prostora i njegovo korištenje od strane civilnih i vojnih korisnika je ostvarivo samo kroz zajedničko strateško planiranje, pred taktičko alociranje i taktičko korištenje alociranog prostora [11].

### 2.3.2 Fleksibilne strukture zračnog prostora

FUA koncept koristit strukture zračnog prostora koje su prilagođene za privremenu alokaciju i korištenje. Strukture zračnog prostora koje ulaze u taj koncept su [11]:

- Kondicionalne rute (CDR – *Conditional Rutes*) – je ATS ruta ili njezin dio, koji se može planirati i/ili koristiti pod točno određenim uvjetima. Pojedinosti takvih ruta su objavljenje su zborniku zrakoplovnih informacija (AIP – *Aeronautical Information Publication*).

- Privremeno odvojeno područje (TSA – *Temporary Segregated Area*) – je određen dio zračnog prostora pod nadležnosti jedne zrakoplovne vlasti koji je zajedničkim dogovorom odvojen za ekskluzivno korištenje od strane druge zrakoplovne vlasti i kroz koji drugom prometu neće biti dozvoljen tranzit.

- Privremeno rezervirano područje (TRA – *Temporary Reserved Area*) – je određen dio zračnog prostora pod nadležnosti jedne zrakoplovne vlasti koji je zajedničkim dogovorom rezerviran za korištenje od strane druge zrakoplovne vlasti i kroz koji se drugom prometu može dopustiti tranzit uz ATC odobrenje.

- Zračni prostor smanjene koordinacije (RCA – *Reduced Coordination Airspace*) – je dio zračnog prostora određenih dimenzija unutar kojeg se zrakoplovima općeg zračnog prometa dopušta let van ruta bez prethodne koordinacije između kontrolora za promet općeg zračnog prometa s kontrolorom zaduženim za operativni zračni promet. Razlika između te dvije vrste prometa je ta što opći zračni promet podrazumijeva letove svih civilnih i državnih zrakoplova koji se odvija prema postupcima utvrđenim od strane Internacionalne organizacije za civilno zrakoplovstvo (ICAO – *International Civil Aviation Organisation*), a u operativni promet ulaze svi civilni i državni zrakoplovi koji lete prema posebno utvrđenim postupcima koji odstupaju od pravila za opći zračni promet.

- Zračni prostor prethodne koordinacije (PCA – *Prior Coordination Airspace*) – je dio zračnog prostora određenih dimenzija unutar kojeg se zrakoplovima općeg zračnog prometa dopušta let van ruta samo nakon prethodne koordinacije između kontrolora zaduženog za opći zračni promet s kontrolorom zaduženim za operativni zračni promet.

- Prekogranično područje (CBA – *Cross Border Area*) – je rezervirani ili ograničeni dio zračnog prostora utvrđen preko međunarodnih granica za specifične operativne zahtjeve kao što su vojne vježbe.

## 2.4. Klasifikacija zračnog prostora

Nakon što se proces dimenzioniranja zračnog prostora završi i kada su sve njegove granice određene te kada je određena njegova dodatna podjela na manje dijelove koja uključuje sektore i sektorske konfiguracije koji su utvrđeni nakon čega se može preći na korak određivanja klasifikacije zračnog prostora.

Klasifikacija zračnog prostora podrazumijeva kategorizaciju zračnog prostora za koju se određuju operativna pravila, zahtjevi za letenje i davanje usluga za svaku klasu zračnog prostora. Na početku drugog poglavlja rada su bile navedene tri vrste usluga u zračnom prometu (ATS), a sada će biti dodatno pojašnjen njihova uloga i značaj za klasifikaciju zračnog prostora. Usluga kontrole zračnog prometa (ATC) je uspostavljena za održavanje sigurnog, redovitog i nesmetanog odvijanja zračnog prometa. Pružanjem te usluge sprečavaju se sudari zrakoplova u zraku i sudari zrakoplova na manevarskim površinama aerodroma i sudari zrakoplova i vozila, te sudari zrakoplova i ostalih prepreka na manevarskim površinama aerodroma. Sljedeća usluga koja se pruža je usluga letnih informacija (FIS) koja je uspostavljena u svrhu pružanja savjeta i informacija potrebnih za sigurno, redovito i učinkovito obavljanje letova. Ova usluga pruža se svim letovima koji podliježu kontroli zračnog prometa, kao i drugim letovima s kojima je uspostavljena radio komunikacija. Treća usluga je usluga uzbunjivanja (ALRS), a pruža se radi izvješćivanja nadležnih organizacija o zrakoplovu kojem je potrebna pomoć potrage i spašavanja, kao i radi pružanja pomoći tim organizacijama tijekom potrage i spašavanja zrakoplova, po potrebi. Ove usluge su definirane i opisane u AIP-u koje objavljuju svi ANSP-ovi, te sukladno svakoj klasi zračnog prostora se određuje razina usluga koje se pruža unutar nje [12].

Postoji sedam klasa zračnog prostora te su označene velikim početnim slovom od A do G te su objavljenje u zborniku zrakoplovnih informacija (AIP) za svaki nacionalni zračni prostor. Svaka klasa zračnog prostora ima određeno koje sve vrste letova se mogu obavljati unutar nje, a dvije osnove vrste su letovi prema pravilima instrumentalnog letenja (IFR – *Instrument Flight Rules*) i prema pravilima vizualnog letenja (VFR – *Visual Flight Rules*). Zatim se određuje vrsta razdvajanja između zrakoplova, vrsta usluge koja se pruža, vidljivost i minimalna udaljenost od oblaka za svaku klasu te ograničenja brzina, radio komunikacijskih zahtjeva i potreba za koordinacijom s nadležnom kontrolom zračnog prometa. Sva pravila i uvjeti koji se određuju prilikom klasifikacije zračnog prostora trebaju biti usklađena s pravilima ICAO Aneksa 11 [12].

Osim klasifikacije nacionalnog zračnog prostora postoji potreba i za klasifikacijom europskog zračnog prostora kako bi se dogovorila zajednička pravila i potrebe kako bi sav europski zračni promet koji se odvija u njemu bio učinkovit. Svaka klasifikacija zračnog prostora je temeljno ista, ali se mogu određivati posebna pravila prema posebni uvjetima koje određuje ANSP na nacionalnoj razini ili u slučaju europskog zračnog prostora EUROCONTROL, s time da ona moraju biti posebno naglašena u AIP-u kao odstupanja od Aneksa 11 koja je izglasao ICAO [12].

Dakle osnovna svrha uvođenje klasifikacije europskog zračnog prostora je uvesti važeće standarde i pravila letenja koja će omogućiti svim korisnicima da lete prema istim uvjetima, s time da takva klasifikacija zračnog prostora ne smije uzrokovati smanjenje učinkovitosti FAB-ova te mora ići prema tome da je racionalizacija zračnog prostora u što većoj mjeri moguća [11].

EUROCONTROL je u svojem priručniku *European Route Network Improvement Plan* odredio da će se klasifikacija zračnog prostora voditi prema postojećem Aneksu 11 te da će se uvesti klasifikacija za donji i gornji dio zračnog prostora. Gornji dio zračnog prostora će pokrivati dio prostora iznad razine leta 195 (19500ft ≈ 5943m) te će bit određen kao klasa C s time kad god prometni uvjeti i vojne aktivnosti dopuštaju, kontrola zračnog prometa (ATC) može dati direktnu rutu letenja koja odstupa od standardne ATS rute pod uvjetom da ne napušta kontrolirani zračni prostor i nadzor kontrole zračnog prometa [11].

- **Zajednički uvjeti za VFR letove u klasi C iznad razine leta 195 (FL 195)** [11]

U zračnom prostoru iznad FL 195, države članice mogu uspostaviti rezervirano područje u kojem VFR letovi su dozvoljeni. Od FL 195 do i uključujući FL 285, VFR letovi mogu biti dozvoljeni od strane nadležne ATC jedinice u skladu s dozvoljenim procedurama koje su uspostavljene i objavljenje od države članice unutar važećeg AIP-a [11].

- Letovi na ruti za opći zračni promet (GAT – *General Air Traffic*) prema VFR pravilima letenja iznad FL 195 nisu dopušteni.

Također postoje iznimke za posebne GAT letove za koje se može primijeniti opća pravila uz dodatne uvjete.

- GAT VFR letovi od FL 195 do i uključujući FL 285 su dopušteni jedino ako lete unutar privremeno odvojenog područja (TSA) ili prema specifičnom dogovoru od strane nadležne ATS službe.

- GAT VFR letovi iznad FL 285, unutar prostora smanjenog minimuma vertikalnog razdvajanja (RVSM - *Reduced Vertical Separation Minimum*) moraju se odvijati isključivo unutar TSA područja.

Za donji dio zračnog prostora koji pokriva letne razine ispod FL 195 mogu se koristiti sve klase koje su propisane Aneksom 11. U svrhu bolje sigurnosti i efikasnosti EUROCONTROL je razvio određeni set alata nazvan *airspace classification toolbox* pomoć kojeg će svi sudionici koji se bave upravljanjem zračnim prostorom moći na transparentan i jednostavan način klasificirati zračni prostor i omogućiti bolje funkcioniranje prometnih tokova u europskom zračnom prostoru [11].

Kod uspostavljanja klasa zračnog prostora ispod FL 195 slijedeći elementi trebaju biti uzeti u obzir [11]:

- **Zahtjevi za davanje ATS usluga civilnim korisnicima.**

- **Zahtjevi za davanje ATS usluga vojnim korisnicima.**

- **Zahtjevi za komercijalni zračni prijevoz.**
    - Pružati besprekidne usluge unutar zračnog prostora.
    - Davati jednostavna i nedvosmislena pravila, laka za primjenu i praćenje.
    - Sloboda kretanja prema preferiranim i fleksibilnim profilima leta s minimalnim ograničenjima.
    - Korist od sve-europske harmonizacije i klasifikacije zračnog prostora.
    - Odrediti klasifikaciju zračnog prostora za gornji i donji dio prostora te ju harmonizirati čim prije moguće kako bi se osiguralo vođenje zračnog prometa unutar zračnog prostora koji se smatra europskom mrežom.
    - Zahtjevi za jasnom objavom odgovornosti razdvajanja

- **Zahtjevi za vojne operacije**
    - Sloboda vođenja operacija u instrumentalnim meteorološkim uvjetima (IMC – *Instrument Meteorological Conditions*) i vizualnim meteorološkim uvjetima (VMC – *Visual Meteorological Conditions*) u bilo kojem vremenskom periodu u svim područjima europskog zračnog prostora.
    - Korist od posebnog vođenja, uglavnom za prioritetne letove i za vremenski kritične misije, ali i za vojne zrakoplove koji nemaju potpunu opremu kao i civilni zrakoplovi.
    - Zadržati mogućnost vođenja nekontroliranih VFR letova, uključujući i u kontroliranom zračnom prostoru.
    - Imati TSA područja za slučaj aktivnosti koja nisu kompatibilna s uobičajenim pravilima letenja
    - Imati ograničenja u zračnom prostoru za neletačke operacije kao što su zaštita područja nacionalnih interesa, gađanja, ispaljivanja raketa, itd.

- **Opći zračni promet i radovi iz zraka**
    - Postići maksimalnu slobodu kretanja u svim kategorijama i klasama zračnog prostora.
    - Imati dovoljno nekontroliranog zračnog prostora za operacije i pristup VFR letovima u kontrolirani zračnim prostor.
    - Zadržavanje prava na mijenjanju pravila letenja iz IFR u VFR te obratno tijekom samog leta, te također prije samog polijetanja ili u najmanju ruku dobivanje posebnog vođenja.
    - Imati mogućnost izvoditi operacije kao VFR let dokle god meteorološki uvjeti omogućavaju primjenu pravila „vidi i izbjegni“.

- **Testni letovi i uporaba bespilotnih sustava (UAS – Unmanned Aircraft System)**
    - Za udovoljavanje operacijama, temeljenim na dijeljenju i korištenju zračnog prostora, s povremenom potrebom za posebnim vođenjem umjesto na strogoj segregaciji.
    - Imati definirane standarde za dodatne mogućnosti opreme tako da UAS sustavi mogu biti dizajnirani kako bi postigli kompatibilnost s zahtjevima zračnog prostora u kojima se očekuje da će oni izvoditi operacije.

Osim zajedničkih uvjeti za klasifikaciju zračnog prostora ispod FL 195, stvoren je popis potencijalnih kriterija za klasifikaciju zračnog prostora [11].

- Razina ATS usluga koje će se pružati.
- Incidenti važni sigurnost zračnog prometa.
- Volumen IFR prometa.
- Raznoliki uvjeti ( IFR/VFR letovi, različite brzine, različiti tipovi zrakoplova itd.).
- Koncentracija prometa u smislu okolišnih ograničenja.
- Određene operacije ( Vojne, testni letovi, radovi iz zraka, jedrilice, UAS itd.).
- Meteorološki uvjeti – Dnevne/noćne operacije.
- Problemi kod planiranja letova.
- Analiza troškova i dobiti.
- Principi i kriteriji koji su već postavljeni za harmonizirani zračni prostor.

## 2.5. Primjer restrukturiranja zračnog prostora na primjeru talijanskog FIR-a

Unutar ovog poglavlja će se objasnit kako izgleda proces jednog jednostavnijeg restrukturiranja zračnog prostora na primjeru talijanskog područja letnih informacija (FIR). Cilj svakog ANSP je težiti povećanju svoje produktivnosti u četiri područja učinkovitosti, tako je i u ovom slučaju cilj ovog projekta bio pregled postojeće strukture zračnog prostora, poboljšanje korisnosti mreže zračnih puteva i podizanju efikasnosti letova te orijentaciji na rješenja koja će povećati kapacitet zračnog prostora i troškovnu efikasnost s zadržavanjem sigurnosti na istoj ili većoj razini.

Rad unutar ove izmjene zračnog prostora je uključivao smanjenje nekih ograničenja te uvođenje više direktnih ruta s boljim vertikalnim profilima letova, s time da su trebale bit odrađene neke modifikacije kao što su: određivanje linije odgovornosti između susjednih oblasnih kontrola leta (ACC – *Area Control Centar*), izmjena vertikalnih granica i točaka prethodne koordinacije, izmjena shema ATS ruta te njihovih dostupnosti te korištenje fleksibilnih ACC operativnih konfiguracija zračnog prostora [13].

Razlog provođenja ove izmjene zračnog prostora je bio pokušaj postavljanja nove konfiguracije prostora koja će donijeti pozitivne promjene za područja učinkovitosti te praćenje kasnijih efekata koji utječu na ATS rute, izrade procedura, planiranje leta te smanjenje potrošnje goriva te posljedično s time smanjenje $CO_2$ emisije [13].

Pripremni rad [13] za ovaj projekat je uključivao:

- Pomno razmatranje dokumenata od strane ureda za dizajn zračnog prostora s naglaskom na opseg projekta i ciljeve iz procijenjene točke gledišta.

- Pregled materijala za procjenu radnog okruženja i operativnih promjena slični onima koji su se htjeli ispitati unutar ovog projekta.

- Odabir brzih simulacija kao najbolje odgovarajuće tehnike za procjenjivanje.

- Uspostavljanje komparativnog pristupa s trenutnim stanjem koje će se usporediti s onim željenim scenarijem, sa svim zamišljenim promjenama unutar projekta.

- Model prometa jednog od tjedana iz 2013. godine će bit postavljen kao referentni. Kratkim popis glavnih poveznica (parova gradova ili povezanih tokova prometa) će bit istražen i korišten tijekom simulacija.

- Potrošeno gorivo i emisije $CO_2$ su postavljene u metričkom sustavu za usporedbu trenutnog stanja s onim koji je zamišljen kao rješenje u ovom scenariju.

- Prije same procjene treba provjeriti dostupnost i kvalitetu podataka za ovu analizu.

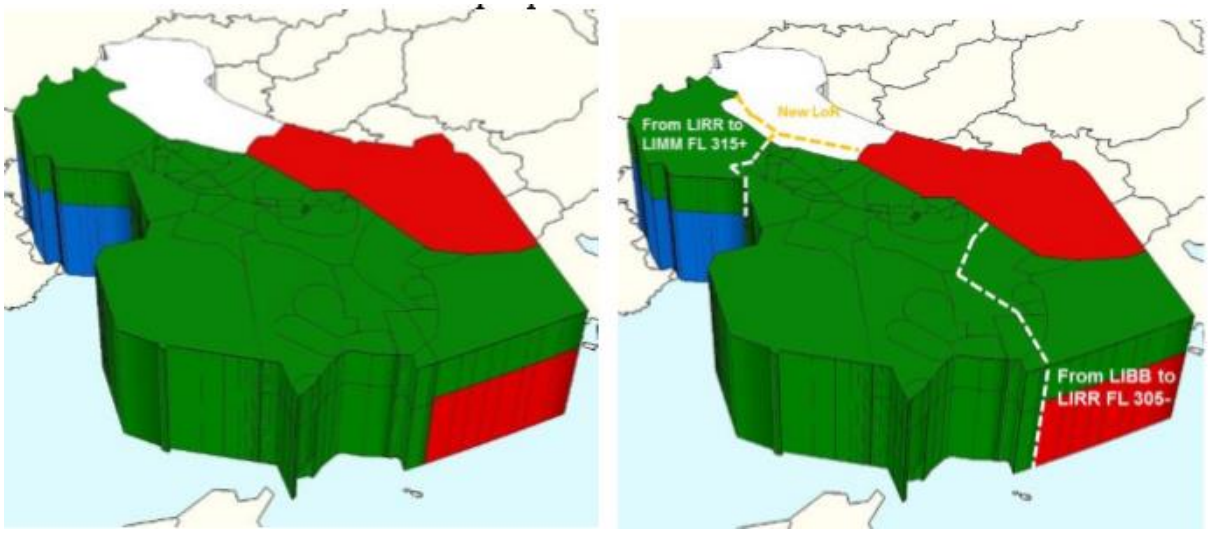
Nakon pripremnog rada trebalo je odrediti promjene koje će bit glavne za rješenje ovog projekta te ako postoji mogućnost davanja neki drugih alternativa. Unutar projekta planirana je promjena na drugačiju infrastrukturu i operativne promjene s mogućim utjecajem na okoliš. Glavna promjena [13] je obuhvatila sljedeće dijelove:

- Liniju odgovornosti između različitih ACC-a, vertikalne limite, sektorizaciju i točke prethodne koordinacije.
- Shemu zračnog prostora.
- Bočne i vertikalne granice kontrolirane zone (CTR – *Control Zone*).
- Povećanje broja logičkih sektora za fleksibilne konfiguracije prostora.

Studija izvodljivosti započeta je u 2012. godini te je zamišljena implementacija od tri koraka započeta u travnju 2014. godine. Tri glavana koraka [13] su:

- Predaja kontrole sektora ispod FL305 od strane ACC Brindisi prema ACC Rim.
- Predaja kontrole sektora unutar Milano FIR-a iznad FL315, od strane ACC Rim prema ACC Milano.
- Izmjena linije odgovornosti između svih ACC centara.

Nakon postavljene svih zamišljenih promjena izgled talijanskog FIR-a je moguće vidjeti na Slici 4.




*Slika 4 Lijevo izgled prije reorganizacije, desno izgled nakon reorganizacije, [13]*

Na Slici 4 se može vidjeti manja promjena kod izmjene linije odgovornosti između susjednih ACC centara, te su označeni dijelovi koji sada pripadaju drugom nadležnom ACC centru.

Poslije postavki zračnog prostora provedena je simulacija zračnog prometa kroz reorganizirani zračni prostor te je uspoređen trenutni scenarijo s onim novim scenarijom unutar kojeg su postavljene promjene koje su bile zamišljene unutar projekta. Tijekom provođenja simulacije nisu uzeti manji faktori kao što su vjetar, jedinični troškovi ATFCM promjene jer se nisu smatrali relevantnima za ovu analizu [13].

Nakon provedene simulacije zaključak je da za provedene uvjete postoji značajno smanjenje $CO_2$ emisija, a zbog dobre prethodne koordinacije između stručnjaka unutar različitih područja učinkovitost projekat je završen u roku [13].

Na ovom primjeru reorganizacije talijanskog zračnog prostora se može vidjeti kako i neke manje izmjene u zračnom prostoru te promjene u operativnom djelu mogu doprinijeti povećanju učinkovitosti. U ovom konkretnom slučaju najveći doprinos se zabilježio kod smanjenja emisije plinova te posljedično time smanjenje potrošnje goriva, dok su područja sigurnosti i kapaciteta ostala ista ili su zabilježila manje povećanje. Zaključak koji se može izvesti iz ovog primjera je da svaka planirana i dobro provedena reorganizacija zračnog prostora može donijeti značajne pomake u područjima učinkovitost te čini temelj za daljnje ulaganje i razvoj zračnog prostora.

## 2.6. Hrvatski zračni prostor

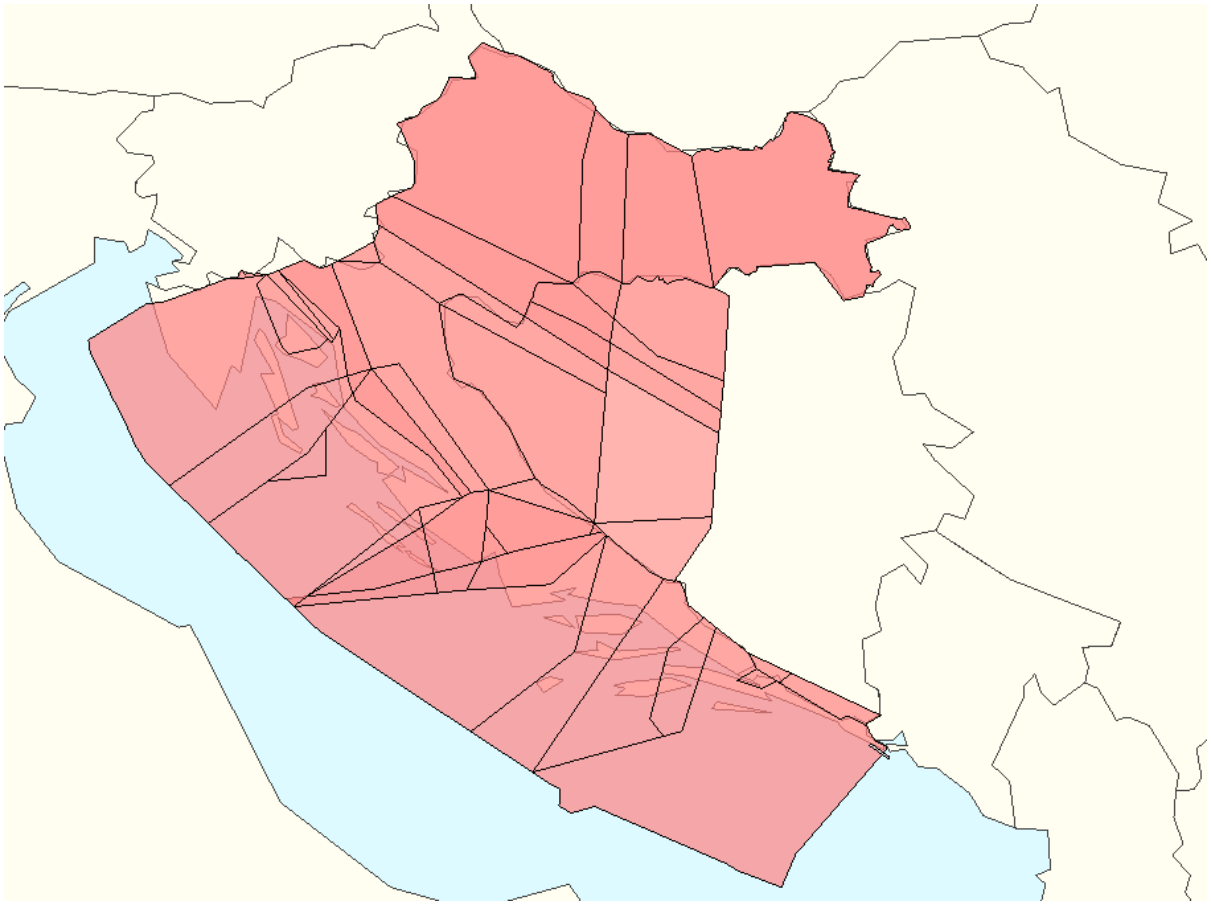
Hrvatski zračni prostor je prostor koji se nalazi unutar i vertikalno iznad teritorijalnih granica Republike Hrvatske uključujući kopnenu i morsku granicu. Sve ATS usluge unutar hrvatskog zračnog prostora daje Hrvatska kontrola zračne plovidbe d.o.o. (HKZP). Taj dio zračnog prostora se naziva FIR Zagreb te se dijeli na dva veća dijela, na kontrolirani i nekontrolirani zračni prostor. Unutar područja kontroliranog zračnog prostora (CTA – *Control Area*), ulaze i manji dijelovi kontroliranog zračnog prostora, a to su završne kontrolirane oblasti (TMA) i kontrolirane zone (CTR) [12].

Vertikalne granice kontroliranog zračnog prostora se protežu od 1000 stopa pa do visine od 66 000 stopa (FL 660), izuzevši područja CTR-a i TMA koja se protežu od tla do visine koja je delegirana i objavljena u AIP-u hrvatske, kako bi zaštito sav aerodromski promet od neovlaštenog ulaska u taj dio zračnog prostora. Lateralne granice su određene geografskim točkama za sve dijelove zračnog prostora te su objavljene u AIP-u pod poglavljem ENR 2 [12].

Neki dijelovi granice nadležnost zračnog prostora se ne poklapaju u potpunosti s nacionalnim granicama zbog postojanja određenih bilateralnih sporazuma sa susjednim državama zbog lakše koordinacije i predaje zrakoplova susjednim službama kontrole leta. Svi posebni uvjeti predaje zrakoplova i prethodne koordinacije sa susjednim službama kontrole leta su obavljeni u dokumentu *ACC Quick Reference File*. Kontrolirani zračni prostor Hrvatske je klasificiran u dvije klase, a to su C i D [12].

Drugi dio zračnog prostora čini nekontrolirani zračni prostor čije se vertikalne granice protežu od razine tla do 1000 stopa, a lateralne granice se podudaraju s onima za kontrolirani zračni prostor. Klasa tog zračnog prostora je označena kao G, a sve ostale relevantne informacije vezano za nekontrolirani zračni prostor mogu se naći u AIP-u pod poglavljem ENR 1.4 i 2 [12].

Unutar FIR Zagreb nadležnost za kontrolu zračnog prometa ima ACC Zagreb, a za nadležnost unutar TMA područja je odgovorna nadležna prilazna kontrola (APP – *Approach Control Unit*), a unutar CTR područja nadležnost preuzima aerodromska kontrola (TWR – *Aerodrome Control Tower*). Osim nadležnost unutar FIR Zagreb postoji i nadležnost za određene dijelove FIR Sarajevo koje teritorijalno pripada Bosni i Hercegovini, ali uslugu kontrole zračnog prometa za određene dijelove zračnog prostora daje ACC Zagreb. Horizontalne i vertikalne granice FIR Sarajevo unutar kojih ACC Zagreb ima nadležnost su objavljenje u AIP-u Republike Hrvatske pod poglavljem ENR 2.2 [12]. Na Slici 5 koja se nalazi na sljedećoj stranici može se vidjeti izgled zračnog prostora pod nadležnošću ACC Zagreb unutar kojih se pružaju ATS usluge.



*Slika 5 Područje nadležnosti ACC Zagreb, [14]*

Osim generalne podjele zračnog prostora prema nadležnost te prema vertikalnim i lateralnim granicama, postoji i podjela zračnog prostora na manje jedinice zračnog prostora koje se nazivaju sektori. Njihova je uloga je preciznija podjela zračnog prostora kako bi se omogućilo učinkovitije davanje ATS usluga, te da se spriječi problem s zagušenjima određenih dijelova zračnog prostora. Unutar zračnog prostora koji se nalazi pod nadležnošću ACC Zagreb postoji 18 [14] elementarnih sektora od kojih 12 [14] se nalazi unutar FIR Zagreb, a ostalih 6 se nalazi unutar FIR Sarajevo. Elementarne sektore je moguće slagati u 240 [14] različitih sektorskih konfiguracija koje se koriste ovisno o prometnom opterećenju i broju kontrolorskog osoblja. Na Slici 5 se mogu vidjeti unutarnje linije koje omeđuju zračne blokove koji čine tih 18 elementarnih sektora unutar područja nadležnosti ACC Zagreb.

U odnosu na prošlu godinu novitet čini uvođenje novog sektora nazvan centralni sektor, čija svrha uvođenja je nova i učinkovitija raspodjela sektora i sektorskih konfiguracija s naglaskom na smanjenju prometnog opterećenja na ostalim sektorima. Centralni sektor je zamišljen kao sektor koji će bit smješten u srednji dio zračnog prostora kroz koji će prolazit glavni tokovi zračnog prometa, a njegove granice su objavljene nakon određenog broja simulacija koje su proveden u Hrvatskoj i Mađarskoj. U nastavku ovog rada će bit detaljnije opisan proces uvođenja sektora, kao novog elementa unutar zračnog prostora pod poglavljem četiri.

# 3. Analiza postojećeg stanja prostora nadležnosti ACC Zagreb

Svaki zračni prostor ima određene karakteristike koje utječu na način njegova upravljanja i vođenja prometa koji njime prolazi. Generalno gledajući prostor na jugoistoku Europe može se zaključiti da taj dio europskog zračnog prostora uglavnom služi kako tranzitno područje koje povezuje srednju i zapadnu Europu s krajnjim jugoistokom u koje ulaze područje zemalja Grčke, Turske i zemalja Bliskog istoka koje su dalje odskočna područja za letove prema srednjoj i istočnoj Aziji. Zemlje zapadne i srednje Europe imaju osjetno veći broj domaćih letova nego što to imaju zemlje jugoistočne Europe, što govori o njihovom razvoju zrakoplovne industrije, zračnog prometa, ali i većeg životnog standarda koji omogućuje češće letenje zrakoplovom, dok kod zemalja na jugoistoku je uglavnom izražen znatan broj preleta u odnosu na broj domaćih letova.

Kako i Hrvatska pripada tom gospodarski slabije razvijenom dijelu Europe onda ne čudi što od ukupnog broja letova oko 84% čine preleti, 14% dolasci i odlasci, a svega 2% [16] čini ukupni domaći promet u zemlji. Bolji prikaz se može vidjeti na idućoj Tablici 1 gdje je prikazan broj preleta, međunarodnih dolazaka i odlazak te broj domaćih letova po zemljama u Europi.

*Tablica 1 Prikaz broja letova za neke zemlje Europe*
*Izvor: [15]*

| Zemlja | Ukupni preleti preko zemlje | | Međunarodni dolasci/odlasci | | Ukupni domaći promet | | Ukupan broj letova |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Broj | Postotak | Broj | Postotak | Broj | Postotak | Broj |
| Njemačka | 1,158,100 | 38% | 1,535,300 | 51% | 336,500 | 11% | 3,030,000 |
| Francuska | 1,482,000 | 50% | 1,061,700 | 36% | 403,400 | 14% | 2,947,100 |
| UK | 354,900 | 15% | 1,534,300 | 68% | 379,700 | 17% | 2,268,700 |
| Italija | 545,900 | 33% | 830,900 | 49% | 302,800 | 11% | 1,679,600 |
| Španjolska | 465,000 | 30% | 900,000 | 56% | 229,000 | 14% | 1,600,000 |
| Turska | 367,900 | 29% | 567,500 | 45% | 333,500 | 26% | 1,268,900 |
| Austrija | 832,000 | 72% | 299,000 | 26% | 21,200 | 2% | 1,152,200 |
| Nizozemska | 591,800 | 52% | 522,300 | 46% | 23,400 | 2% | 1,137,500 |
| Švedska | 332,000 | 45% | 258,000 | 35% | 148,900 | 20% | 738,900 |
| Poljska | 418,000 | 60% | 240,300 | 34% | 43,200 | 6% | 701,500 |
| Bugarska | 613,000 | 89.50% | 66,300 | 10% | 4,100 | 0.50% | 683,400 |
| Grčka | 328,300 | 49% | 252,100 | 37% | 97,500 | 14% | 677,900 |
| Mađarska | 577,700 | 86% | 91,700 | 13.95% | 360 | 0.05% | 669,700 |
| Danska | 300,400 | 48% | 276,400 | 48% | 41,700 | 7% | 618,500 |
| Rumunjska | 471,000 | 79% | 112,300 | 19% | 15,000 | 2% | 598,200 |
| Irska | 301,300 | 56% | 229,000 | 43% | 6,500 | 1% | 536,800 |
| Hrvatska | 447,638 | 84% | 72,661 | 14% | 10,077 | 2% | 530,377 |
| Litva | 209,500 | 81% | 45,800 | 18% | 1,800 | 1% | 257,100 |
| Latvija | 177,000 | 72.90% | 65,300 | 27% | 300 | 0.10% | 242,600 |
| Albanija | 180,356 | 90.99% | 18,052 | 9% | 2 | 0.01% | 198,410 |
| Estonija | 155,500 | 82% | 33,000 | 17% | 2,900 | 1% | 191,400 |
| Malta | 63,600 | 62.98% | 37,900 | 37% | 300 | 0.20% | 101,800 |

Prema Tablici 1 se može vidjeti da Hrvatska ima većinski udio prometa u preletima kao što imaju Mađarska, Rumunjska i Bugarska, dok u usporedbi s Njemačkom, UK, Italijom, Španjolskom i Turskom ima znatno manji međunarodni i domaći promet.

## 3.1 Statistika za promet kroz hrvatski zračni prostor prema podacima iz izvještaja o učinkovitost (PRR – *Performance Review Report*)

Hrvatski zračni prostor kao dio europskog zračnog prostora ima znatan utjecaj na kanaliziranja prometa iz smjera sjeverozapada prema jugoistoku koji će bit bolje prikazani pod poglavljem 3.2. Takva situacija najviše prometno opterećuje oblasnu kontrolu zračnog prometa koja je zadužena za sigurno vođenje tog dijela prometa kroz Hrvatsku, a sve veći porast zračnog prometa iz godine u godinu stavlja dodatan pritisak na učinkovitost vođenja zračnog prometa unutar područja nadležnost ACC Zagreb. Također pojava različitih faktora povećava kašnjenje kroz zračni prostor što se dodatno negativno odražava na učinkovitost ANSP-a i na ukupni promet koji prolazi kroz zračni prostor za koji je nadležan ACC Zagreb. U sljedećoj Tablici 2 nalazi se statistika za zračni prostor Hrvatske na kojem se može vidjeti prikaz prosječnog broja letova po danu, ukupno ATFM kašnjenje po letu u minutama unutar jedne godine te razlozi kašnjenja koji su izraženi u postocima.

*Tablica 2 Prikaz prometa i kašnjenja po godinama za hrvatski zračni prostor*
*Izvor: [16],[17],[18],[19],[20]*

| Godina | Prosječan broj letova po danu | Ukupno ATFM kašnjenje po letu | Razlozi kašnjenja | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Kapacitet / osoblje | ATC | Meteo | Ostalo |
| 2011 | 1287 | 0.55 | 76% | 0.40% | 23.30% | 0.30% |
| 2012 | 1286 | 0.28 | 71.50% | 0.20% | 27.90% | 0.30% |
| 2013 | 1281 | 0.1 | 72% | 2.60% | 25.40% | 0% |
| 2014 | 1355 | 0.33 | 50.20% | 9.40% | 38.60% | 1.80% |
| 2015 | 1366 | 0.58 | 71.10% | 0% | 28.80% | 0.20% |

Ono što se može vidjeti iz tablice je da iz godine u godinu se bilježi sve veće povećanje prosječnog broja letova po danu, što govori da postoji stalni trend rasta prometa, ali zbog manjeg kapaciteta samog prostora i manjka kontrolorskog osoblja najčešće dolazi do kašnjenja, dok drugi najčešći razlog kašnjenja su meteorološki uvjeti na koje se može malo utjecati, najčešće vođenjem zrakoplova drugom rutom što u konačnici opet dovodi do kašnjenja. Iznimka je 2014. godina kada je zbog nešto izraženijih meteoroloških promjena došlo do povećanja kašnjenja. Prema Tablici 2 se vidi odstupanje kašnjenja zbog meteoroloških uvjeta u odnosu 2014/2013 koje je iznosilo 13.2%, a odstupanje za 2015/2014 godinu je iznosilo 9.8%.

Što se tiče ukupnog ATFM kašnjenja ono može varirati ovisno o godini, a znatno odstupanje je primjetno za 2013. godinu, ali to treba gledati u kontekstu pada ukupnog prometa u Europi što je imalo utjecaj i na promet u Hrvatskoj. U istoj 2013. godini na razini Europe je zabilježeno ATFM kašnjenje od 0.53 minuta [20] po letu što je najmanje ATFM kašnjenje u cijeloj Europi

od 1997. godine. Sljedeća Tablica 3 na idućoj stranici prikazuje zabilježeni prosječan porast prometa u postotku kroz period od pet godina uspoređujući situaciju u Hrvatskoj i Europi.

*Tablica 3 Usporedba prosječnog rasta prometa Hrvatska i Europa*
*Izvor: [16],[17],[18],[19],[20]*

| Prosječan godišnji rast prometa u Hrvatskoj | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 2011/10 | 2012/11 | 2013/12 | 2014/13 | 2015/14 |
| 9.40% | 0.20% | -0.60% | 5.80% | 0.80% |
| Prosječan godišnji rast prometa u Europi | | | | |
| 2011/10 | 2012/11 | 2013/12 | 2014/13 | 2015/14 |
| 3.10% | -2.70% | -0.80% | 1.70% | 1.50% |

Prema gornjoj tablici se može vidjeti da povećanje prometa u Hrvatskoj znatno odstupa od Europskog prosjeka, čak i u situaciji kada je na europskoj razini 2012/11 zabilježen pad prometa u Hrvatskoj je još uvijek bio u porastu. Jedina iznimka je period 2013/12 godina kada je zabilježen pad ukupnog prometa kako u Europi tako i u Hrvatskoj. Ova tablica pokazuje da zračni prostor Hrvatske ima dobar potencijal za budući rast prometa te da postoji potreba za podizanjem učinkovitost ANSP-a, kako bi se moglo takav trend prometa kontinuirano pratiti, pogotovo u ljetnoj sezoni kada postoji povećana turistička potražnja prema jugoistočnim zemljama.

Još jedna zanimljiva karakteristika prometa koji prolazi kroz hrvatski zračni prostor je ta da unutar ljetne sezone broj letova od ponedjeljka do petka znatno niži nego što je tijekom vikenda. Iz tog razloga vikendi tijekom ljetne sezone predstavljaju najveći izazov jer u takvim situacijama nadležne jedinice kontrole zračnog prometa trebaju koristiti sve dostupne resurse kako bi efikasno i sigurno mogle kontrolirati zračni promet. U sljedećoj Tablici 4 može se vidjeti odabrani reprezentativni uzorak od tri tjedna za 2015. godinu, a uzorak se proteže od 29.06 do 19.07. unutar kojeg su prikazani ukupni brojevi ostvarenih letova po pojedinim danima.

*Tablica 4 Prikaz broja letova za period 29.06.-19.07.*
*Izvor:[14]*

| Ukupan broj letova po danima unutar hrvatskog zračnog prostora | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Pon | Uto | Sri | Čet | Pet | Sub | Ned |
| 29.06. | 30.06. | 01.07. | 02.07. | 03.07. | 04.07. | 05.07. |
| 1728 | 1703 | 1742 | 1729 | 1835 | 2298 | 2026 |
| 06.07. | 07.07. | 08.08. | 09.07. | 10.07. | 11.07. | 12.07. |
| 1792 | 1810 | 1907 | 1828 | 1824 | 2317 | 2075 |
| 13.07. | 14.07. | 15.07. | 16.07. | 17.07. | 18.07. | 19.07. |
| 1818 | 1788 | 1814 | 1838 | 1928 | 2444 | 2102 |

Tablica vrlo jasno pokazuje razliku prometa kroz tjedan i vikende. Kada se dodatno izračuna prosjek letova kroz tjedan i letova tijekom vikenda dolazi se do zaključka da tijekom vikenda promet poraste za 20.8% do 23.4% što stavlja dodatno radno opterećenje na kontrolorsko osoblje te upravo zbog tog razloga dolazi do uvođenja regulacija odnosno dolazi do kašnjenja prometa kroz zračni prostor. Ovaj podatak dodatno potvrđuje Tablica 2 na 26. stranici ovog rada gdje se vidi da otprilike 70% ukupnog kašnjenja je zbog kapacitet i kontrolorskog osoblja. U sljedećem poglavlju bit će prikazani tokovi prometa kroz zračni prostor te će bit objašnjena njihova specifičnost i značaj.

## 3.2 Tokovi zračnog prometa kroz hrvatski zračni prostor

Za bolje prikazivanje prometnih tokova kroz hrvatski zračni prostor koristit će se programski alat NEST. NEST je programski alat čije je korištenje prvenstveno namijenjeno za mrežnog upravitelja EUROCONTROL-a i pružatelje usluga u zračnoj plovidbi za srednjoročno i dugoročno planiranje različitih aktivnosti, a program je nastao integracijom dva starija programska alata SAAM i NEVAC [21]. Programski alat NEST podatke o letovima za određene AIRAC (*Aeronautical Information Regulation And Control*) cikluse preuzima s EUROCNOTROL-ove stranice DDR2 koji se dalje mogu koristiti za različite simulacije i analize zračnog prostora, mreže ruta i zračnog prometa.

Uz to zbog potrebe izrade ovog rada NEST će se također koristiti kao izvor različitih podataka i slika na temelju kojih će se izrađivati tablice za lakše prikazivanje postojećeg stanja unutar hrvatskog zračnog prostora. Osim toga NEST će se koristiti za simulacije i analize trajektorija i prometa koje će se spominjati i uspoređivati unutar poglavlja 5 i 6, a uz to će se koristiti dio programa namijenjen upravljanju zračnim prostorom u vidu dodatne sektorizacije samog centralnog sektora i upravljanja mrežom ruta u vidu dodavanja novih segmenata na postojeću mrežu ruta. Dodatne informacije vezano za simulacije trajektorija će bit objašnjene pod poglavljem 5.

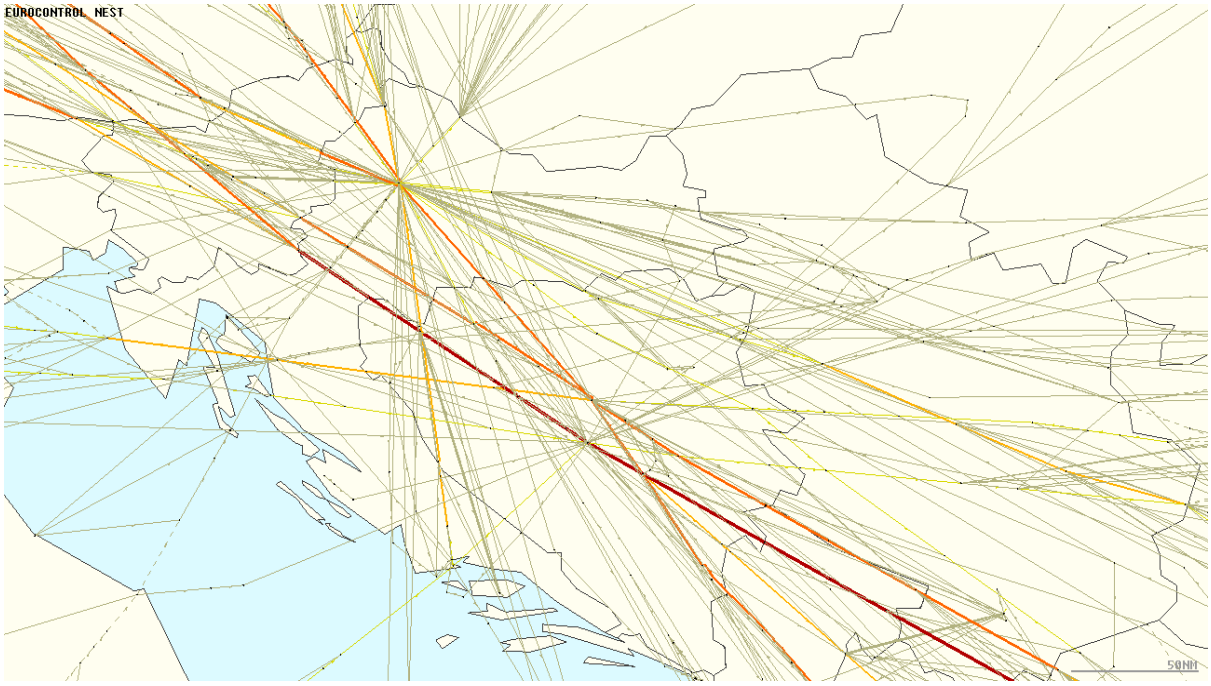
Tokovi zračnog prometa imaju bitnu ulogu u usmjeravanju letova po segmentima od polazišta do odredišta svakog zrakoplova. U poglavlju 2 je na više mjesta bilo objašnjeno da sva planiranja koja uključuju upravljanje zračnim prostorom, upravljanje mrežom ruta i sva ostala planiranja trebaju bit usklađena s prometnim tokovima, s time da se veća prednost daje glavnim tokovima zračnog prometa.

Glavni tokovi zračnog prometa koji prolaze kroz hrvatski zračni prostor su usmjereni na pravcu sjeverozapad prema jugoistoku. Osim tog glavnog pravca hrvatski zračni prostor je tranzitno područje za letove iz smjera zapad-istok, ali sa znatno manjim brojem letova nego što je to na glavnom pravcu. Na sljedećoj Slici 6 se mogu vidjeti glavni prometni tokovi kroz hrvatski zračni prostor, tanje i svijetlije linije predstavljaju slabije opterećene segmente tih tokova dok deblje i tamnije linije predstavljaju više opterećene segmente prometnih tokova.

*Slika 6 Opterećenost prometnih tokova kroz hrvatski zračni prostor 18.07.2015., [14]*

Tokovi zračnog prometa koji su prikazani na slici ne uzimaju u obzir sve letove koji su na taj dan prolazili kroz zračni prostor već je uzet dio prometa kao uzorak da bi se bolje vidio smjer tih prometnih tokova i njihovo opterećenje. Dan koji je uzet u obzir je subota 18.07.2015. zbog najvećeg broja letova u danu unutar sedmog AIRAC ciklusa koji obuhvaća period od 25.06.-22.07.2015.

Na sljedećoj Slici 7 su prikazani tokovi zračnog prometa za subotu 16.07.2016. koja ulazi u sedmi AIRAC ciklus za 2016. godinu, kako bi se usporedila slika prometnih tokova u odnosu na prošlu godinu.




*Slika 7 Opterećenost prometnih tokova kroz hrvatski zračni prostor 16.07.2016., [14]*

Uspoređujući prometne tokove sa Slike 6 i 7 može se zaključiti da nema primjetljivih razlika u pravcima u kojima su oni usmjereni, te da još uvijek većina zračnog prometa upravo koristi njih kao glavne smjerove za povezivanja sjeverozapada s jugoistokom Europe. Jedina razlika uspoređujući te dvije slike je nešto manja opterećenost segmenata prometnih tokova na Slici 7 u odnosu na Sliku 6, ali to treba gledati u kontekstu ukupnog prometnog opterećenja za taj dan i svih ostalih uvjeta koje utječu na promet zbog čega se te razlike mogu smatrati zanemarivima.

Početkom poglavlja 3.2 je bilo spomenuto da ovakav izgled mreže prometnih tokova je zbog prometa koji spaja zemlje srednje i zapadne Europe s zemljama na samom jugoistoku i na kraju jedan mali dio na Bliskom istoku. Kako bi se zornije prikazalo koji su to točno parovi zemlja koje utječu na prometno opterećenje na sljedećoj stranici se nalaze tablice s prikazom broja letova između parova zemalja.

*Tablica 5 Prikaz letova između parova zemalja 18.07 2015. SZ-JI*
*Izvor:[14]*

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Belgija | Turska | 14 | | Njemačka | Grčka | 84 | | UK | Grčka | 81 |
| | Grčka | 12 | | | Turska | 53 | | | Turska | 22 |
| | Egipat | 3 | | | Egipat | 22 | | | Cipar | 16 |
| | Italija | 1 | | | Italija | 14 | | | Egipat | 14 |
| | | | | | | | | | | |
| Francuska | Turska | 44 | | Austrija | Italija | 14 | | Švicarska | Turska | 29 |
| | Grčka | 43 | | | Grčka | 13 | | | Grčka | 21 |
| | Kosovo | 7 | | | Turska | 7 | | | Kosovo | 7 |
| | Egipat | 6 | | | Egipat | 3 | | | Egipat | 4 |

*Tablica 6 Prikaz letova između parova zemalja 16.07.2016. SZ-JI*
*Izvor:[14]*

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Belgija | Grčka | 13 | | Njemačka | Grčka | 106 | | UK | Grčka | 107 |
| | Turska | 9 | | | Turska | 50 | | | Turska | 42 |
| | Izrael | 6 | | | Egipat | 12 | | | Cipar | 32 |
| | Bugarska | 5 | | | Bugarska | 10 | | | Bugarska | 8 |
| | | | | | | | | | | |
| Francuska | Grčka | 40 | | Austrija | Grčka | 20 | | Švicarska | Grčka | 26 |
| | Turska | 17 | | | Italija | 13 | | | Turska | 14 |
| | U.A.E | 6 | | | Kanari | 4 | | | Kosovo | 10 |
| | Egipat | 5 | | | Turska | 3 | | | Makedonija | 8 |

Na Tablicama 5 i 6 prikazani su letovi između pojedinih parova zemalja koje imaju najveći doprinos u ukupnom broju letova koji prelijeće kroz hrvatski zračni prostor na prometnom pravcu sjeverozapad prema jugoistoku. Na svakoj tablici je prikazana jedna zemlja iz srednje ili zapadne Europe te četiri države s kojima ona ima najvećih broj letova preko hrvatskog zračnog prostora. Datumi 18.07.2015. i 16.07.2016. uzeti su u obzir iz razloga što su ta dva dana bila najviše prometno opterećena u sedmom AIRAC ciklusu za 2015. i 2016. godinu. Prema tablicama se može vidjeti da najveći doprinos prometu imaju Njemačka, Ujedinjeno Kraljevstvo i Francuska prema Grčkoj i Turskoj. Također uspoređujući broj letova između dvije tablice primjetan je dodatan porast broja letova prema Grčkoj i Turskoj u 2016. u odnosu na 2015. godinu, dok je broj letova prema Egiptu pao na ne zamjetnu razinu zbog čega se ne može vidjeti na Tablici broj 6. Na idućoj stranici se nalaze tablice s parovima zemalja na kojima je prikazan broj letova iz smjera jugoistok prema sjeverozapadu.

*Tablica 7 Prikaz letova između parova zemalja 18.07.2015. JI-SZ*
*Izvor:[14]*

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Grčka | Njemačka | 92 | | Turska | UK | 59 | | Egipat | Njemačka | 15 |
| | UK | 80 | | | Francuska | 35 | | | UK | 12 |
| | Francuska | 29 | | | Njemačka | 26 | | | Belgija | 4 |
| | Nizozemska | 21 | | | Italija | 20 | | | Francuska | 3 |
| | Švicarska | 21 | | | Švicarska | 17 | | | Italija | 3 |
| | Italija | 20 | | | Belgija | 8 | | | Švicarska | 3 |
| | Austrija | 18 | | | Austrija | 6 | | | Nizozemska | 2 |
| | Belgija | 13 | | | Nizozemska | 3 | | | Austrija | 1 |

*Tablica 8 Prikaz letova između parova zemalja 16.07.2016 JI-SZ*
*Izvor:[14]*

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Grčka | UK | 88 | | Turska | UK | 16 | | Egipat | Italija | 3 |
| | Njemačka | 59 | | | Francuska | 9 | | | Njemačka | 2 |
| | Francuska | 46 | | | Njemačka | 7 | | | Francuska | 2 |
| | Švicarska | 29 | | | Švicarska | 5 | | | UK | 1 |
| | Italija | 28 | | | Italija | 4 | | | Belgija | 1 |
| | Nizozemska | 16 | | | Austrija | 1 | | | Švicarska | 1 |
| | Belgija | 7 | | | Belgija | 1 | | | Nizozemska | 1 |
| | Austrija | 7 | | | Nizozemska | 1 | | | Austrija | 1 |

Razlog zašto se na Tablicama 7 i 8 nalaze samo Grčka, Turska i Egipat je zbog toga što one generiraju najveći promet prema zemljama navedenim u tablicama, dok ostale zemlje na jugoistoku Europe i Bliskog istoka generiraju znatno niži broj letova prema zemljama srednje i zapadne Europe te stoga nisu navedene u tablicama. Pad prometa iz Turske i Egipta prema zemljama navedenim u tablicama može se gledati kao problem koji je nastao zbog političke situacije i pojačanih terorističkih aktivnost u toj regiji tijekom 2016. godine. U idućem poglavlju će bit prikazano trenutno stanje i utjecaja tokova zračnog prometa na opterećenost sektora unutar hrvatskog zračnog prostora.

## 3.3 Opterećenost sektora unutar hrvatskog zračnog prostora

Za svaki sektor određuje se deklarirani kapacitet sektora. Deklarirani kapacitet sektora je broj zrakoplova koji može ući u zračni prostor određenih dimenzija u nekom vremenu, uzimajući u obzir vremenske uvjete, konfiguraciju ATC jedinica, dostupnost opreme i osoblja te ostale druge faktore koji mogu utjecati na radno opterećenje kontrolora. Prilikom planiranja i organizacije konfiguracije zračnog prostora jako je bitno proučiti inicijalnu sliku prometa koji će prolaziti kroz zračni prostor unutar nekog dana. Ovisno o prometnom opterećenju i ostalim uvjetima ANSP će pripremiti zračni prostor s konfiguracijom sektora koja će najbolje odgovarati tom opterećenju te će pripremiti dovoljan broj kontrolorskog osoblja koji će raditi taj dan.

Nažalost nije uvijek moguće u potpunosti precizno odrediti prometno opterećenje niti pripremiti dovoljan broj kontrolorskog osoblja, ako postoji manjak ljudi koji su taj dan raspoloživi za rad i sigurno vođenje zračnog promet kroz zračni prostor. Kako svaki zrakoplovni operater želi letjeti najjeftinijom rutom do svog odredišta to predstavlja dodatan problem kod opterećenosti nekih prometnih tokova, ali i sektora kroz koje ti tokovi prolaze stoga neki prometni tokovi i sektori su više opterećeni što gotovo uvijek dovodi do kašnjenja unutar zračnog prostora i kontrolora.

Upravo taj problem se može vidjeti na primjeru hrvatskog zračnog prostora gdje prometni tokovi koji se nalaze na pravcu sjeverozapad-jugoistok stvaraju najveće opterećenje na sektore u hrvatskom zračnom prostoru. Sektori koji su najviše opterećeni ovim prometnim tokovima su zapadni sektor (LDZOW), sjeverni sektor (LDZON), južni sektor (LDZOS) i sektor adria (LDZOA). Svaki od ovih sektora ako je potrebno može se dodatno podijeliti na manje sektore koje mogu činiti više različitih sektorskih konfiguracija zračnog prostora te omogućiti manju opterećenost zračnog prostora i kontrolora.

Unutar hrvatskog zračnog prostora sektori koji se dijele prema visinama ulaze u jednu od četiri grupe, a to su donji (L – *Lower*) koji se proteže od 1000 stopa iznad tla do FL 325, gornji (U – *Upper*) koji se nalazi proteže od FL 325 do FL 355, visoki (H – *High*) od FL 355 do FL 375 i najviši (T – *Top*) od FL 375 do FL 660 [14]. Horizontalne granice sektora su određene linijama koje povezuje geografske točke, a same linije i točke su određene analizama i simulacijama zračnog prostora kako bi odgovarale realnim potrebama nadležne kontrole zračnog prometa. Kada se gleda opterećenost sektora unutar nekog zračnog prostora gledaju se podaci o volumenima zračnog prometa. Volumen zračnog prometa je broj zrakoplova u definiranom zračnom prostoru, a njihove oznake su najčešće određene sektorom unutar kojeg leti određen broj zrakoplova s tim da na kraju imaju slovo X kao oznaku.

Na idućim Tablicama 9 i 10 se nalazi prikaz preopterećenja unutar hrvatskog zračnog prostora za sve subote u sedmom AIRAC ciklusu za 2015. i 2016. godinu. U tablicama se nalaze podaci za dva najveća opterećenja odnosno dva najveća broja letova iznad kapaciteta u nekom vremenu za taj dan, te su uz to prikazani volumni zračnog prometa na koje je to utjecalo i broj letova iznad kapaciteta po svakom volumenu pojedinačno.

*Tablica 9 Opterećenje po volumenima zračnog prometa (AIRAC 1507)*
*Izvor:[14]*

| AIRAC 1507 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Datum | Ukupan broj letova iznad kapaciteta | Volumen zračnog prometa | Letovi iznad kapaciteta po volumenima zračnog prometa | Vrijeme |
| 27.06. | 16 | LDHWX | 7 | |
| | | LDLWX | 4 | |
| | | LDUWX | 5 | 11:10-11:30 |
| | | | | |
| 27.06. | 11 | LDULWX | 7 | |
| | | LDULSX | 3 | |
| | | LDNX | 1 | 9:10-9:30 |
| | | | | |
| 04.07. | 17 | LDTHSX | 7 | |
| | | LDUWX | 6 | |
| | | LDULSX | 2 | |
| | | LDTWW | 2 | 10:10-10:30 |
| | | | | |
| 04.07. | 13 | LDULAX | 8 | |
| | | LDNX | 4 | |
| | | LDHWX | 1 | 18:00-18:20 |
| | | | | |
| 11.07. | 14 | LDUWX | 9 | |
| | | LDLWX | 5 | 11:00-11:20 |
| | | | | |
| 11.07. | 13 | LDULWX | 5 | |
| | | LDNX | 4 | |
| | | LDHWX | 4 | 17:20-17:40 |
| | | | | |
| 18.07. | 18 | LDHWX | 5 | |
| | | LDLWX | 5 | |
| | | LDUWX | 3 | |
| | | LDULN36 | 3 | |
| | | LDTHSX | 2 | 9:50-10:10 |
| | | | | |
| 18.07. | 18 | LDTHSX | 4 | |
| | | LDHWX | 4 | |
| | | LDUWX | 2 | |
| | | LDTHN37 | 2 | |
| | | LDULN36 | 6 | 10:10-10:20 |

*Tablica 10 Opterećenje po volumenima zračnog prometa (AIRAC 1607)*
*Izvor:[14]*

| AIRAC 1607 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Datum | Ukupan broj letova iznad kapaciteta | Volumen zračnog prometa | Letovi iznad kapaciteta po volumenima zračnog prometa | Vrijeme |
| 25.06. | 17 | LDNX | 10 | |
| | | LDHAX | 6 | |
| | | LDULWX | 1 | 18:50-19:10 |
| | | | | |
| 25.06. | 15 | LDUWX | 7 | |
| | | LDHWX | 4 | |
| | | LDTHNX | 3 | |
| | | LDTSX | 1 | 9:50-10:10 |
| | | | | |
| 02.07. | 15 | LDULWX | 8 | |
| | | LDNX | 4 | |
| | | LDTAX | 3 | 18:50-19:10 |
| | | | | |
| 02.07. | 13 | LDHWX | 5 | |
| | | LDUWX | 5 | |
| | | LDHSX | 2 | |
| | | LDLWX | 1 | 10:50-11:10 |
| | | | | |
| 09.07. | 20 | LDULWX | 8 | |
| | | LDHAX | 7 | |
| | | LDULSX | 5 | 7:00-7:20 |
| | | | | |
| 09.07. | 20 | LDLAX | 12 | |
| | | LDTHWW | 5 | |
| | | LDUSX | 3 | 10:40-11:00 |
| | | | | |
| 16.07. | 21 | LDUWX | 8 | |
| | | LDHWX | 6 | |
| | | LDUSX | 5 | |
| | | LDHSX | 2 | 16:40-17:00 |
| | | | | |
| 16.07. | 15 | LDHWX | 5 | |
| | | LDUWX | 4 | |
| | | LDTHNX | 3 | |
| | | LDULSX | 2 | |
| | | LDHSX | 1 | 16:00-16:20 |

Prema podacima iz tablica može se vidjeti da najveća opterećenost brojem letova zahvaća volumene prometa koji se nalaze u sjevernom, južnom, zapadnom i adria sektoru. Zbog ovakve situacije je bilo potrebno uvesti novo rješenje koje bi barem djelomično ili u potpunosti smanjilo preopterećenost na nekom od ovih sektora. Jedna od ideja koja se pojavila kao rješenje je bilo uvođenje novog centralnog sektora koji bi zauzimao dio zračnog prostora zapadnog i sjevernog sektora, kako bi smanjio ukupnu opterećenost na njima te barem djelomično olakšao posao kontrolorskom osoblju koje bi radilo na tim sektorima. U idućem poglavlju će bit objašnjena njegova funkcija i smještaj unutar hrvatskog zračnog prostora.

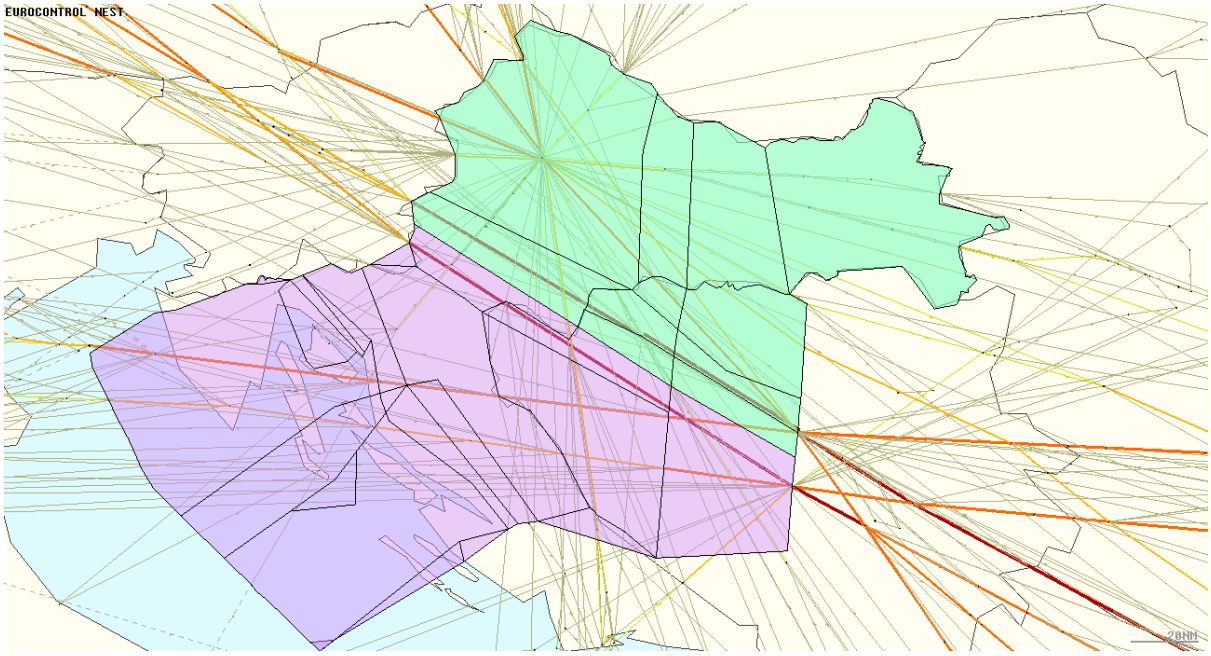
# 4. Prijedlog uvođenja centralnog sektora u prostor nadležnosti ACC Zagreb i nove konfiguracije sektora

Glavna ideja uvođenja centralnog sektora je da, preuzme dva glavna toka prometa od strane zapadnog i sjevernog sektora te na taj način omogućiti veću rasterećenost i smanjenje preopterećenja na ta dva sektora. Horizontalne granice centralnog sektora su bile postavljene nakon određenog broja simulacija i analiza, a detalji tih provedenih simulacija i analiza nije javno dostupan dokument te iz tog razlog neće bit dodatno objašnjene u ovom radu.

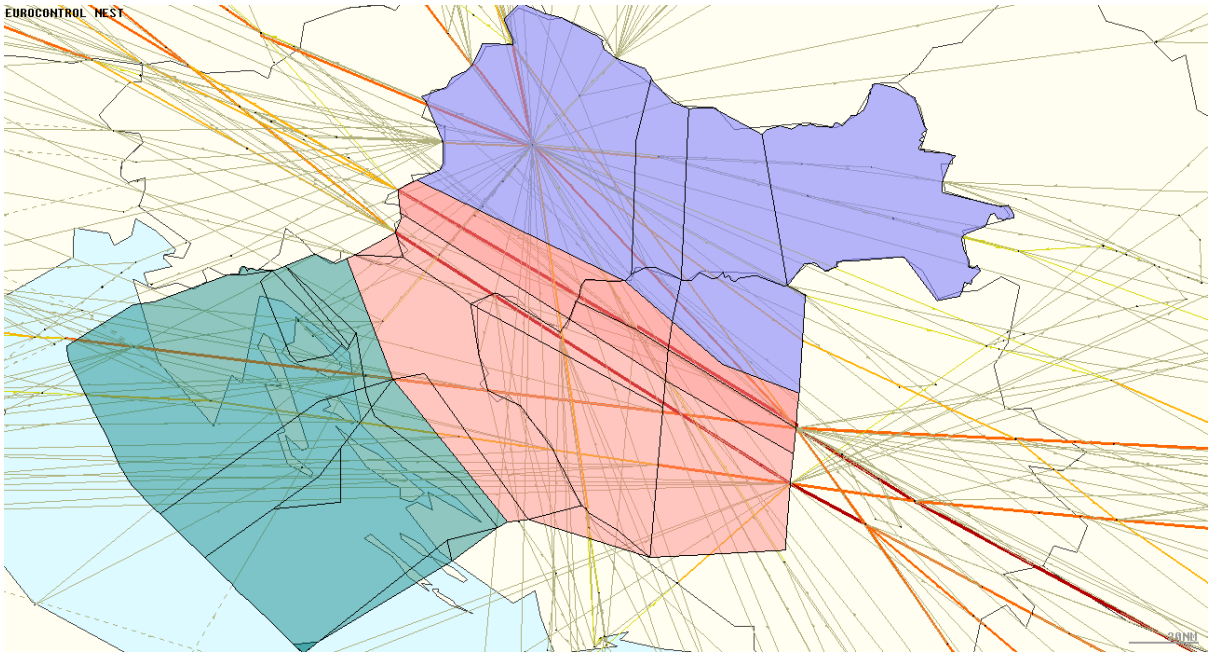
Vertikalne granice su podijeljene na način kao što je spomenuto prije unutar poglavlja 3.3 na donji, gornji, visoki i najviši dio prostora. Obzirom na to da veći dio zračnog prometa prolazi uglavnom u visokom i najvišem dijelu zračnog prostora onda su tako postavljene i vertikalne granice centralnog sektora. Ovakva podjela je ostavila mogućnost da se centralni sektor dijeli na dva dodatna vertikalna dijela ili da bude spojen kao jedan sektor s donjom granicom visokog sektora (FL 355) i gornjom granicom najvišeg sektora (FL 660) [14].

Zbog uvođenja novog centralnog sektora potrebno je bilo staviti nove oznake unutar zračnog prostora. Oznaka novog sektora bi prema tome bila LDZOHC (*High Central*) i LDZOTC (*Top Central*) ili kao jedinstveni sektor s oznakom LDZOTHC (Top *High Central*). Osim novih oznaka za centralni sektora uvedene su dodatne oznake i za zapadni i sjeverni sektor u tom vertikalnom dijelu prostora. LDZOTHW (*Top High West*) i LDZOTHN (*Top High North*) mogu se podijeliti dodatno na LDZOTHWW (*Top High West West*) i LDZOTHNN (*Top High North North*) koji se mogu koristiti za nove sektorske konfiguracije hrvatskog zračnog prostora. Nakon nove podjele prostora određeni su novi deklarirani sektorski kapaciteti. Novi kapacitet sektora LDZOTHC je 38, LDZOHC je 32, a za LDZOTC je 36 [14].

Na idućoj stranici se nalaze Slike 8 i 9 gdje se vidi usporedba starije konfiguracija zračnog prostora s novom konfiguracijom, te uz njih su prikazana dva glavna prometna toka unutar tog dijela zračnog prostora.




*Slika 8 Konfiguracija prostora s LDZOTHW i LDZOTHN, [14]*




*Slika 9 Konfiguracija prostora s LDZOTHWW, LDZOTHC i LDZOTHNN, [14]*

Slika vrlo jasno pokazuje položaj centralnog sektora i njegovu očekivanu ulogu u smanjenju preopterećenosti zapadnog i sjevernog sektora. Tamnije linije pokazuju veću opterećenost određenih segmenata na tim tokovima, pa se stoga može zaključiti da centralni sektor preuzima najopterećenije segmente unutar ta dva toka i omogućava bolju harmonizaciju prometa u novoj sektorskoj konfiguraciji zračnog prostora. Ovdje je prikazana jedna osnovna konfiguracija prostora s centralnim sektorom, ali i dalje ostaje mogućnost daljnjeg dijeljenja zračnog prostora u horizontalnom i vertikalnom dijelu, kako bi se što bolje odgovorilo na prometnu potražnju. Nešto detaljnija o tome će bit prikazano u poglavlju 5.

Obzirom na to da svaka nova promjena u zračnom prostoru utječe na rad kontrolorskog osoblja tako je i u ovom slučaju bilo potrebno uvesti dodatna osposobljavanja za kontrolore koji bi radili na novom sektoru. Nažalost, implementacija nakon osposobljavanja koja je bila planirana u 2015. godini nije u potpunosti uspjela zbog neuspješne prilagodbe kontrolora na novu radnu okolinu. Nova prilagodba kontrolorskog osoblja je započeta u travnju 2016. godine i planira se postepeno provoditi do potpune osposobljenosti kontrolora na nove radne uvjete na novom sektoru, a prilagodba će uključivati povremeno aktiviranje sektorskih konfiguracija koje uključuju centralni sektor u stvarnoj radnoj okolini.

Specifičnosti i analiza novog stanja s centralnim sektorom će bit dalje obrađena u idućim poglavljima 5 i 6.

# 5. Provedba simulacija tokova prometa kroz centralni sektor te simulacija nove konfiguracije sektora koristeći program NEST

U prošlom poglavlju je objašnjena glavna ideja i uloga centralnog sektora dok će se u ovom poglavlju dodatno provesti simulacije tokova prometa i sektorskih konfiguracija s kojima se želi dodatno analizirati učinkovitost sektora. Nakon svih odrađenih simulacija i dobivenih podataka završna analiza će bit prikazana u poglavlju 6.

Sučelje za simulaciju trajektorija unutar NEST-a omogućava generiranje novih simuliranih trajektorija na temelju baznih trajektorija koje se dodaju na mrežu ruta s ograničenjima te se zatim proračunava novi letački profil svih obuhvaćenih letova. Bazne trajektorije mogu biti određene prema inicijalnom, stvarnom ili reguliranom prometu. Unutar sučelja je također moguće odabrati filter prometa kako bi se preciznije odabrao željeni promet koji će ulaziti u simulaciju trajektorija [21].

Simulirane trajektorije kombiniraju bazne trajektorije s algoritmima za dodjeljivanje i profiliranje letova. Navedeni algoritmi uzimaju u obzir mrežu aktivnih ruta uz pravila letenja i ograničenja na njima, te performanse zrakoplova [21]. Ono što je bitno za napomenuti je da promet koji leti na simuliranim trajektorijama predstavlja najkraću dostupnu rutu za letove između dva mjesta, a ne optimalnu rutu koja je troškovno najpovoljnija zbog čega može doći do većeg odstupanja između baznog i simuliranog prometa unutar nekog zračnog prostora.

Simulirane trajektorije koje će bit prikazane u ovom poglavlju se baziraju na stvarnom prometu koji je letio unutar hrvatskog zračnog prostora u sedmom AIRAC ciklusu za 2015. i 2016. godinu, a u proračunu se neće koristiti filter prometa, što znači da u proračun ulaze svi letovi u Europi za te dane.

Iako je centralni sektor samo jednom probno aktiviran 2015. godine te još povremeno aktiviran u 2016. godini, sve analize i simulacije koje se budu napravile će bit prikazane kao da je taj sektor bio stalno aktivan za određene datume u navedenim AIRAC ciklusima kako bi se što bolje ispitao njegov utjecaj na ukupan promet unutar hrvatskog zračnog prostora.

## 5.1 Simulacija prometnih tokova kroz centralni sektor

Za provedbu simulacija prometnih tokova NEST uzima sve letove iz baze podataka koji su letjeli za odabrane datume. Obzirom na to da se radi o velikoj količini prometa u ovom radu uzet će se u obzir samo vikendi koji ulaze u sedmi AIRAC ciklus za 2015. i 2016. godinu, jer vikendi predstavljaju najveće prometno opterećenje za hrvatski zračni prostor u ljetnoj sezoni te će stoga poslužiti kao relevantan uzorak prometa. Sljedeće dvije Tablice 11 i 12 na idućoj stranici prikazuju odnos stvarnih i simuliranih broja letova za vikende te uz njih će bit prikazana najveća dnevna okupiranost sektora u jednom satu unutar centralnog sektora.

*Tablica 11 Prikaz letova i okupiranost centralnog sektora 1*
*Izvor:[14]*

| AIRAC 1507 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Datum | Broj letova po danu | | | Najveća okupiranost sektora | |
| | Stvarni | Simulirani | | Stvarna | Simulirana |
| 27.06. | 589 | 816 | | 54 | 70 |
| 28.06. | 564 | 771 | | 54 | 85 |
| | | | | | |
| 04.07. | 624 | 826 | | 55 | 71 |
| 05.07. | 592 | 806 | | 60 | 85 |
| | | | | | |
| 11.07. | 580 | 828 | | 50 | 65 |
| 12.07. | 561 | 785 | | 62 | 85 |
| | | | | | |
| 18.07. | 627 | 870 | | 54 | 69 |
| 19.07. | 546 | 779 | | 51 | 83 |

*Tablica 12 Prikaz letova i okupiranosti centralnog sektora 2*
*[14]*

| AIRAC 1607 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Datum | Broj letova po danu | | | Najveća okupiranost sektora | |
| | Stvarni | Simulirani | | Stvarna | Simulirana |
| 25.06. | 542 | 848 | | 43 | 66 |
| 26.06. | 588 | 850 | | 51 | 77 |
| | | | | | |
| 02.07. | 591 | 911 | | 46 | 69 |
| 03.07. | 578 | 816 | | 44 | 74 |
| | | | | | |
| 09.07. | 606 | 924 | | 45 | 67 |
| 10.07. | 579 | 857 | | 60 | 67 |
| | | | | | |
| 16.07. | 556 | 890 | | 44 | 70 |
| 17.07. | 500 | 819 | | 49 | 78 |

Nakon Tablica 11 i 12 će bit prikazane Tablice 13 i 14 na kojima se može vidjeti preopterećenost centralnog sektora za stvarni i simulirani promet, koja je izražena ukupnim brojem letova iznad deklariranog kapaciteta centralnog sektora unutar jednog cijelog dana.

*Tablica 13 Preopterećenost centralnog sektora 1*
*Izvor:[14]*

| AIRAC 1507 | | |
|---|---|---|
| Datum | Preopterećenost sektora | |
| | Stvarna | Simulirana |
| 27.06. | 62 | 215 |
| 28.06. | 42 | 188 |
| | | |
| 04.07. | 67 | 200 |
| 05.07. | 67 | 213 |
| | | |
| 11.07. | 41 | 200 |
| 12.07. | 75 | 196 |
| | | |
| 18.07. | 57 | 233 |
| 19.07. | 45 | 187 |

*Tablica 14 Preopterećenost centralnog sektora 2*
*Izvor:[14]*

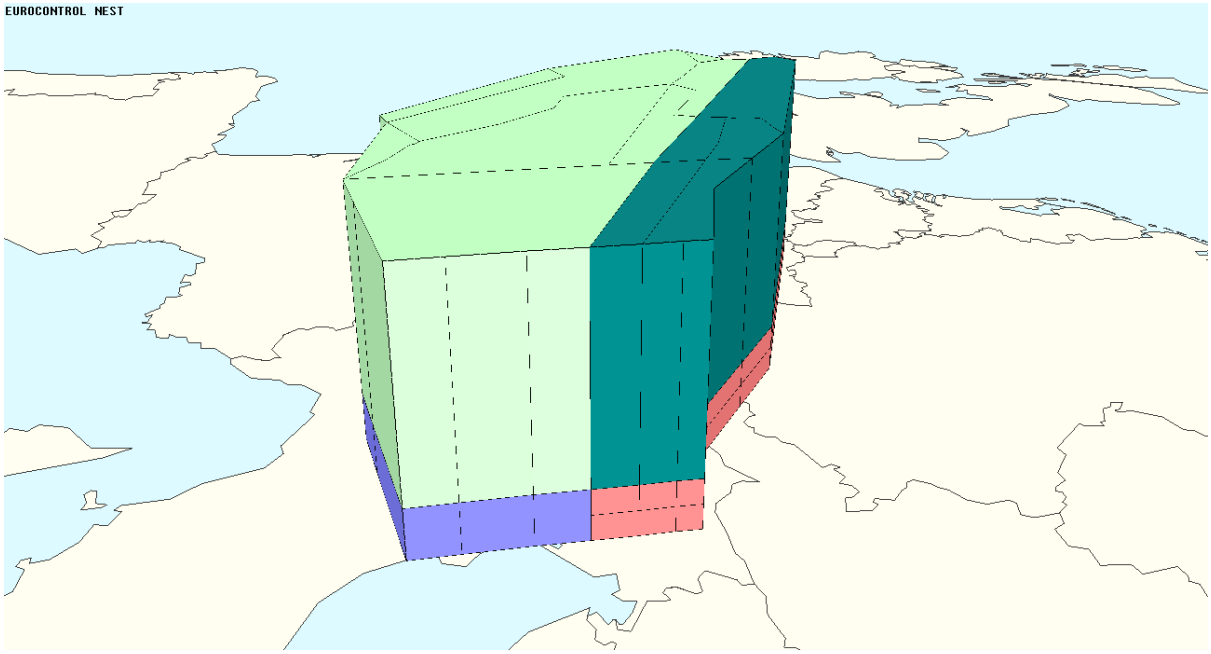
| AIRAC 1607 | | |
|---|---|---|
| Datum | Preopterećenost sektora | |
| | Stvarna | Simulirana |
| 25.06. | 17 | 176 |
| 26.06. | 30 | 159 |
| | | |
| 02.07. | 31 | 236 |
| 03.07. | 18 | 139 |
| | | |
| 09.07. | 42 | 250 |
| 10.07. | 32 | 182 |
| | | |
| 16.07. | 17 | 212 |
| 17.07. | 16 | 148 |

Prema Tablicama 13 i 14 može se vidjeti da u slučaju simuliranog prometa preopterećenost centralnog sektora raste 5 do 10 puta u odnosu stvarni promet. Ovi podaci na Tablicama 11, 12, 13 i 14 ukazuju na to da centralni sektor ima dobru poziciju za prihvat velikog dijela prometa koji prolazi kroz hrvatski zračni prostor te ga u tom slučaju čini znatno opterećenim. U sljedećem poglavlju obradit će se mogućnost dijeljenja centralnog sektora na manje dijelove, kako bi se smanjilo ukupno prometno opterećenje.

## 5.2 Dodatna sektorizacija centralnog sektora

Kako je već prije spomenuto centralni sektor je bio zamišljen da se prostire kroz visoki i najviši dio zračnog prostora koji je nastao izdvajanjem jednog dijela zapadnog i sjevernog sektora kako bi se ti isti dodatno rasteretili. Sada u situaciji gdje centralni sektor zauzima najopterećeniji dio zračnog prostora poželjno bi bilo uvesti dodatnu sektorizaciju centralnog sektora kako bi to opterećenje bilo na prihvatljivoj razini. Takvo dijeljenje na manje sektore ostavlja mogućnost da se takva podjela koristi uz postojeće ili nove sektorske konfiguracije zračnog prostora.

Način na koji bi bilo najjednostavnije podijeliti centralni sektor bi bilo na pet dijelova koji postoje kao dio samog centralnog sektora, a to su visoki sjeverni centralni sektor 36 (LDZOHNC36), visoki sjeverni centralni sektor 37 (LDZOHNC37), najviši sjeverni centralni sektor (LDZOTNC), visoki zapadni centralni sektor (LDZOHWC) i najviši zapadni centralni sektor (LDZOTWC). Obzirom na to da LDZOHNC36 i LDZOHNC37 imaju smanjen vertikalni profil iz razloga što svaki sadrži samo jednu letnu razinu onda se može iz praktičnih razloga ta dva sektora spojiti kao jedan jedinstveni sektor koji bio imao oznaku LDZOHNC, pa bi u takvom slučaju centralni sektor se sastojao od četiri cjeline. Podjela vertikalnih granica prema letnim razinama za visoki i najviši sektor bi i dalje ostala ista. Na sljedećoj Slici 10 se može vidjeti izgled centralnog sektora koji bi bio dodatno podijeljen na konfiguraciju s četiri manja sektora.




*Slika 10 Sektorizacija centralnog sektora, [14]*

Na slici su različitim bojama označi različiti sektori koji su nastali nakon sektorizacije centralnog sektora. Plavom bojom je označen LDZOHWC, crvenom bojom LDZOHNC, tamno zeleno-plavom LDZOTNC i svijetlo zeleno-plavom bojom LDZOTWC.

Nakon što je napravljena sektorizacija treba provjeriti koliko sada iznosi broj letova i okupiranost sektora. Umjesto svih vikenda u sedmom AIRAC ciklusu za 2015. i 2016. godinu, uzet će se u obzir samo najopterećeniji vikend za centralni sektor kao reprezentativni uzorak za sve vikende u tom ciklusu za obje godine. U sljedećim tablicama jedino neće bit moguće vidjeti preopterećenost ova četiri sektora jer za njih nisu definirani volumeni zračnog prometa.

*Tablica 15 Broj letova i okupiranost četiri sektora 1*
*Izvor:[14]*

| AIRAC 1507 | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | LDZOHWC | | LDZOTWC | | LDZOHNC | | LDZOTNC | |
| Datum | Broj letova unutar sektora | | | | | | | |
| | Stvarna | Simuliran | Stvaran | Simuliran | Stvaran | Simuliran | Stvaran | Simuliran |
| 04.07. | 318 | 231 | 170 | 233 | 172 | 173 | 174 | 364 |
| 05.07. | 283 | 250 | 173 | 210 | 184 | 184 | 171 | 337 |
| | Najveća okupiranost sektora | | | | | | | |
| | Stvarna | Simulirana | Stvarna | Simulirana | Stvarna | Simulirana | Stvarna | Simulirana |
| 04.07. | 35 | 20 | 23 | 29 | 16 | 16 | 17 | 37 |
| 05.07. | 26 | 27 | 20 | 25 | 16 | 17 | 22 | 43 |

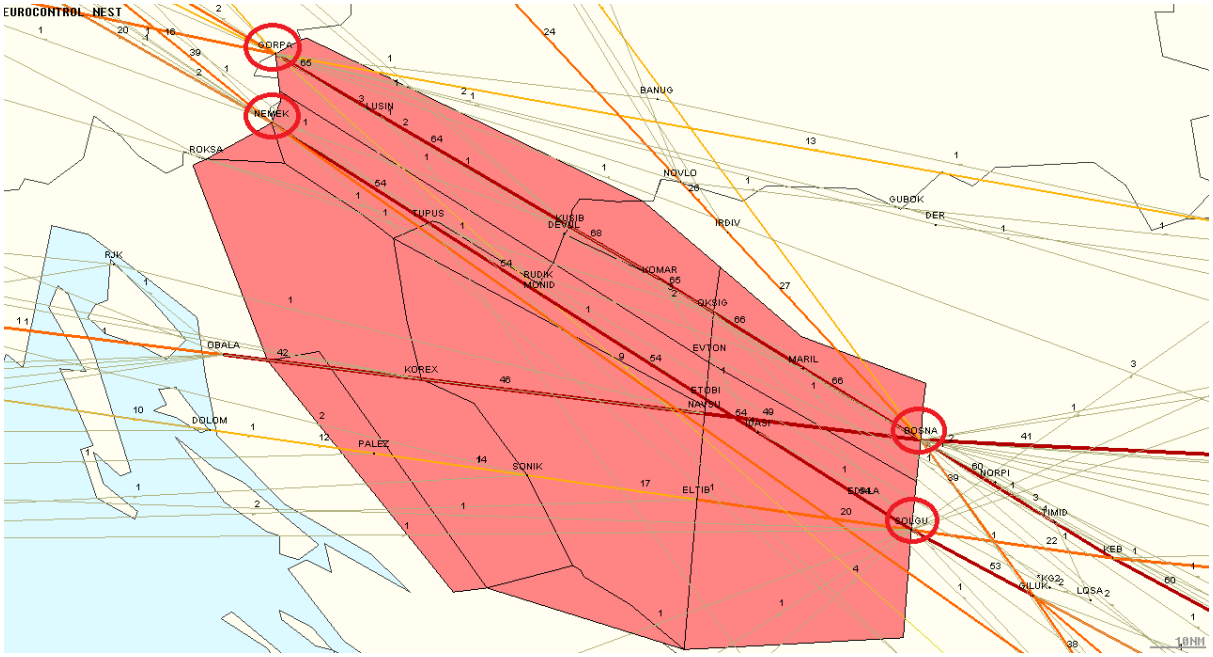
*Tablica 16 Broj letova i okupiranost četiri sektora 2*
*Izvor:[14]*

| AIRAC 1607 | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | LDZOHWC | | LDZOTWC | | LDZOHNC | | LDZOTNC | |
| Datum | Broj letova unutar sektora | | | | | | | |
| | Stvarna | Simuliran | Stvaran | Simuliran | Stvaran | Simuliran | Stvaran | Simuliran |
| 09.07. | 305 | 359 | 181 | 301 | 176 | 162 | 166 | 276 |
| 10.07. | 273 | 337 | 164 | 305 | 213 | 168 | 159 | 236 |
| | Najveća okupiranost sektora | | | | | | | |
| | Stvarna | Simulirana | Stvarna | Simulirana | Stvarna | Simulirana | Stvarna | Simulirana |
| 09.07. | 24 | 33 | 17 | 35 | 17 | 15 | 17 | 26 |
| 10.07. | 27 | 28 | 18 | 29 | 16 | 17 | 19 | 22 |

Prema Tablicama 15 i 16 vidi se jasna razlika između stvarnih i simuliranih vrijednosti, ali je ona sada u ovom slučaju osjetno manja zbog dodatne sektorizacije centralnog sektora. U slučaju za LDZOHWC sektor se može vidjeti da stvaran broj letova veći od simuliranih letova, a detaljnija analiza će bit prikazana pod poglavljem 6.

## 5.3 Uvođenje novih segmenata u centralni sektor

U prošla dva pod poglavlja je obrađena situacija prometne opterećenost i okupiranosti centralnog sektora i manjih sektora na koje bi se taj dio prostora mogao podijeliti. Ovo poglavlje će bit usmjereno na traženje i uvođenje nekih dodatnih ruta kako bi se rasteretili segmenti prometnih tokova koji povezuju četiri točke na ulazu i izlazu iz centralnog sektora. Dva segmenta koja su prometno najviše opterećena nalaze se između točaka GORPA-BOSNA i NEMEK-SOLGU. Segmenti koji se nalaze na tim prometnim tokovima spadaju u visoko opterećene segmente jer njihova opterećenost prelazi preko 40 letova po svakom segmentu, a njihova međusobna razdaljina iznosi otprilike 15 nautičkih milja. Sljedeća Slika 11 bolje prikazuje sve segmente koji prolaze kroz točke GORPA, BOSNA, NEMEK, SOLGU te se može onda jasno vidjeti da segmenti GORPA-BOSNA i NEMEK-SOLGU su više opterećeni od ostalih [14].

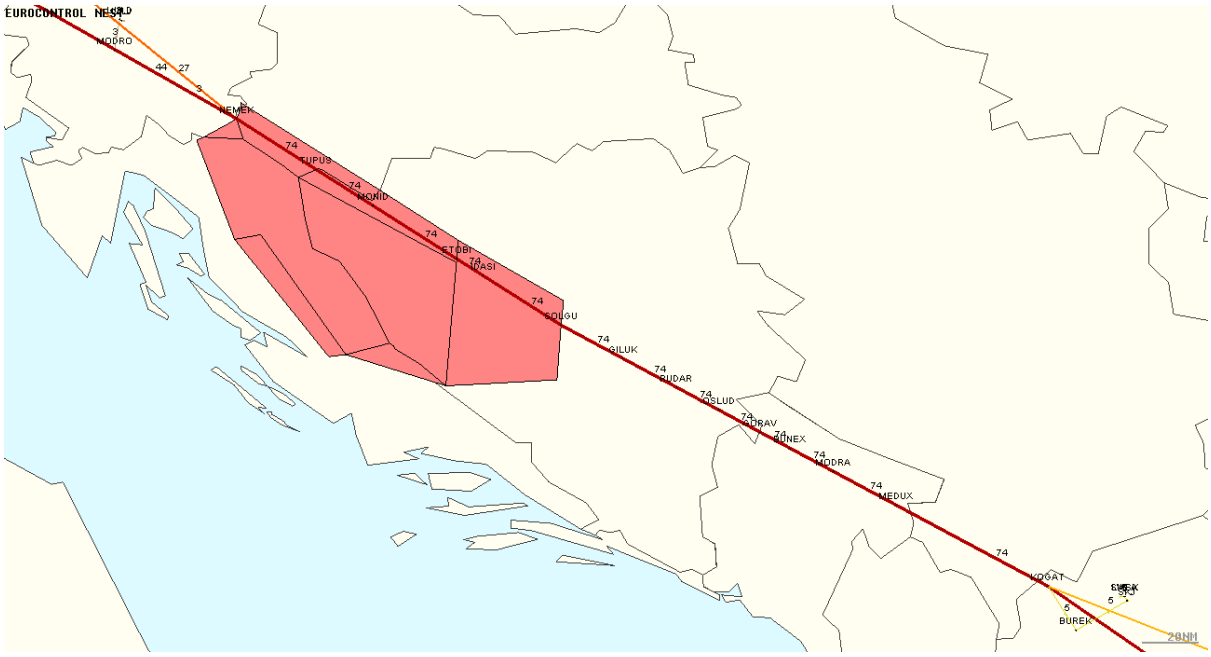



*Slika 11 Opterećenost segmenata unutar centralnog sektora 09.07.2016., [14]*

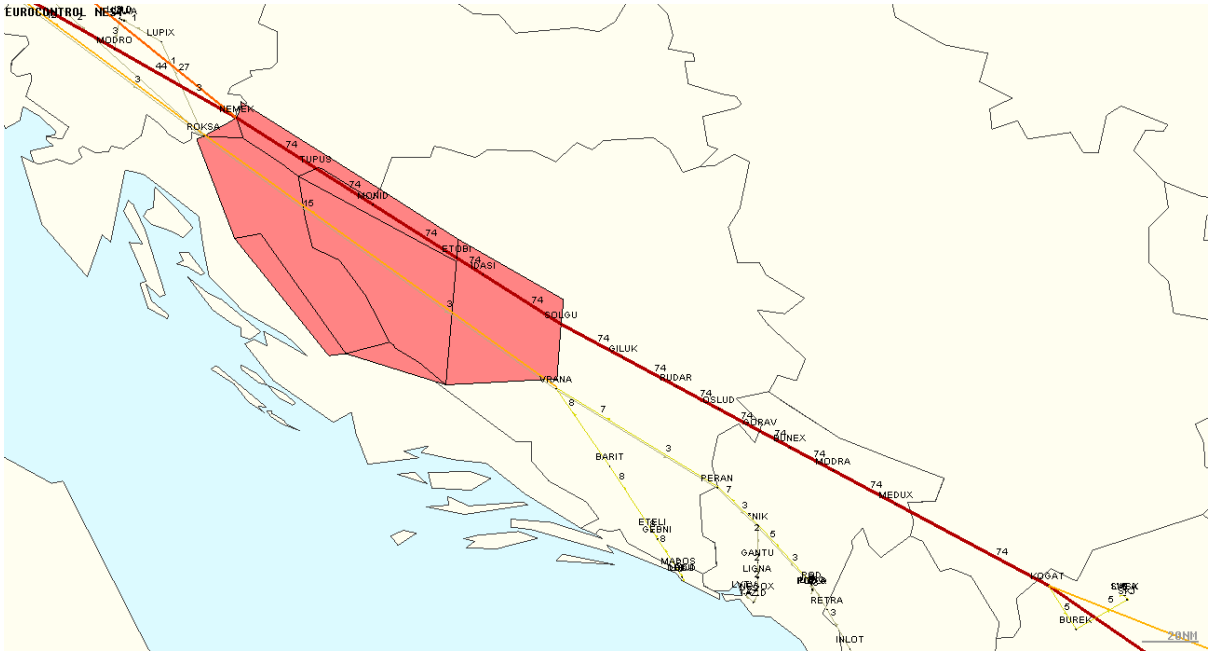
Gledajući mogućnost da se opterećenost na ovim segmentima smanji, trebalo bi razmotriti mogućnost uvođenja novih segmenata unutar centralnog sektora. Ako se još uzme u obzir dodatna sektorizacija centralnog sektora koja je spominjana u prošlom poglavlju onda prema tome u sektoru koji je nazvan LDZOHWC i LDZOTWC postoji mogućnost uvođenja još jednog segmenta koji bi preuzeo dio prometnog opterećenja umjesto segmenta NEMEK-SOLGU.

Sljedeći korak je ispitivanje mogućnosti uvođenja novog segmenta ili segmenata između točaka koji bi potencijalno moglo rasteretiti segment NEMEK-SOLGU. Točke koje su odabrane za novi segment su točke ROKSA-VRANA i SABAD-VRANA, a postavljeni su kao dvosmjerni segmenti. Osim ovih segmenata bit će dodani segmenti koji povezuju točku VRANA s točkama PERAN, NEPSI, DOLEV koje se nalaze u Crnoj Gori kako bi se bolje povezale rute koje idu prema Grčkoj, Turskoj i Cipru.

Nakon odrađene dvije simulacije s novim segmentima pokazalo se da postoji promet koji bi letio tim novim segmentima. Najveći učinak bi imao segment ROKSA-VRANA u oba smjera i segment VRANA-PERAN. U ovom slučaju najveći koristi ne bi imao promet koji leti prema gore navedenim zemljama već promet koji leti za destinacije u Hrvatskoj, Crnoj Gori i Albaniji. Na sljedeće dvije Slike 12 i 13 se može vidjeti međusobna usporedba situacije bez i s novim segmentom za sektor LDZOHWC i LDZOTWC.




*Slika 12 Prikaz stanje prije uvođenja novih segmenata, [14]*




*Slika 13 Prikaz stanja nakon uvođenja novih segmenata, [14]*

S uvođenjem novih segmenata u sektorima došlo je do pojave novog dodatnog broja letova na njima. Broj letova se kreće između 7 do 15 letova kroz sektor LDZOHWC i 7 letova za sektor LDZOTWC, dok na segmentu NEMEK-SOLGU nije zabilježen niti rast niti pad prometa, a u sljedećem poglavlju 6 će bit još dodatno analizirana ova prometna slika.

# 6. Analiza dobivenih rezultata i usporedba s postojećom konfiguracijom sektora

U ovom poglavlju će se analizirati rezultati dobivenih simulacija koja su povezana s temom rada te će se usporediti s postojećom konfiguracijom sektora.

Analiza podataka je pokazala da uvođenje centralnog sektora u zračni prostor je doprinijelo smanjenju opterećenja na zapadnom i sjevernom sektor. Isto tako pokazalo se da sam centralni sektor zbog svog položaja u zračnom prostoru ima znatnu razliku između stvarnog i simuliranog prometa koji prolazi kroz njega. Kod stvarnih i simuliranih letova u slučaju ostvarenih letova razlika iznosi od 202 do 334 leta, a kod okupiranosti sektora je razlika između 7 i 32 zrakoplova. Ovakva razlika upućuje da prometno opterećenje koje je bilo razdijeljeno na dva sektora sada se nalazi u samo jednom sektoru, te stoga bi bila poželjna dodatna sektorizacija zračnog prostora. Osim toga jedan od razloga zašto je velik razlika između stvarnih i simuliranih letova je ta da jedan dio prometa umjesto da leti kraćom rutom preko hrvatskog zračnog prostora u stvarnosti leti preko mađarskog zračnog prostora zbog manje naknade za usluge u kontroli zračnog prometa te se to na kraju vidi kao razlika između stvarnih i simuliranih letova [22].

Nakon provedbe dodatne sektorizacije i spajanja dva sektora u visokom sjevernom sektoru vide se poboljšanja u smanjenju prometne opterećenosti i okupiranosti sektora. Kada se pogledaju rezultati za AIRAC cikluse za 2015. i 2016. godinu i usporede s onima za najopterećeniji vikend u svakom ciklusu za stvarni i simulirani promet, može se vidjeti da je za AIRAC 1507 razlika broja letova unutar sektora s prosječnih 28% smanjila na 17%, a najveća okupiranost sektora je s prosječnih 29% pala na prosječnih 17,85%. Za slučaj AIRAC 1607 razlika broja letova unutar sektora je s prosječnih 35% pala na 25.5%, a najveća okupiranost sektora je pala s prosječnih 33% na 23,85%.

Dodatan podatak koji treba spomenuti vezano za usporedbu stvarni i simuliranih letova je taj da nakon sektorizacije je došlo do povećanja ukupnog broja stvarnih i simuliranih letova za sva četiri sektora u odnosu kada se gledao samo broj letova za centralni sektor. Razlog tomu je to što NEST broji ulaske zrakoplova u sektor kao ostvarene letove, a to znači da su neki stvarni i simulirani letovi zbog svojih vertikalnih i horizontalnih putanja ušli u dva ili više sektora od ova četiri koja zajedno čine centralni sektor, što je u konačnici rezultiralo većim brojem ulazaka odnosno većim brojem letova unutar tog dijela zračnog prostora. Ovo prividno povećanje broja letova ne kompromitira rezultate analize jer se svaki sektor treba gledati kao zasebna cjelina prilikom provođenja analiza.

Kod uvođenja novih segmenata unutar centralnog sektora, odnosno njegovog zapadnog dijela vidi se da bi novi segmenti imali manju prometnu opterećenost, ali njihovo uvođenje ne bi imalo utjecaja na segment NEMEK-SOLGU u vidu smanjenja njegovog opterećenja.

# 7. Zaključak

Nakon provođenja nekoliko različitih simulacija i odrađenih analiza mogu se izvesti slijedeći zaključci. Centralni sektor kao novi sektor i dio hrvatskog zračnog prostora ima opravdano uvođenje u vidu smanjenja prometnog opterećenja na zapadnom i sjevernom sektoru. Njegov potencijal kao glavni sektor za usmjeravanja prometa na pravcu sjeverozapad jugoistok je velik te će buduće povećanje prometne potražnje dodatno izraziti njegovu ulogu u zračnom prostoru.

Zbog velike prometne opterećenosti koju preuzima od strane zapadnog i sjevernog sektora postoji potreba da se ovaj sektor dodatno sektorizira na manje sektore koji bi se mogli koristiti u situacijama velike opterećenosti u sklopu novih sektorskih konfiguracija.

Osim toga poželjno bi bilo provesti dodatna istraživanja u vidu uvođenja novih segmenata u centralnom sektoru ili u hrvatskom zračnom prostoru koji bi rezultirali smanjenju opterećenja na glavnim prometnim tokovima posebno na segmentima koji su spominjani u poglavlju 5.3.

Obzirom na prognoze potražnje prometa u budućnosti trebalo bi i dalje kontinuirano raditi na rješenjima unutar upravljanja zračnim prostorom kako bi se zračni prostor mogao bolje prilagoditi potrebama  nadležnih jedinica kontrole zračnog prometa.

# Literatura


[1] URL: https://www.eurocontrol.int/articles/what-air-traffic-management (pristupljeno: lipanj 2016.)

[2] URL:http://www.aerostudents.com/files/airTransportation/airTrafficManagement.pdf (pristupljeno: lipanj 2016.)

[3] URL: http://www.eurocontrol.int/dossiers/single-european-sky (pristupljeno: lipanj 2016.)

[4] URL: http://www.eurocontrol.int/articles/flexible-use-airspace (pristupljeno: lipanj 2016.)

[5] URL: http://ec.europa.eu/transport/modes/air/single_european_sky/ses_2_en.htm (pristupljeno: lipanj 2016.)

[6] URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Single_European_Sky_ATM_Research (pristupljeno: lipanj 2016.)

[7] SESAR: *European ATM Master Plan*; The roadmap for sustainable Air Traffic Management; Edition 2, p. 5, 12, 17, 22, October 2012.

[8] URL: http://www.eurocontrol.int/dossiers/fabs (pristupljeno: lipanj 2016.)

[9] URL: http://ec.europa.eu/transport/modes/air/single_european_sky/fab/ (pristupljeno: lipanj 2016.)

[10] URL: http://www.eurocontrol.int/articles/firuir-charts (pristupljeno: lipanj 2016.)

[11] EUROCONTROL: *European Route Network Improvement Plan;* European Airspace Design Methodology – Guidelines, Part I, p. 7-15, 19-27, 168, November 2014.

[12] AIP Republike Hrvatske, (AIRAC AIP AMDT 006/2016), Hrvatska kontrola zračne plovidbe d.o.o., Zagreb, srpanj 2016.

[13] ENAV S.p.A.: *Italian Airspace Reorganization – Case Study*, February 2014

[14] EUROCONTROL: *Network Strategic Tool (*NEST*),* Version 1.5.1.14698, Copyright 2013-2016.

[15] EUROCONTROL: STATFOR and World factbook, 2015., URL : https://www.facebook.com/eurocontrol/?fref=ts (pristupljeno: srpanj 2016.)

[16] EUROCONTROL: *Performance review report* (PRR) 2011, Brusseles, 2012.

[17] EUROCONTROL: *Performance review report* (PRR) 2012, Brusseles, 2013.

[18] EUROCONTROL: *Performance review report* (PRR) 2013, Brusseles, 2014.

[19] EUROCONTROL: *Performance review report* (PRR) 2014, Brusseles, 2015.

[20] EUROCONTROL: *Performance review report* (PRR) 2015, Brusseles, 2016.

[21] EUROCONTROL: NEST *User Guide Version 1.5.1*, Copyright 2013-2016.

[22] Hačić, M.: *Analiza zračnog prometa u Hrvatskoj za ljetnu sezonu 2014. godine.*, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2016.

# Popis kratica

| | |
|---|---|
| ACC | (*Area Control Center*) centar oblasne kontrole |
| AIP | (*Aeronautical Information Publication*) Zbornik zrakoplovnih informacija |
| AIRAC | (*Aeronautical Information Regulation And Control*) zrakoplovni podaci o propisima i kontroli |
| ALRS | (*Alerting Service*) usluge uzbunjivanja |
| ANS | (*Air Navigtion Services*) usluge u zračnoj plovidbi |
| ANSP | (*Air Navigation Service Provider*) pružatelj usluga u zračnoj plovidbi |
| APP | (*Approach Control Unit*) jedinica prilazne kontrole zračnog prometa |
| ARN | (*ATS Route Network*) mreža ATS ruta |
| ATC | (*Air Traffic Control*) kontrola zračnog prometa |
| ATFCM | (*Air Traffic Flow and Capacity Management*) upravljanja protokom i kapacitetom zračnog prometa |
| ATM | (*Air Traffic Management*) upravljanje zračnim prometom |
| ATS | (*Air Traffic Services*) operativne usluge u zračnom prometu |
| CBA | (*Cross Border Area*) prekogranično područje |
| CDR | (*Conditional Rutes*) kondicionalne rute |
| CTA | (*Control Area*) kontrolirani zračni prostor |
| CTR | (*Control Zone*) kontrolirana zona |
| EASA | (*European Aviation Safety Agency*) Europska agencija za sigurnost zračnog prometa |
| ECAC | (*European Civil Aviation Conference*) Europska konferencija o civilnom zrakoplovstvu |
| EUIR | (*European Upper Fligh Information Region*) europsko gornje područje letnih informacija |
| FAB | (*Functional Airspace Block*) funkcionalni blok zračnog prostora |
| FIR | (*Flight Information Region*) područje letnih informacija |
| FIS | (*Flight Information Service*) usluge letnih informacija |
| FRA | (*Free Route Airspace*) zračni prostor slobodnih ruta |
| FUA | (*Flexible Use of Airspace*) koncept fleksibilnog korištenje zračnog prostora |
| GAT | (*General Air Traffic*) opći zračni promet |
| ICAO | (*International Civil Aviation Organisation*) organizacija međunarodnog civilnog zrakoplovstva |
| IFR | (*Instrument Flight Rules*) pravila instrumentalnog letenja |
| IMC | (*Instrument Meteorological Conditions)* meteorološki uvjeti za instrumentalno letenje |
| NM | (*Network Manager*) mrežni upravitelj |
| NSA | (*National Supervisory Authorities)* nacionalne nadzorno tijelo |
| PBN | (*Performance Based Navigation)* navigacija temeljena na performansama |
| PCA | (*Prior Coordination Airspace)* zračni prostor prethodne koordinacije |
| PRB | (*Performance Review Body)* tijelo za praćenje učinkovitosti |
| RCA | (*Reduced Coordination Airspace)* zračni prostor smanjenje koordinacije |

| | |
|---|---|
| RVSM | (*Reduced Vertical Separation Minimum)* prostora smanjenog minimuma vertikalnog razdvajanja |
| SES | (*Single European Sky*) Jedinstveno europsko nebo |
| SESAR | (*Single European Sky ATM Research)* istraživanje o upravljanju zračnim prometom jedinstvenog europskog neba |
| SWIM | (*System Wide Information Management)* sustav upravljanja široko dostupnih informacija |
| TMA | (*Terminal Area*) završna kontrolirana oblast |
| TRA | (*Temporary Reserved Area)* privremeno rezervirano područje |
| TSA | (*Temporary Segregated Area)* privremeno odvojeno područje |
| TWR | (*Aerodrome Control Tower)* jedinica aerodromske kontrole leta |
| VFR | (*Visual Flight Rules)* pravila vizualnog letenja |
| VMC | (*Visual Meteorological Conditions)* meteoroloških uvjeti vizualnog letenja |

# Popis slika

Slika 14 Prikaz FAB-ova u Europi

Slika 15 Donji dio zračnog prostora članica EUROCONTROL-a

Slika 16 Gornji dio zračnog prostora članica EUROCONTROL-a

Slika 17 Lijevo izgled prije reorganizacije, desno izgled nakon reorganizacije

Slika 18 Područje nadležnosti ACC Zagreb

Slika 19 Opterećenost prometnih tokova kroz hrvatski zračni prostor 18.07.2015.

Slika 20 Opterećenost prometnih tokova kroz hrvatski zračni prostor 16.07.2016.

Slika 21 Konfiguracija prostora s LDZOTHW i LDZOTHN

Slika 22 Konfiguracija prostora s LDZOTHWW, LDZOTHC i LDZOTHNN

Slika 23 Sektorizacija centralnog sektora

Slika 24 Opterećenost segmenata unutar centralnog sektora 09.07.2016

Slika 25 Prikaz stanje prije uvođenja novih segmenata

Slika 26 Prikaz stanja nakon uvođenja novih segmenata

# Popis tablica

Tablica 17 Prikaz broja letova za neke zemlje Europe

Tablica 18 Prikaz prometa i kašnjenja po godinama za hrvatski zračni prostor

Tablica 19 Usporedba prosječnog rasta prometa Hrvatska i Europa

Tablica 20 Prikaz broja letova za period 29.06.-19.07.

Tablica 21 Prikaz letova između parova zemalja 18.07 2015. SZ-JI

Tablica 22 Prikaz letova između parova zemalja 16.07.2016. SZ-JI

Tablica 23 Prikaz letova između parova zemalja 18.07.2015. JI-SZ

Tablica 24 Prikaz letova između parova zemalja 16.07.2016 JI-SZ

Tablica 25 Opterećenje po volumenima zračnog prometa (AIRAC 1507)

Tablica 26 Opterećenje po volumenima zračnog prometa (AIRAC 1607)

Tablica 27 Prikaz letova i okupiranost centralnog sektora 1

Tablica 28 Prikaz letova i okupiranosti centralnog sektora 2

Tablica 29 Preopterećenost centralnog sektora 1

Tablica 30 Preopterećenost centralnog sektora 2

Tablica 31 Broj letova i okupiranost četiri sektora 1

Tablica 32 Broj letova i okupiranost četiri sektora 2

**METAPODACI**

**Naslov rada:** Simulacija uvođenja centralnog sektora u prostor nadležnosti ACC Zagreb

**Student:** Nikola Sikirić

**Mentor:** doc. dr. sc. Biljana Juričić

**Naslov na drugom jeziku (engleski):**

Simulation of Implementation of Central Sector within Zagreb ACC Area of Responsibility

**Povjerenstvo za obranu:**

- **Izv.prof.dr.sc. Doris Novak** predsjednik
- **doc. dr. sc. Biljana Juričić** mentor
- **dr.sc. Tomislav Radišić** član
- **doc.dr.sc. Anita Domitrović** zamjena

**Ustanova koja je dodijelila akademski stupanj:** Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu

**Zavod:** **Aeronautike**

**Vrsta studija:** diplomski

**Studij:** **Aeronautika**

**Datum obrane diplomskog rada:** **27. rujan 2016.**

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj diplomski rad isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu diplomskog rada pod naslovom **Simulacija uvođenja centralnog sektora u prostor nadležnosti ACC Zagreb** na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 9/16/2016

Student/ica:

(potpis)