

# Utjecaj promjene vertikalne granice CTR-a Lučko na pokazatelje zračnog prometa u TMA Zagreb

---

Jerinić, Kristina

Master's thesis / Diplomski rad

2018

*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:119:555165>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-03**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -  
Institutional Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**Kristina Jerinić**

**UTJECAJ PROMJENE VERTIKALNE GRANICE CTR**  
**LUČKO NA POKAZATELJE ZRAČNOG PROMETA U**  
**TMA ZAGREB**

**DIPLOMSKI RAD**

**Zagreb, 2018.**

Zagreb, 6. travnja 2018.

Zavod: **Zavod za aeronautiku**  
Predmet: **Upravljanje kapacitetom i protokom zračnog prometa**

## DIPLOMSKI ZADATAK br. 4880

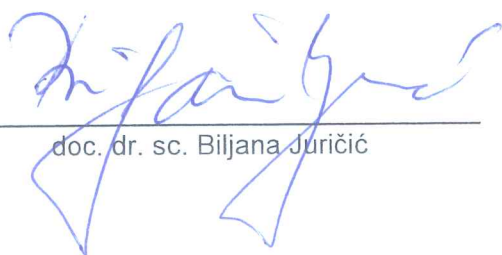
Pristupnik: **Kristina Jerinić (0135231714)**  
Studij: **Aeronautika**

Zadatak: **Utjecaj promjene vertikalne granice CTR-a Lučko na pokazatelje zračnog prometa u TMA Zagreb**

### Opis zadatka:

Uvodno navesti cilj, teze i djelokrug istraživanja. Obraditi sustav upravljanja zračnim prometom u Hrvatskoj. Objasniti konfiguraciju zračnog prostora TMA Zagreb i CTR Lučko. Statistički obraditi prometne podatke CTR-a Lučko i pokazatelje zračnog prometa u TMA Zagreb. Modificirati vertikalnu granicu prostora CTR Lučko. Simulirati zračni promet nakon promjene vertikalne granice. Analizirati utjecaj promjene CTR-a Lučko na pokazatelje zračnog prometa u TMA Zagreb. Dati zaključna razmatranja.

Mentor:



---

doc. dr. sc. Biljana Juričić

Predsjednik povjerenstva za  
diplomski ispit:

---

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

## **DIPLOMSKI RAD**

**UTJECAJ PROMJENE VERTIKALNE GRANICE CTR LUČKO  
NA POKAZATELJE ZRAČNOG PROMETA U TMA ZAGREB**

**EFFECT OF CHANGES IN VERTICAL BOUNDARY OF CTR  
LUČKO ON AIR TRAFFIC INDICATORS IN TMA ZAGREB**

Mentor: Doc. dr. sc. Biljana Juričić  
Student: Kristina Jerinić, univ. bacc. ing. aeronaut.

Zagreb, 2018.

## ZAHVALA

*Posebnu zahvalu upućujem mentorici doc. dr. sc. Biljani Juričić zbog profesionalnog vođenja te korisnih uputa i savjeta za izradu ovog diplomskog rada. Također, moram spomenuti osobe koje su pridonijele izradi rada – dr. sc. Tomislav Radišić, mag. ing. aeronaut. Bruno Antulov-Fantulin, dr. sc. Anita Domitrović te mag. ing. aeronaut. Petar Andrašić – te i njima upućujem veliku zahvalu za spremnost na pomoć i izdvojeno vrijeme. Zahvaljujem i svim ostalim profesorima Zavoda za aeronautiku Fakulteta prometnih znanosti na prenesenom znanju unutar ovih 5 godina fakultetskog obrazovanja.*

*Zahvaljujem Hrvatskoj kontroli zračne plovidbe na ustupljenim podacima bez kojih ovaj rad i analize ne bi bile moguće. Posebne zahvale upućujem gospođi Verici Deriš, instruktorici aerodromske kontrole zračnog prometa i nadležnoj rukovoditeljici na aerodromskom kontrolnom tornju Zagreb, na statističkim podacima o prometu te gospodinu Aleksandru Jaziću, instruktoru prilazne radarske kontrole zračnog prometa u zračnom prostoru TMA Zagreb, na iznimnoj susretljivosti, velikoj pomoći i stručnom mišljenju.*

*Zahvaljujem studentima Fakulteta prometnih znanosti, bivšim i sadašnjim, na pomoći tijekom studiranja, ali i u samom procesu pisanja ovog rada. Posebno zahvaljujem svojoj generaciji i prijateljima koji su mi olakšali cijelo studiranje te ga učinili zabavnim.*

*Najveće hvala upućujem svojoj obitelji koja mi je uvijek najveći oslonac. Roditeljima, djedu i baki, zahvaljujem na iznimnoj brizi i potpori te omogućavanju ovog fakultetskog obrazovanja. Također, zahvaljujem svom bratu koji je uz potporu davao i svoja stručna znanja i ideje koje su uvelike olakšale studiranje.*

*„A college degree is not a sign that one is a finished product, but an indication a person is prepared for life.“*

## SAŽETAK

Svake godine raste broj zračnih operacija te se povećava broj korisnika zračnog prostora. Trenutna organizacija zračnog prostora u Republici Hrvatskoj, posebno prostori namijenjeni generalnom zrakoplovstvu, postaju ograničavajući za njihove operacije te su u velikoj mjeri podređeni komercijalnom zrakoplovstvu. S obzirom da prometu unutar kontrolirane zone Lučko često nisu odobrene sve dostupne visine, u ovom radu su pokazani utjecaji promjene vertikalne granice kontrolirane zone Lučko na pokazatelje zračnog prometa u završno kontroliranom prostoru TMA Zagreb putem simulacija u programu NEST. Također su prikazani utjecaji na rad kontrolora zračnog prometa.

KLJUČNE RIJEČI: zračni prostor, indikatori zračnog prometa, NEST

## SUMMARY

Number of air traffic operations and number of airspace users are increasing with every year. Current airspace organization in Republic of Croatia, especially airspaces intended for general air traffic, is limiting its operations and are also subordinated to commercial air traffic. Considering that all the available altitudes for air traffic within control zone Lučko usually don't get approved, this paper shows the effects of the changes in vertical boundary of control zone Lučko on air traffic indicators in the terminal area Zagreb by means of simulations in the NEST programme. Also, there are effects on the air traffic controllers shown later in the paper.

KEY WORDS: airspace, air traffic indicators, NEST

## Sadržaj

1.	Uvod .....	1
2.	Sustav upravljanja zračnim prometom u Hrvatskoj .....	2
2.1.	Nadležne vlasti i organizacije .....	3
2.2.	Podjela zračnog prostora.....	4
2.3.	Klasifikacija zračnog prostora .....	6
2.4.	Organizacija zračnog prostora .....	7
3.	Konfiguracija zračnog prostora TMA Zagreb i CTR Lučko.....	9
3.1.	Zračni prostor Republike Hrvatske .....	9
3.2.	Klase hrvatskog zračnog prostora .....	10
3.3.	Sektori hrvatskog zračnog prostora .....	12
3.4.	Odnos TMA i CTR.....	12
3.5.	CTR Zagreb.....	12
3.5.1.	Odlazne i prilazne procedure CTR Zagreb .....	13
3.5.2.	Promet u CTR Zagreb.....	14
3.6.	CTR Lučko .....	14
3.7.	TMA Zagreb .....	15
4.	Statistički podaci prometa.....	18
4.1.	Promet CTR Lučko .....	18
4.1.1.	Flota i karakteristike zrakoplova HZNS-a.....	19
4.1.2.	Flota i karakteristike zrakoplova Zrakoplovne jedinice specijalne policije MUP-a Republike Hrvatske.....	20
4.1.3.	Flota i karakteristike zrakoplova bivše 94. zrakoplovne baze Lučko .....	22
4.2.	Ulazak i izlazak zrakoplova u/iz CTR Lučko .....	23
4.3.	Pilotažne zone unutar CTR Lučko .....	25
4.4.	Promet TMA Zagreb .....	26
4.4.1.	Flota i karakteristike zrakoplova Croatia Airlines .....	27
4.4.2.	Flota i karakteristike zrakoplova HRZ-a .....	28
4.5.	Ulazak i izlazak zrakoplova u/iz TMA Zagreb.....	29
4.6.	Promet CTR Zagreb.....	33
4.7.	Broj zrakoplova u CTR Lučko i TMA Zagreb.....	34
4.7.1.	Statistika prometa TMA Zagreb.....	35
4.7.2.	Statistika prometa CTR Lučko.....	37

5.	Simulacija zračnog prometa nakon promjene vertikalne granice CTR Lučko .....	39
5.1.	Simulacijski program NEST .....	39
5.2.	Pokazatelji zračnog prometa .....	39
5.3.	Simulacija zračnog prostora .....	40
6.	Analiza utjecaja promjene vertikalne granice CTR Lučko .....	45
7.	Zaključak .....	53
	Literatura .....	54
	Popis tablica .....	56
	Popis slika .....	57
	Prilog 1 .....	59
	Prilog 2 .....	63
	Prilog 3 .....	65



## 1. Uvod

Organizacija zračnog prostora je jedan od najvažnijih čimbenika kod planiranja zračnog prometa. Zbog sve većih zahtjeva korisnika, raspoloživi zračni prostor se mora iskoristiti maksimalno na najbolji mogući način održavajući pri tome određenu razinu sigurnosti. Svaka promjena zračnog prostora znači i promjene ruta zrakoplova, promjene u trajanjima letova, potrošnji goriva te emisijama ispušnih plinova. Također, promjene ruta zrakoplova uzrokuju i promjenu konfliktnih situacija i radnih opterećenja kontrolora zračnog prometa.

Hrvatski zračni prostor dijele komercijalni i vojni zrakoplovi, ali i generalno zrakoplovstvo koje, u slučaju kontrolirane zone Lučko, u najvećoj mjeri čine studenti Fakulteta prometnih znanosti smjera civilni pilot te rekreativni zrakoplovci koji zahtijevaju određeni zračni prostor s posebnim uvjetima letenja, odvojen od ostalog prometa za izvođenje svojih operacija.

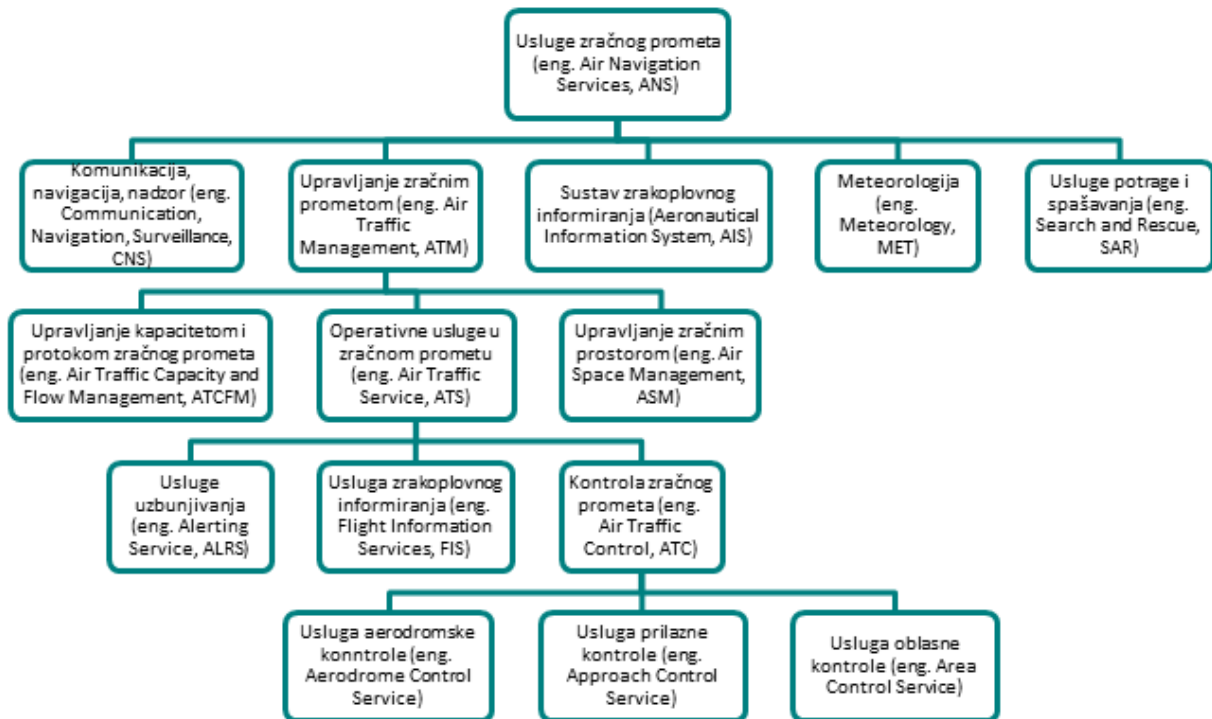
Prostor kontrolirane zone Lučko se koristi za vježbanje polijetanja, slijetanja, izvođenja školskih krugova, no i drugih manevara za koje su definirane i pilotažne zone unutar same zone Lučko. Geografskim smještajem i visinom, kontrolirana zona Lučko pripada u prostor završnog kontroliranog područja Zagreb čime su promet u ta dva prostora neizbježno ovisna jedan o drugome.

Neslužbena mišljenja pilota koji koriste prostor kontrolirane zone Lučko za početnu fazu školovanja na zrakoplovima dovela su do zaključka da u prostoru kontrolirane zone Lučko postoji zahtjev za promjenom, tj. povišenjem, vertikalne granice prostora. Piloti u ovom prostoru često nailaze na problem s visinom leta te rijetko kada dostižu graničnu visinu leta koja iznosi 2500 ft. Naime, komercijalni promet koji slijeće na ili polijeće sa Zračne luke Franjo Tuđman u Zagrebu u određenom postotku prolazi i iznad samog prostora zone Lučko, obično na 3000 ft kod slijetanja, te utječe na promet na nižim visinama. S obzirom da se komercijalni promet sastoji od velikih zrakoplova, najčešće kategorija vrtložnih turbulencija „medium“ ili „heavy“, manji zrakoplovi koji su u prostoru kontrolirane zone Lučko ne mogu sigurno letjeti samo 500 ft ispod njih.

Diplomski rad „Utjecaj promjene vertikalne granice CTR Lučko na pokazatelje zračnog prometa u TMA Zagreb“ je napravljen s ciljem prikaza u kojoj mjeri bi promjena vertikalne granice kontrolirane zone Lučko utjecala na komercijalni promet u prostoru završno kontroliranom prostoru Zagreb i kako bi se razmotrila mogućnost povišenja te granice u svrhu otvorenja većeg prostora za VFR operacije svih korisnika prisutnih u prostoru kontrolirane zone Lučko.

## 2. Sustav upravljanja zračnim prometom u Hrvatskoj

Sustav upravljanja zračnim prometom (eng. Air Traffic Management, ATM) je skup funkcija u zrakoplovu i na zemlji potrebnih radi osiguranja sigurnog i učinkovitog kretanja zrakoplova tijekom svih faza operacija zrakoplova [1].



Slika 1: Hijerarhija usluga u zračnom prometu

Usluge zračnog prometa ovise o pružatelju zrakoplovnih usluga (eng. Air Navigation Service Provider, ANSP). Svaki pružatelj usluga ima postojanu i razrađenu hijerarhiju usluga (slika 1). U Hrvatskoj, nacionalni pružatelj zrakoplovnih usluga je Hrvatska kontrola zračne plovidbe (HKZP). Organizacija je službeno osnovana 1999. godine te je od tada nadležna za sav zračni prostor Republike Hrvatske te izvan granica države prema dogovoru s nadležnim vlastima i susjednim državama.

Upravljanje kapacitetom i protokom zračnog prometa je funkcija uspostavljena u svrhu podrške odvijanja sigurnog, redovitog i ubrzanog protoka zračnog prometa uz maksimalno korištenje kapaciteta kontrole zračnog prometa i uz opseg prometa sukladan kapacitetima koje su objavili određeni pružatelji usluga kontrole zračnog prometa. Upravljanje zračnim prostorom je funkcija planiranja čiji je primarni cilj maksimiziranje uporabe raspoloživoga zračnog prostora putem dinamične raspodjele vremena korištenja i, povremeno, raspodjelom zračnog prostora između različitih kategorija korisnika zračnog prostora na temelju kratkoročnih potreba [1].

## 2.1. Nadležne vlasti i organizacije

Hrvatski promet je pod nadležnošću Ministarstva pomorstva, prometa i infrastrukture koje je osnovalo organizacije posebno za rješavanje pitanja vezanih uz civilno zrakoplovstvo. Također, zračni promet nije isključivo civilni te se stoga poštuju i propisi Ministarstva obrane (MORH) te Hrvatskog ratnog zrakoplovstva (HRZ).

S obzirom da je Hrvatska članica Organizacije za međunarodno civilno zrakoplovstvo (eng. International Civil Aviation Organization, ICAO), Europske konferencije civilnog zrakoplovstva (eng. European Civil Aviation Conference, ECAC), Europske agencije za zrakoplovnu sigurnost (eng. European Aviation Safety Agency, EASA) te Europske organizacije za sigurnost zračne plovidbe (eng. EUROCONTROL), dužna je poštivati i njihova pravila i propise.

Navedene vlasti i organizacije moraju biti usklađene u svojim propisima i preporukama. Glavni cilj svih vlasti i organizacija vezanih za zračni promet je održanje sigurnosti prateći stalni porast prometa te održavajući redovan i efikasan zračni promet.

### 2.1.1. Ministarstvo pomorstva, prometa i infrastrukture (MPPI)

Ministarstvo pomorstva, prometa i infrastrukture je nadležna vlast za sve oblike prometa Republike Hrvatske. U svom posebnom odjelu za zračni promet donosi zakone i propise koji će se primjenjivati u cjelokupnom hrvatskom zračnom prostoru. Četiri su glavna dokumenta koja određuju upravljanje zračnim prometom u Hrvatskoj: Zakon o zračnom prometu (NN 69/09), Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o zračnom prometu (NN 92/14), Pravilnik o dozvolama, ovlaštenjima i posebnim ovlastima kontrolora zračnog prometa (NN 75/13) te Pravilnik o letenju zrakoplova (NN 32/18) [1].

### 2.1.2. Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo (HACZ)

MPPI je Zakonom o izmjenama i dopunama Zakona o zračnom prometu osnovao Hrvatsku agenciju za civilno zrakoplovstvo (eng. Croatian Civil Aviation Agency, CCAA). Agencija je s radom počela 9. ožujka 2009. godine te se bavi poslovima vezanim za sigurnost zračnog prometa, certificiranje, nadzor i inspekciju s ciljem osiguranja kontinuiranog udovoljavanja zahtjevima za obavljanje zračnog prijevoza i drugih djelatnosti u zračnom prometu. Također, zadužena je za vođenje propisanih registara i evidencija te drugih poslova utvrđenih Zakonom [2].

Agencija obavlja i upravne te stručne poslove kao Nacionalno nadzorno tijelo (eng. National Supervisory Authority, NSA) koji se odnose na certifikaciju pružatelja usluga u zračnoj plovidbi i organizacija za osposobljavanje, nadzor i inspekciju u područjima ATS-a, ATM-a i ATFM-a, AIS-a i zrakoplovne meteorologije i CNS-a. Također, provodi nadzor nad pružateljem usluga u zračnoj

plovidbi po pitanju otvorenosti i transparentnosti troškova rutnih i terminalnih usluga i politici obračuna naknada [3].

#### **2.1.2.1. Hrvatska kontrola zračne plovidbe (HKZP)**

Hrvatska kontrola zračne plovidbe je trgovačko društvo, osnovano 1998. godine, koje radi u skladu s propisima Republike Hrvatske, Europske unije, ICAO-a te EUROCONTROL-a. Osnovna zadaća HKZP-a je pružanje usluga u zračnoj plovidbi osiguravajući najviši mogući stupanj sigurnosti. Certificirana je za pružanje usluga ATS, CNS, AIS i MET te za školovanje kontrolora zračnog prometa [4].

HKZP kroz svoje sektore radi kontrolu zračnog prometa, procjenu sigurnosti, upravljanje sigurnošću, mjerenje meteoroloških uvjeta, koordinaciju s upraviteljem mreže (eng. Network Manager, NM), civilno-vojnu koordinaciju, pružanje letnih informacija i ostale bitne funkcije za održanje prometa civilnog i vojnog zrakoplovstva.

## **2.2. Podjela zračnog prostora**

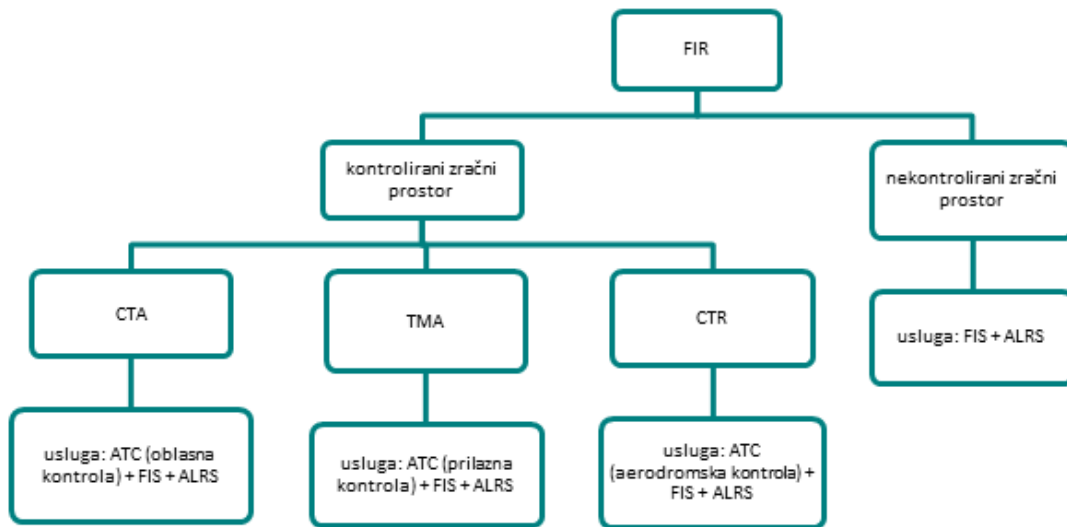
Svjetski zračni prostor je podijeljen u seriju područja letnih informacija (eng. Flight Information Region, FIR) koji međusobno graniče. Pružana usluga u tim prostorima ovisi o područjima koje pokrivaju. Kopnena područja općenito imaju pružanu uslugu kontrole zračnog prometa, dok oceanska područja imaju samo letne informacije o prometu i usluge uzbunjivanja.

Prema ICAO Annex-u 11, Usluge u zračnom prometu (eng. Air Traffic Services, ATS), zračni prostor se dijeli na područje letnih informacija (eng. Flight Information Region, FIR), kontrolirani prostor (eng. Control Area, CTA), kontrolirana zona (eng. Control Zone, CTR) i kontrolirani aerodromi (eng. Controlled Aerodromes) (slika 2).

Područje letnih informacija je zračni prostor definiranih dimenzija gdje se pružaju minimalno usluge letnih informacija (eng. Flight Information Service, FIS) i uzbunjivanje (eng. Alerting Service, ALRS). Područje uključuje kontrolirane prostore (eng. Controlled Airspace), nekontrolirane prostore (eng. Uncontrolled Airspace) i posebno regulirane prostore (eng. Restricted Area). Granica FIR-a obično prati državne granice, no moguća su odstupanja ukoliko dođe do dogovora između susjednih zemalja iz praktičnih razloga.

Kontrolirana područja su zračni prostori određenih dimenzija koji sadrže zračne puteve i završno kontrolirana područja (eng. Terminal Area, TMA) te su namijenjena zrakoplovima u rutnom letenju (eng. en route, ENR). Donja granica kontroliranog prostora je minimalno visina od minimalno 700 ft iznad terena izvan područja CTR, a gornja granica može biti definirana ili neograničena.

Završno kontrolirano područje (eng. Terminal Control Area, TMA) je dio CTA određenih dimenzija koje nadvisuje jedan ili više CTR prostora. Područje sadrži standardne instrumentalne postupke dolazaka (STAR) i odlazaka (SID). Oblik i lateralne granice ovise o broju ulaznih/izlaznih točaka, visini terena, državnim granicama, radio-navigacijskim sredstvima, broju pokrivenih aerodroma, broju ruta, okolišu, ATC procedurama... Donja granica TMA je definirana kao donja granica CTA, dok gornja mora biti posebno definirana.



Slika 2: Podjela FIR-a

Kontrolirana zona je zračni prostor oko kontroliranog aerodroma namijenjen zaštiti dolaznog i odlaznog prometa. Lateralne granice se pružaju od minimalno 5 NM od centra aerodroma u smjeru iz kojeg se odvijaju prilazi za slijetanje, a vertikalno je prostor definiran od površine zemlje do definirane gornje granice. Kontrolirana zona je ujedno i prostor koji nije u cijelosti dio kontroliranog područja (CTA).

Aerodromska prometna zona (eng. Aerodrome Traffic Zone, ATZ) je zračni prostor određenih dimenzija oko aerodroma no, za razliku od CTR, ne sadrži zračne puteve dolaznih i odlaznih IFR letova. Zona je namijenjena VFR letovima te pripada nekontroliranom zračnom prometu klasa F ili G.

Kontrolirani aerodrom (eng. Controlled Aerodrome) je aerodrom na kojem se pružaju usluge zračnog prometa (ATC service) aerodromskom prometu. Ovakvi aerodromi se smatraju dijelom zračnog prostora zbog svojih manevarskih površina (uzletno-sletna staza; eng. runway, RWY i staza za vožnju; eng. Taxiway, TWY). Oko njih se uvijek uspostavlja CTR.

Nekontrolirani zračni prostor (eng. Uncontrolled Airspace) je svaki zračni prostor koji je izvan kontroliranog i ispod njegove donje granice ili iznad njegove gornje granice gdje usluge zračnog prometa nisu pružane.

### 2.3. Klasifikacija zračnog prostora

Svaki zračni prostor je klasificiran prema razini usluga kontrole zračnog prometa koja se u njemu pruža. Osnovnu podjelu i kriterije je definirao ICAO te zemlje članice većinom koriste te smjernice za određivanje klasa svojih zračnih prostora, no mogu se pojaviti i odstupanja ovisno o zemlji i njenim zakonima i pravilama.

Klase kakvima ih je ICAO definirao su nastale 12. ožujka 1990. godine te definiraju pravila letenja te interakciju kontrole zračnog prometa i pilota zrakoplova. Četiri su glavna kriterija po kojima su ove klase određene: razdvajanje zrakoplova, odobrenja kontrole zračnog prometa, informacije o prometu te pravila letenja (instrumentalno ili vizualno) (tablica 1). Postoje i ostale značajke pojedinih klasa kao što su ograničenja brzine, minimalni meteorološki uvjeti za VFR let i radio-komunikacija (tablica 2).

Tablica 1: Podjela zračnog prostora po ICAO klasama [5]

KLASA	PRUŽANA ATS USLUGA	TIP LETA	ATC ODOBRENJA	RAZDVAJANJA	INFORMACIJE O PROMETU
A	ATC	IFR	zahtjevaju svi zrakoplovi	svi letovi	nije primjenjivo
B	ATC	IFR, VFR, SVFR	zahtjevaju svi zrakoplovi	svi letovi	nije primjenjivo
C	ATC	IFR, VFR, SVFR	zahtjevaju svi zrakoplovi	IFR/SVFR od IFR/SVFR/VFR	za sve VFR letove
D	za IFR – ATC i informacije o VFR prometu za VFR – informacije o IFR i VFR prometu savjetovanja za obje vrste na zahtjev	IFR, VFR, SVFR	zahtjevaju svi zrakoplovi	IFR/SVFR od IFR/SVFR	za sve IFR i VFR letove
E	za IFR – ATC i informacije o VFR prometu za VFR – informacije o prometu	IFR, VFR, SVFR	nužno za IFR letove	IFR/SVFR od IFR/SVFR	za sve IFR i VFR letove gdje je moguće
F	za IFR – savjetodavne usluge i letne informacije za VFR – letne informacije (FIS)	IFR, VFR	nisu potrebna, samo savjeti	IFR/SVFR od IFR/SVFR savjet o razdvajanju ako je potrebno	pružano gdje je moguće ako je zatraženo
G	letne informacije (FIS)	IFR, VFR	nisu nužna, ne pruža	ne pruža	pružano gdje je moguće ako je zatraženo

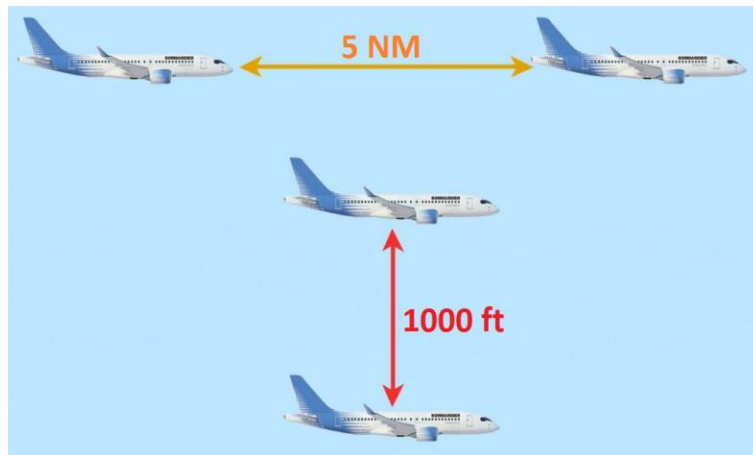
Tablica 2: Dodatne karakteristike klasa zračnog prometa [5]

KLASA	RADIO-KOMUNIKACIJA	OGRANIČENJA BRZINE	MINIMALNI UVJETI ZA VFR LETENJE
A	konstantna, dvosmjerna	nisu propisane	nije primjenjivo za IFR letove VFR letovi nisu dozvoljeni
B	konstantna, dvosmjerna	nisu propisane	nije primjenjivo za IFR letove za VFR – vidljivost 5 km ispod 10 000 ft AMSL, 8 km na ili iznad 10 000 ft AMSL, vertikalna udaljenost od oblaka minimalno 1000 ft, horizontalna 1500 m
C	konstantna, dvosmjerna	nisu propisane	nije primjenjivo za IFR letove za VFR – vidljivost 5 km ispod 10 000 ft AMSL, 8 km na ili iznad 10 000 ft AMSL, vertikalna udaljenost od oblaka minimalno 1000 ft, horizontalna 1500 m
D	konstantna, dvosmjerna	250kt IAS ispod 10 000 ft AMSL	nije primjenjivo za IFR letove za VFR – vidljivost 5 km ispod 10 000 ft AMSL, 8 km na ili iznad 10 000 ft AMSL, vertikalna udaljenost od oblaka minimalno 1000 ft, horizontalna 1500 m
E	za IFR – konstantna, dvosmjerna za VFR – nije nužna	250kt IAS ispod 10 000 ft AMSL	nije primjenjivo za IFR letove za VFR – vidljivost 5 km ispod 10 000 ft AMSL, 8 km na ili iznad 10 000 ft AMSL, vertikalna udaljenost od oblaka minimalno 1000 ft, horizontalna 1500 m
F	za IFR – konstantna, dvosmjerna za VFR – nije nužna	250kt IAS ispod 10 000ft AMSL	nije primjenjivo za IFR letove za VFR – vidljivost 5 km ispod 10 000 ft AMSL, 8 km na ili iznad 10 000 ft AMSL, na ili iznad 3000 ft AMSL ili 1000 ft AGL (što je više) vertikalna udaljenost od oblaka minimalno 1000 ft, horizontalna 1500 m, ispod 3000 ft AMSL ili 1000 ft AGL (što je više) bez oblaka s konstantnom vidljivošću tla
G	za IFR – konstantna, dvosmjerna za VFR – nije nužna	250kt IAS ispod 10 000ft AMSL	nije primjenjivo za IFR letove za VFR – vidljivost 5 km ispod 10 000 ft AMSL, 8 km na ili iznad 10 000 ft AMSL, na ili iznad 3000 ft AMSL ili 1000 ft AGL (što je više) vertikalna udaljenost od oblaka minimalno 1000 ft, horizontalna 1500 m, ispod 3000 ft AMSL ili 1000 ft AGL (što je više) bez oblaka s konstantnom vidljivošću tla

## 2.4. Organizacija zračnog prostora

Izravni korisnici zračnog prostora, piloti zrakoplova, zračni prostor smatraju jedinstvenim kontinuumom. U stvarnosti, radi jednostavnijeg, a time i sigurnijeg, upravljanja zračnim prometom, zračni prostor je podijeljen te se mijenja prema potražnji korisnika i potrebama pružatelja usluga zračnog prometa.

Osnovna podjela prostora se odvija po visinama i zemljopisnim koordinatama. Uobičajno se visine zrakoplovima dodjeljuju po 1000 ft (300 m), a zrakoplov mora biti horizontalno udaljen od drugog zrakoplova najmanje 5 NM (9.26 km) (slika 3).



**Slika 3: Razdvajanje zrakoplova [6]**

Zračni prostori koje omeđuju dvije visine i horizontalne granice se nazivaju sektorima zračnog prostora. Sektori se mogu spajati i dijeliti prema potrebama najčešće kontrolora zračnog prometa s obzirom na obujam i kompleksnost prometa te težine održavanja sigurnosti pri kontroliranju. Svaki sektor kontrolira par kontrolora preko jedinstvene frekvencijske veze. Pri izlasku iz prostora, kontrolor prebacuje zrakoplov na frekvenciju idućeg prostora.



### 3. Konfiguracija zračnog prostora TMA Zagreb i CTR Lučko

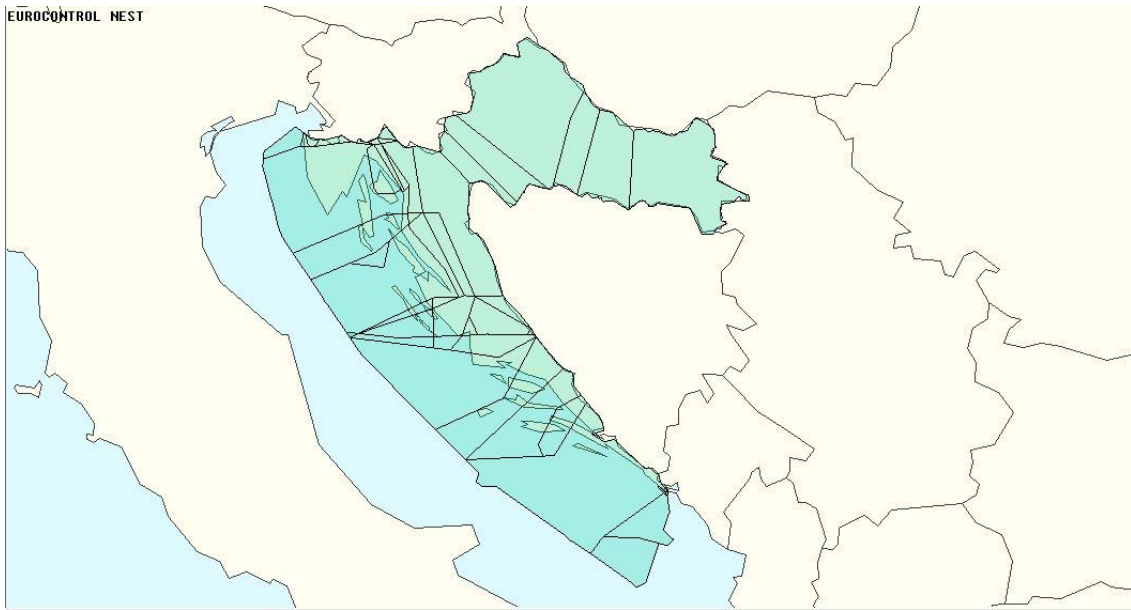
Zračni prostor se prema procedurama zračnog prometa dijele u 3 kategorije – kontrolirana područja (eng. Control Area, CTA) za zrakoplove u preletu, završno kontrolirana područja (eng. Terminal Control Area, TMA) za zrakoplove u prilazu i odlasku te kontrolirane zone (eng. Control Zone, CTR) za zrakoplove koji slijeću i/ili polijeću s kontroliranog aerodroma.

#### 3.1. Zračni prostor Republike Hrvatske

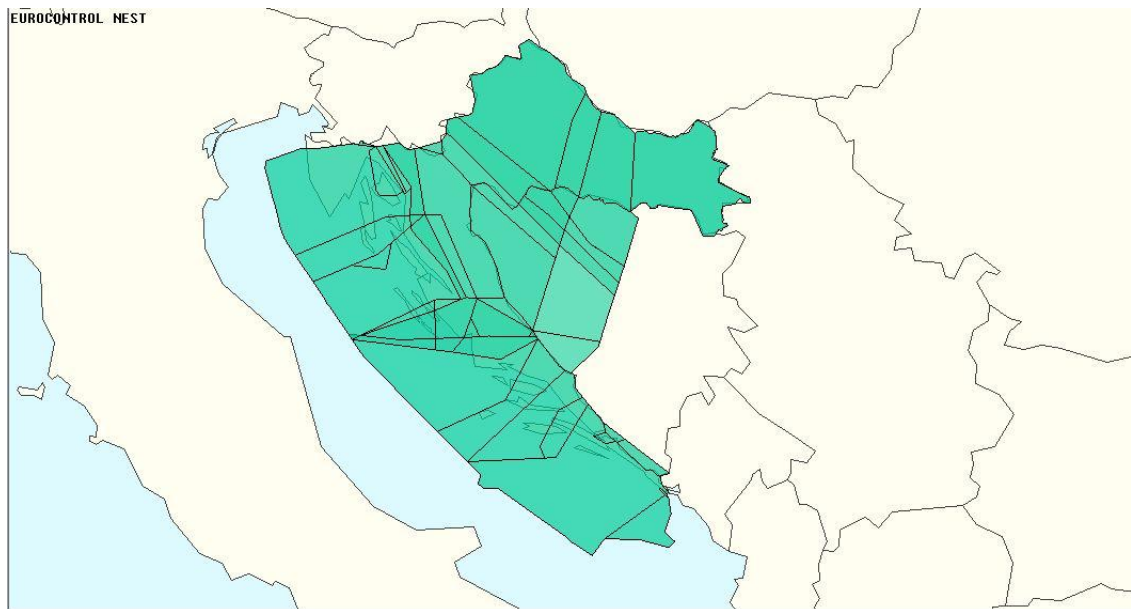
Zračni prostor Republike Hrvatske horizontalno je zračni prostor iznad kopna i teritorijalnog mora [7]. Radi pružanja adekvatnih usluga zračne plovidbe ustrojeno je područje letnih informacija (Flight Information Zagreb, FIR Zagreb) koji na određenim mjestima prelazi državne granice (npr. na Jadranskom moru) (slika 4). Prema međudržavnom sporazumu između Republike Hrvatske i Bosne i Hercegovine, Republika Hrvatska pruža usluge zračne plovidbe za dio zračnog prostora Bosne i Hercegovine (slika 5) do FL325 do tzv. linije KOMAR, a do FL660 do linije BOSNA.

Vertikalno se zračni prostor proteže od razine zemlje do neograničeno u vis. Od razine zemlje do 1000 ft AGL izvan CTR prostora je nekontrolirani prostor, a sve iznad toga je kontrolirani prostor pod nadležnošću određenih kontrola zračnog prometa koje pružaju usluge u skladu s klasama zračnog prostora do FL660.

Područje FIR-a se dijeli na prostor ispod FL 285 i prostor iznad FL 285 koji se naziva UPPER FIR (UIR). Prostori CTR se pružaju od razine zemlje do određene gornje granice koja je različita za pojedine aerodrome. Gornja granica za CTR Dubrovnik, Rijeka, Brač i Zadar je 4000 ft AGL, CTR Osijek 3000 ft AGL, CTR Zagreb i Pula 2500 ft AGL, te CTR Osijek 2000 ft. Gornja granica CTR Split je specifična jer je CTR Split podijeljen u dva dijela te je jedan ograničen visinom od 3500 ft AGL, a drugi s 4000 ft AGL. Gornja granica TMA Zagreb, TMA Split i TMA Dubrovnik je FL 205. Gornja granica TMA Zadar je FL 155, TMA Pula FL 135 i TMA Osijek FL 115.



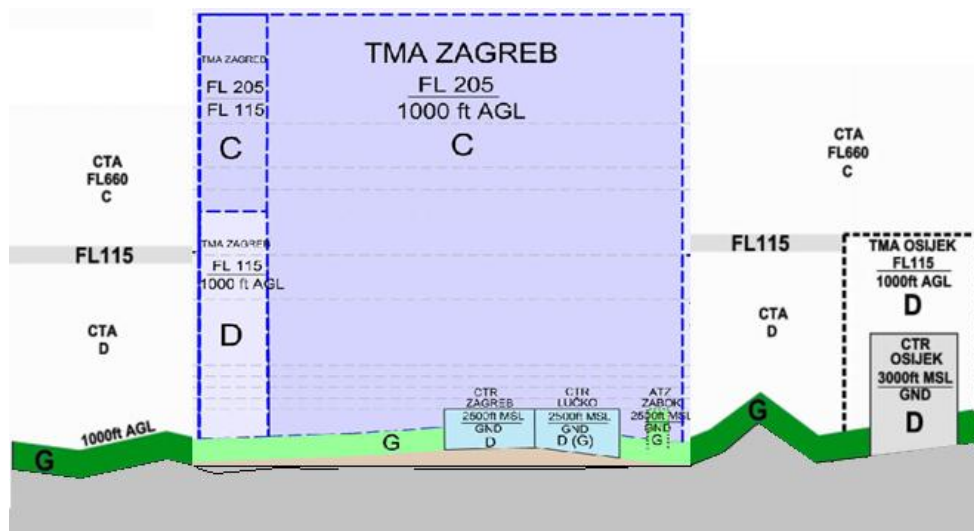
Slika 4: LDZO FIR [8]



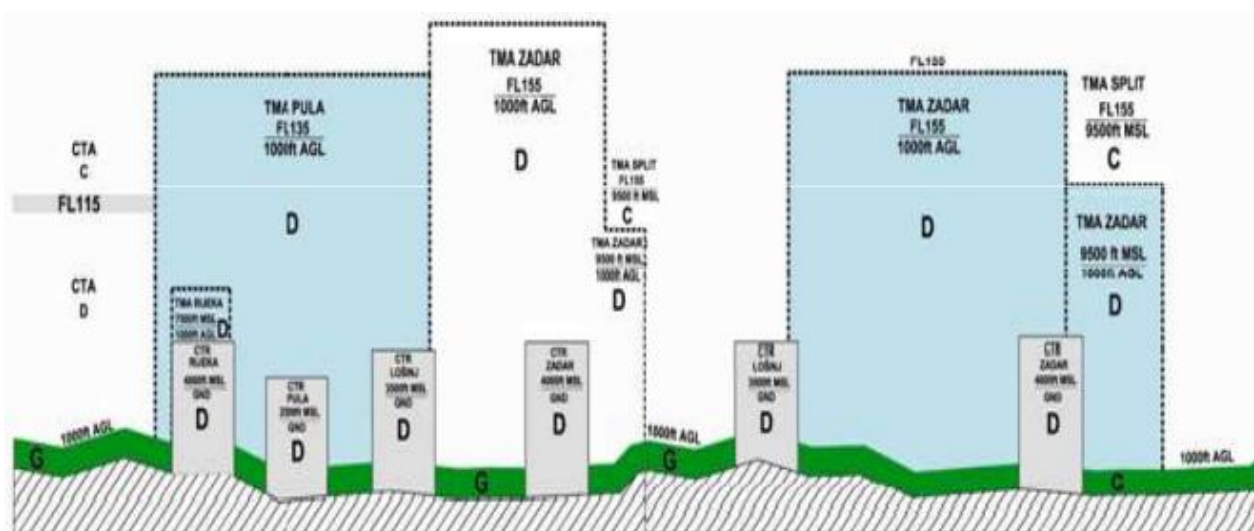
Slika 5: LDZO all [8]

### 3.2. Klase hrvatskog zračnog prostora

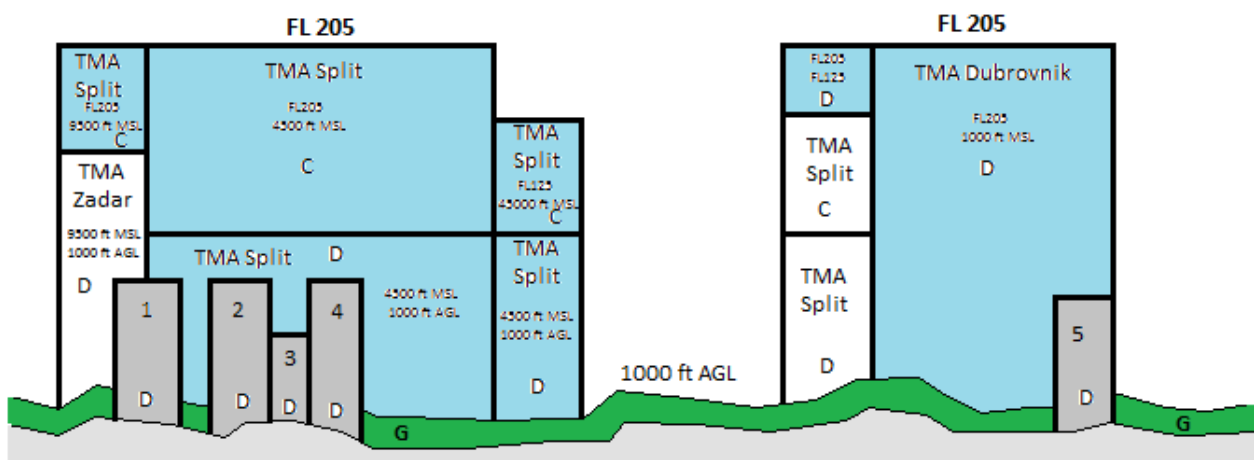
Od ukupno 7 klasa zračnog prometa, samo su 3 aktivne u Hrvatskoj (slika 6, slika 7 i slika 8). Od razine zemlje do 1000 ft iznad terena je klasa G zračnog prostora što ga čini nekontroliranim. Ova klasa obuhvaća i aerodromsku prometnu zonu (eng. Aerodrome Traffic Zone, ATZ) Varaždin do 3500 ft MLS. Prostori svih CTR su klase D. Većina prostora TMA je klase D. Jedine iznimke ovoj klasifikaciji su TMA Zagreb koji je klase C i TMA Split koji je izvan CTR do 4500 ft MSL klase D, a iznad toga, do FL 155, klase C. Prostor CTA je ispod FL 115 klase D, a iznad FL 115 klase C [1].



Slika 6: Vizualni prikaz klasifikacije zračnih prostora CTR Zagreb, Lučko i Osijek, ATZ Varaždin i TMA Zagreb i Osijek [9]



Slika 7: Vizualni prikaz klasifikacije zračnih prostora TMA Zadar i Pula te CTR Rijeka, Pula, Lošinj i Zadar [9]



1 - CTR Zadar; 2 - CTR Split 1; 3 - CTR Split 2; 4 - CTR Brač

5 - CTR Dubrovnik

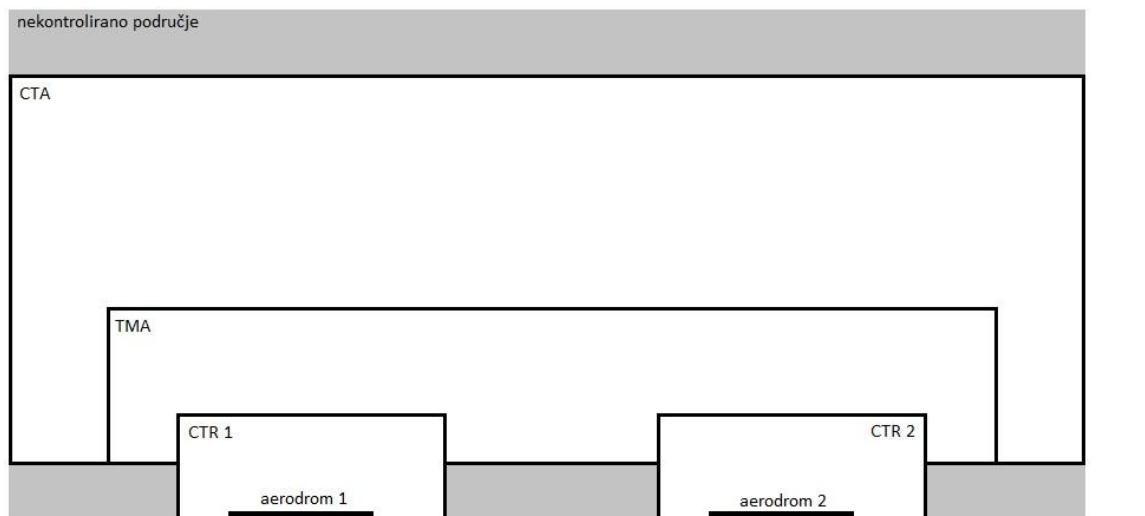
Slika 8: Vizualni prikaz klasifikacije zračnih prostora TMA Split i Dubrovnik te CTR Zadar, Split, Brač i Dubrovnik

### 3.3. Sektori hrvatskog zračnog prostora

Spomenuto je kako se zračni prostor dijeli u sektore podložne promjenama radi lakšeg obavljanja kontrole zračnog prometa. Hrvatski zračni prostor se može podijeliti na maksimalno 12 sektora u jednom trenutku zbog ograničenog broja kontrolora zračnog prometa. Visinski su podijeljeni na „lower“ (od razine zemlje ili od gornje granice CTR do FL 325), „upper“ (od FL 325 do FL 355), „high“ (od FL 355 do FL 375) i „top“ (od FL 375 do FL 660). Horizontalno se dijeli na 3 glavne regije „North“ (slika 18), „West“ i „South“ pri čemu se „West“ i „South“ mogu spojiti u jedan prostor koji se onda naziva „Adria“. Prema nekim kartama, moguće je aktivirati i centralni sektor „Central“.

### 3.4. Odnos TMA i CTR

Kontrolirana zona (CTR) je prostor koji okružuje kontrolirani aerodrom te sadrži završne instrumentalne putanje zrakoplova pri slijetanju kao i početne instrumentalne putanje zrakoplova pri polijetanju. Završno kontrolirano područje (TMA) se nastavlja na i jednim dijelom okružuje jedan ili više CTR (slika 9). Zrakoplovi koji su u prilazu za slijetanje ili polijeću s kontroliranog aerodroma moraju proći kroz TMA koji je specifičan po brojnim zaokretima i promjenama visina zrakoplova.



Slika 9: Vizualni prikaz podjele zračnog prostora na CTA, TMA i CTR

### 3.5. CTR Zagreb

CTR Zagreb okružuje zagrebačku Međunarodnu luku Franjo Tuđman (slika 10). Proteže se od površine zemlje (eng. Ground, GND) do visine od 2500 ft od srednje razine mora (eng. Mean Sea Level, MSL).



Slika 10: CTR Zagreb [10]

Zračni prostor CTR Zagreb pripada klasi D te je time omogućen let i IFR i VFR letovima. IFR letovima se pruža kontrola zračnog prometa te informacije o VFR prometu, dok je VFR prometu uskraćena usluga kontrole te oni dobivaju samo informacije o IFR i VFR prometu kako bi se mogli sami razdvajati. Za sav promet su potrebna ATC odobrenja te je za njih nadležna aerodromska kontrola Toranj Zagreb (eng. Zagreb TOWER, TWR Zagreb).

Za VFR letove moraju biti zadovoljeni i određeni meteorološki uvjeti (eng. Visual Meteorological Conditions, VMC). Vidljivost mora konstantno biti minimalno 5 km ispod FL 100 te 8 km na i iznad FL 100. Horizontalna udaljenost od oblaka mora biti minimalno 1500 m, a vertikalna minimalno 1000 ft. Brzina za obje vrste prometa je ograničena na 250 čvorova (eng. knots, kt) IAS (eng. Indicated Air Speed).

### 3.5.1. Odlazne i prilazne procedure CTR Zagreb

Standardni instrumentalni dolazak (eng. Standard Instrument Arrival, STAR) je objavljeni postupak leta kojeg piloti IFR zrakoplova koriste i prate kod prijelaza s rutnog dijela do točke početnog prilaza (eng. Initial Approach Fix, IAF) za slijetanje na aerodrom.

Standardni instrumentalni odlazak (eng. Standard Instrument Departure, SID) je objavljeni postupak leta kojeg piloti IFR zrakoplova koriste nakon polijetanja s aerodroma. Ovaj postupak povezuje odlazak zrakoplova s njegovim rutnim dijelom leta.

Svi STAR i SID postupci su objavljeni u nacionalnom Zborniku zrakoplovnih informacija (eng. Aviation Information Publication, AIP) te se koriste za svaku uzletno-sletnu stazu kako bi se povećala sigurnost i izbjegla zagušenja i potencijalni konflikti zrakoplova u dolasku i odlasku. Svaki STAR i SID postupak može biti poništen ili skraćen od strane nadležnog prilaznog kontrolora zračnog prometa kako bi se ubrzao tok prometa ili razriješile konfliktne situacije.

### **3.5.2. Promet u CTR Zagreb**

Budući da je prostor TMA Zagreb uspostavljen prvenstveno kao završno kontrolirano područje za zrakoplove koji slijeću na zagrebački aerodrom koji je unutar CTR Zagreb, potrebno je definirati najvažnije karakteristike i ovog prostora. CTR Zagreb okružuje i nadvisuje samo Međunarodnu zračnu luku Franjo Tuđman te sadrži promet koji slijeće i/ili polijeće s tog aerodroma i promet u školskom krugu uzletno-sletne staze. MZL Franjo Tuđman ima samo jednu uzletno-sletnu stazu smjera 05-23 te ju koriste i civilni i vojni zrakoplovi.

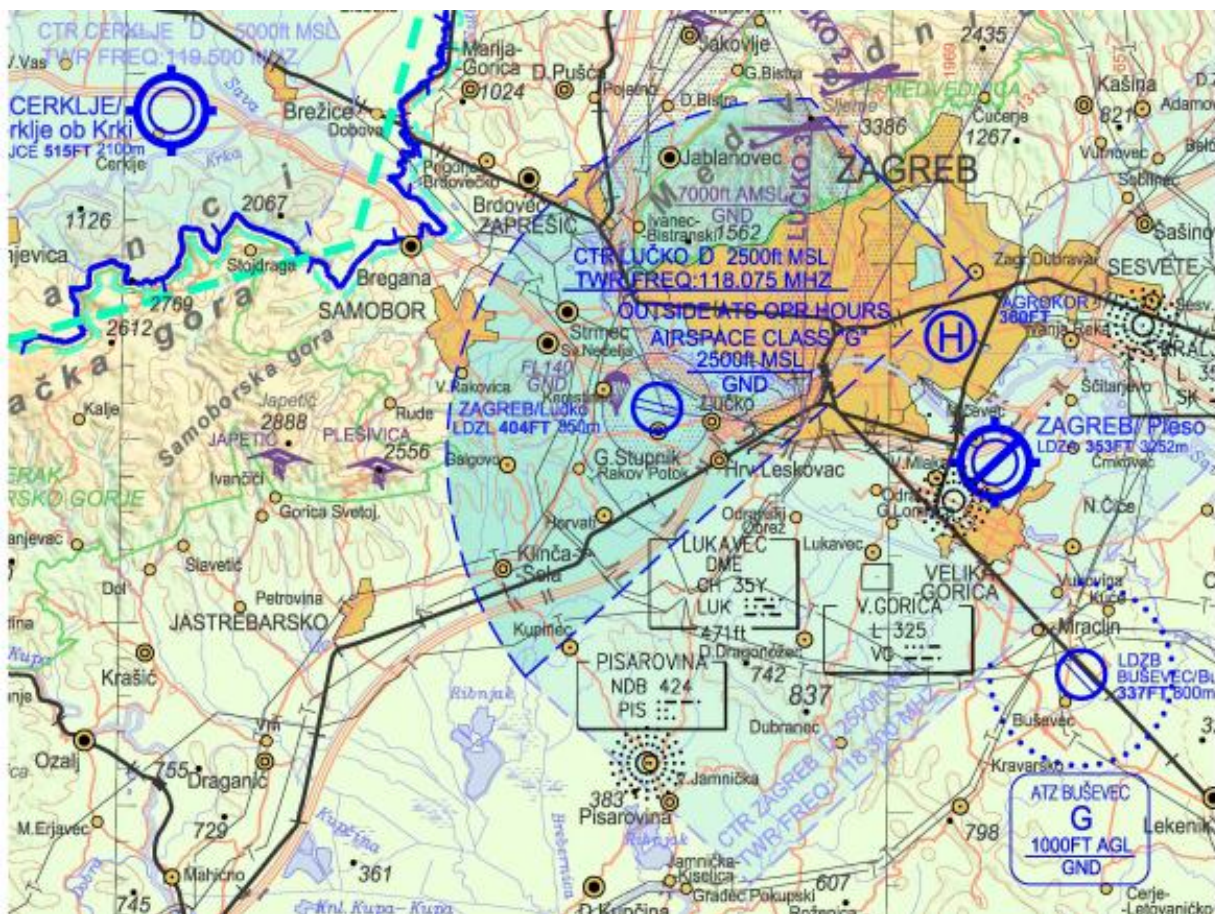
Civilni zrakoplovi pripadaju u opći zračni promet (eng. General Air Traffic, GAT), dok je vojni većinom u kategoriji operativnog zračnog prometa (eng. Operational Air Traffic, OAT) no zapravo se dijele prema kriteriju obavljaju li se ili ne prema objavljenim ICAO procedurama.

Najčešći promet u CTR Zagreb je IFR GAT promet kojeg čine komercijalni zrakoplovi koji lete po unaprijed objavljenim rutama i redu letenja. Broj komercijalnih zrakoplova drastično varira tijekom godine te se u ljetnim mjesecima uvijek bilježi značajan porast prometa.

Druga vrsta prometa su VFR GAT zrakoplovi kojih je manje, ali zahtjevaju više komunikacije između pilota i toranjskog kontrola. Oni, kao i vojni GAT promet, imaju drugačije procedure od komercijalnih zrakoplova. Vojni promet također ima prednost nad ostalim zračnim prometom.

### **3.6. CTR Lučko**

CTR Lučko okružuje i nadvisuje aerodrom Lučko te se jednom stranom naslanja na CTR Zagreb. Visinski se proteže od razine zemlje do 2500 ft iznad srednje razine mora (slika 11).



Slika 11: CTR Lučko [11]

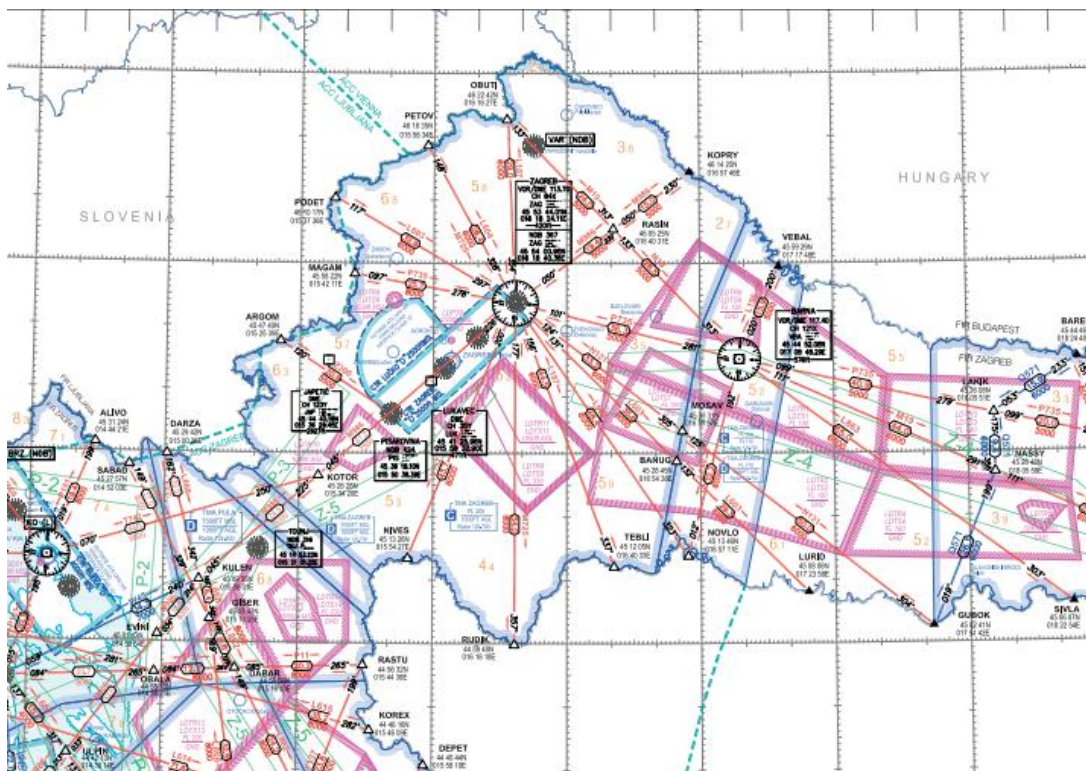
CTR Lučko je, kao i CTR Zagreb, klase D koja omogućava i VFR i IFR promet, no u ovom CTR prostoru je zabranjen komercijalni zračni promet [12]. Lučko je specifično po tome što je od utorka do petka od 6 sati ujutro do 14 sati kontrolirani zračni prostor te je nadležan aerodromski kontrolni toranj Lučko (eng. Lučko TOWER) [13]. Izvan ovog vremena, prostor CTR Lučko je dio nekontroliranog prostora klase G. Tada više nema razdvajanja zrakoplova niti odobrenja kontrole zračnog prometa, već se zrakoplovi sami razdvajaju prema informacijama o prometu koje dobivaju od drugih zrakoplova u prostoru.

Uvjeti za VFR letove vrijede kao i u CTR Zagreb, te su, s obzirom na istu klasu prostora, ograničenja brzine jednaka i ograničena na maksimalno 250 kt IAS ispod 10 000 ft AMSL. Za CTR Lučko je obavezna stalna dvosmjerna radiokomunikacija na frekvenciji 118.075 MHz [12].

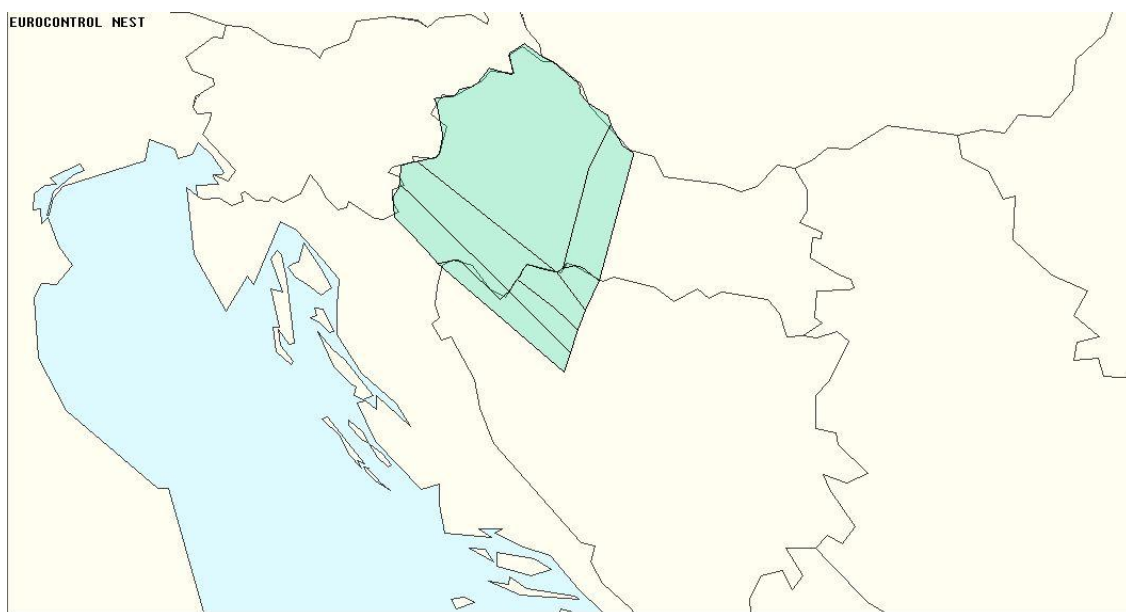
### 3.7.TMA Zagreb

Kao što je ranije navedeno, TMA može obuhvaćati jedan ili više CTR prostora. TMA Zagreb obuhvaća CTR Zagreb i CTR Lučko (slika 12). Također, TMA Zagreb sadrži i ATZ Varaždin. Prema međunarodnim dogovorima, TMA Zagreb nadvišava i prostor prilaza Banja Luci od FL 125 do FL 205.

Granice TMA Zagreb prate nacionalne granice te posebno definirane granice na jugo-zapadnoj i istočnoj strani. Također, područje odgovornosti za prilazne kontrolore TMA Zagreb obuhvaća i dio prostora Bosne i Hercegovine (slika 13). Vertikalne granice TMA Zagreb su definirane prema CTR prostorima. Gornja granica oba CTR je donja granica TMA i iznosi 2500 ft AMSL. U dijelovima izvan CTR, donja granica je rub s nekontroliranim prostorom i iznosi 1000 ft AGL. Gornja granica TMA je FL 205.



Slika 12: Sadržaj TMA Zagreb [15]



Slika 13: Područje odgovornosti TMA Zagreb [8]

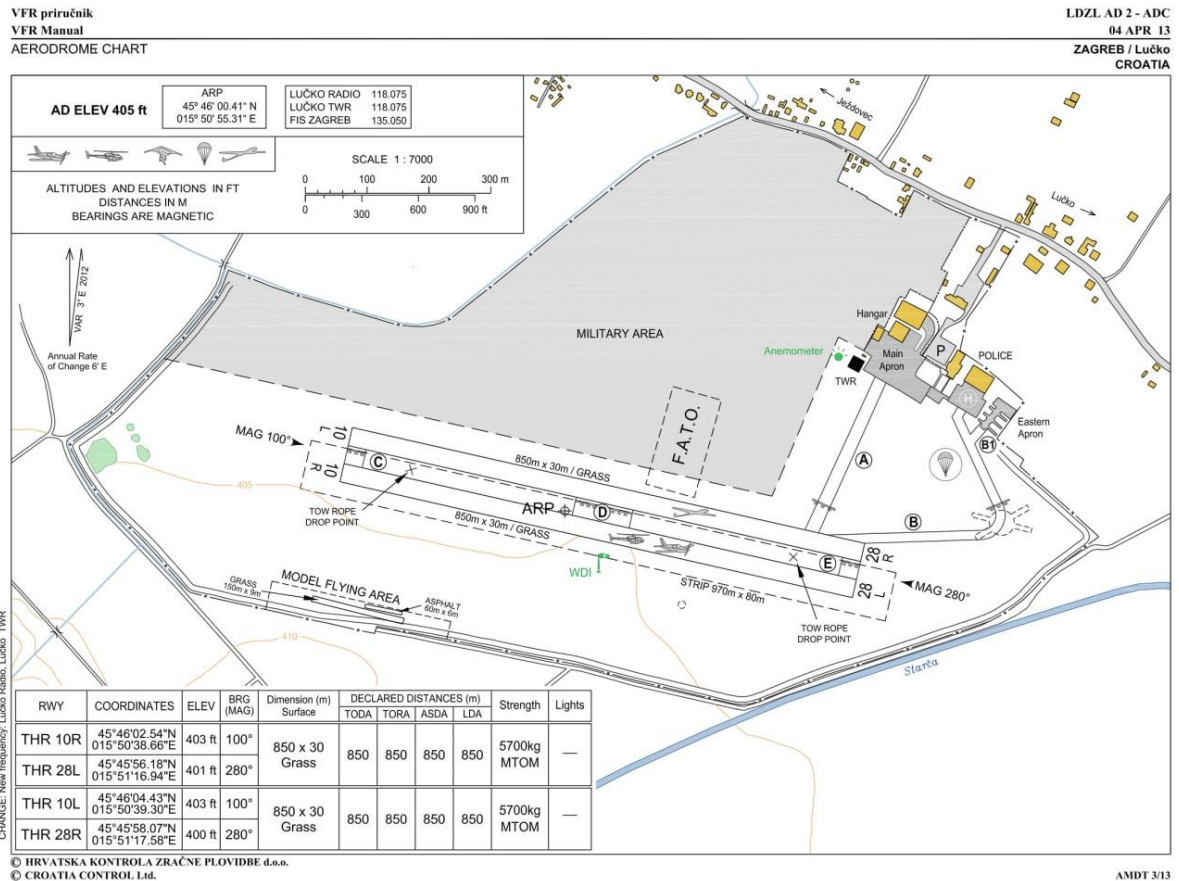


Zračni prostor TMA Zagreba pripada u većoj mjeri klasi C zračnog prostora, no postoji i dio klase D (slika 14). Usluga kontrole se pruža za IFR promet, dok se VFR letovima pružaju samo informacije o prometu, no mogući su i savjeti o izbjegavanju prometa ukoliko ih pilot zatraži. Kontrola zračnog prometa razdvaja sve vrste prometa. Isto tako, sav promet je obavezan održavati konstantnu dvosmjernu radio-vezu. Iako po ICAO-u nisu propisane, u Hrvatskoj postoje ograničenja brzine u TMA Zagreb. Maksimalna dozvoljena brzina je 250 kt, osim ako nadležni kontrolor ne odobri drugačije. Obično se ne daju brzine manje od 220 kt za turbomlazne i 200 kt za turboprop zrakoplove. Manje brzine su dozvoljene u završnom dijelu prilaza ili u izvanrednim situacijama radi sekvenciranja zrakoplova u prilazu ili izbjegavanja prometa.

## 4. Statistički podaci prometa

### 4.1. Promet CTR Lučko

Promet CTR Lučko se sastoji od zrakoplova koji slijeću na i/ili polijeću s jedne od dvije uzletno-sletne staze (slika 14). Obje su travnate USS, smjera 10-28, no južna se koristi za manevriranje zrakoplova s motorom, dok je sjeverna namijenjena za letenje sportskih zrakoplova bez motora i zaprege. Ukoliko je južna u upotrebi, sjeverna se koristi kao staza za vožnju.



Slika 14: Tlocrt aerodroma Lučko [15]

Aerodrom Lučko je namijenjen za zrakoplove najveće dopuštene mase za polijetanje (eng. Maximum Take-Off Mass, MTOM) do 5700 kg, jedrilice, sportske letjelice te skakanje padobranaca. Također, ovaj zračni prostor koriste i helikopteri Hrvatskog ratnog zrakoplovstva (HRZ) i Ministarstva unutarnjih poslova (MUP) koji ne pripadaju gore navedenoj kategoriji letjelica prema svojim MTOM vrijednostima.

Flotu zrakoplova smještenih na aerodromu Lučko čine zrakoplovi Hrvatskog zrakoplovnog nastavnog središta (HZNS; eng. Croatian Aviation Training Centre, CATC) Fakulteta prometnih znanosti, Zrakoplovne jedinice specijalne policije Ministarstva unutarnjih poslova Republike Hrvatske,

vojni zrakoplovi 91. zrakoplovne baze, jedrilice aerokluba Zagreb, zrakoplovi pilotske škole ECOS te ostali korisnici za sportsko rekreacijsko letenje.

Zbog vrsta zrakoplova, koje koriste i mnogi piloti u početnim fazama školovanja, let je u zoni Lučko prilično visinski ograničen. Naime, zrakoplovi unutar prostora TMA Zagreb su većinom mlazni, srednje ili velike kategorije vrtložne turbulencije. Zbog toga, iako je gornja vertikalna granica CTR Lučko 2500 ft, zrakoplovima unutar tog prostora je ta visina rijetko odobrena.

#### **4.1.1. Flota i karakteristike zrakoplova HZNS-a**

HZNS u svojem posjedu ima jedan zrakoplov Cessna C172R za SE/IR<sup>1</sup> trening, jedan zrakoplov Cessna C172N se SE/IR, jedan zrakoplov Cessna C172N i Diamond DV 20 za VFR trening te Piper PA 44-180 za ME/IR<sup>2</sup> trening [16].

Cessna C172R (slika 15) je jednomotorni zrakoplov, visokokrilac s fiksnim krilima. Od prvog pojavljivanja 1956. godine do danas je doživio neke promjene uključujući promjenu podvozja iz tipa trokolice u novo podvozje s nosnim kotačem, nižim podom kabine i stražnjim kabinskim prozorom. Cessna 172R ima maksimalnu snagu od 160 konjskih snaga (120 kW). Zrakoplov može primiti 4 osobe od kojih je jedna član posade. Zrakoplov je dugačak 8,28 metara s rasponom krila od 11 m i površinom krila od 16,2 m<sup>2</sup>. Cessna 172R je također prvi model Cessne 172 s tvornički ugrađenim motorom s ubrizgavanjem goriva.

Cessna C172N, poznatija kao Cessna Skyhawk 100, je također jednomotorni zrakoplov, visokokrilac s fiksnim krilima. Opremljen je motorom sa 160 KS (120 kW). Od Cessne 172 se razlikuje po pokretnom dijelu na kormilu smjera (eng. rudder trim) te po mogućnosti odabira unaprijed definiranih stupnjeva zakrilaca. Može prihvatiti 4 osobe, od kojih je jedan član posade, tj. pilot zrakoplova. Zrakoplov je visok 2,7 metara, dugačak 8,28 metara s rasponom krila od 11 metara.

Diamond DV20, poznatiji pod imenom DA20 Katana (slika 15), je austrijski laki zrakoplov s dva sjedala. U odnosu na zrakoplov prema kojem je građen, Diamond HK36 Diamona, Katana ima manji raspon krila, zakrilca i podvozje s nosnim kotačem. Diamond DV20 ima raspoložive instrumente i avioniku za let u IFR uvjetima, no plastična konstrukcija nema zaštitu od munja te time ne može biti certificiran za IFR letenje. Zrakoplov je dugačak 7,16 m, raspona krila 10,87 m i visine 2,18 m. Od Cessne 172 se razlikuje i po položaju krila s obzirom da je Katana niskokrilac.

Piper PA 44-180, zrakoplov poznatiji pod imenom Piper Seminole (slika 15), je američki dvomotorni laki zrakoplov. Opremljen je s dva motora od 180 KS (135 kW) koji se okreću u suprotnu

---

<sup>1</sup> eng. single-engine/instrument rating

<sup>2</sup> eng. multi-engine/instrument rating

stranu pa se izbjegava situacija „kritičnog motora“ kada bi, da se propeleri motora vrte u istu stranu, otkaz jednog motora izazvao veći pad performansi. Piper Seminole također može primiti 3 putnika i jednog člana posade zrakoplova. Zrakoplov je dugačak 8,41 metar, raspona krila 11,77 metara i površinom krila od 17,1 m<sup>2</sup>.



Slika 15: Zrakoplovi u posjedu HZNS-a (1. Cessna 172, 2. Diamond DV20, 3. Piper PA 44-180)

Karakteristike svih zrakoplova u posjedu HZNS-a su navedene u tablici 3.

Tablica 3: Karakteristike zrakoplova HZNS-a

ZRAKOPLOV	BRZINA KRSTARENJA	DOLET	PLAFON LETA	BRZINA PENJANJA	MAKSIMALNA MASA PRI POLIJETANJU
Cessna C172R [17]	122 kt TAS (80% snage na 8000 ft)	580 NM (80% snage na 8000 ft)	13 500 ft	720 ft/min	1111,3 kg
Cessna C172N [18]	122 kt TAS (75% snage na 8000 ft)	485 NM (75% snage na 8000 ft)	14 200 ft	770 ft/min	1043,3 kg
Diamond DV 20 [19]	120 kt TAS (85% snage na 8000 ft)	544 NM (52% snage na 12 000 ft)	13 120 ft	930 ft/min	730 kg
Piper PA 44-180 [20]	165 kt TAS (75% snage na 8000 ft)	700 NM	15 000 ft	1200 ft/min	1723,7 kg

#### 4.1.2. Flota i karakteristike zrakoplova Zrakoplovne jedinice specijalne policije MUP-a Republike Hrvatske

Zrakoplovna jedinica specijalne jedinice MUP-a je opremljena helikopterima koji služe za prijevoz osoba, medicinske letove, nadzor prometa, pretraživanje terena i potragu. Helikopteri smješteni na aerodromu Lučko su Agusta-Bell AB 212, Bell 206 JetRanger III, AgustaWestland AW139, Airbus H135 i Robinson R22 Beta.

Agusta-Bell AB 212, poznat i pod nazivom Bell 212 Twin Huey ili Twin Two-Twelve (slika 16), je helikopter s dva motora i jednim glavnim rotorom s dva kraka. Napravljen je za prijevoz ljudi te ih

može primiti 14 i jednog člana posade. Za IFR letenje su potrebna dva člana posade. Helikopter je duljine 17,43 metara, promjer rotora je 14,64 metara i visine 3,83 metara.

Bell 206 JetRanger III (slika 16) je američki helikopter prvenstveno napravljen za izviđanje. U helikopter stane 5 osoba od kojih je jedan naprijed pilot. Helikopter je dugačak 12,11 metara i visok 2,83 metara. Ima jedan glavni rotor s dva kraka promjera 10,16 metara.



**Slika 16: Zrakoplovi u posjedu MUP-a (1. Augusta Bell 212, 2. Bell 206 JetRanger III)**

AgustaWestland AW139 (slika 17) je talijanski dvomotorni višenamjenski helikopter s 15 sjedala za putnike i 2 za pilote. Ima jedan glavni rotor s 5 krakova ukupnog promjera 13,8 m. Helikopter je dugačak 16,66 m i visok 4,98 m.

Airbus H135 (slika 17) je francuski helikopter s dva motora. S njim je moguće letjeti i u IFR uvjetima sa samo jednim pilotom. Helikopter može primiti 6 putnika te se najčešće koristi u medicinske svrhe, prijevozu putnika i izviđanju. Dugačak je 10,2 m, a visok 3,51 m. Promjer glavnog rotora s 4 kraka je 10,2 metra.

Robinson R22 Beta (slika 17) je američki laki helikopter sa samo dva sjedišta. Helikopter je opremljen jednim klipnim motorom od 160 KS (120 kW) što je snažnija verzija od osnovne. Dugačak je 8,7 m, a visok 2,7 m. Ima jedan glavni rotor s dva kraka promjera 7,7 metara.



**Slika 17: Zrakoplovi u posjedu MUP-a (1. Augusta Westland AW 139, 2. Airbus H135, 3. Robinson R22 Beta)**

Karakteristike svih helikoptera u posjedu Zrakoplovne jedinice specijalne policije MUP-a su prikazane u tablici 4.

Tablica 4: Karakteristike helikoptera Zrakoplovne jedinice specijalne policije MUP-a

HELIKOPTER	BRZINA KRSTARENJA	DOLET	PLAFON LETA	BRZINA PENJANJA	MAKSIMALNA MASA PRI POLIJETANJU
Agusta-Bell AB 212 [21]	124 kt	243 NM	17 400 ft	1745 ft/min	5080 kg
Bell 206 JetRanger III [22]	122 kt	374 NM	13 500 ft	1280 ft/min	1454 kg
AgustaWestland AW139 [23]	165 kt	573 NM	20 000 ft	2140 ft/min	6400 kg
Airbus H135 [24]	136 kt	342 NM	13 250 ft	1560 ft/min	2980 kg
Robinson R22 Beta [25]	96 kt	161 NM	14 000 ft	1000 ft/min	622 kg

#### 4.1.3. Flota i karakteristike zrakoplova bivše 94. zrakoplovne baze Lučko

Nekada je 94. zrakoplovna baza Lučko sadržavala 28. eskadrilu transportnih helikoptera, no baza je službeno zatvorena 2000. godine kada su helikopteri prešli u sastav 91. zrakoplovne baze Zagreb. Na prostoru aerodroma Lučko je ostala Eskadrila transportnih helikoptera Mil Mi-171Sh.

Mil Mi-17, poznat i pod nazivom Mi-8MT (slika 18), je višenamjenski helikopter nastao unaprjeđivanjem helikoptera Mi-8 s jačim motorima i većim rotorom. S obzirom na velik kapacitet i prostor u koji stane 24 putnika (ili 30 vojnika ili 20 ranjenika), helikopter se najčešće koristi za akcije spašavanja i u medicinske svrhe. Koristi se i za napade jer se na njega mogu staviti rakete, zračnu podršku i praćenje.



Slika 18: Mil Mi-171Sh<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Izvor: [43]

Helikopteru je za let potrebna tročlana posada. Visok je 4,76 metara, a dugačak 18,42 metara. Može završavati i s rampom na stražnjem dijelu pa je idealan za prijevoz većeg tereta. Ima jedan glavni rotor s pet krakova promjera 21,352 metara. Ostale karakteristike su prikazane u tablici 5.

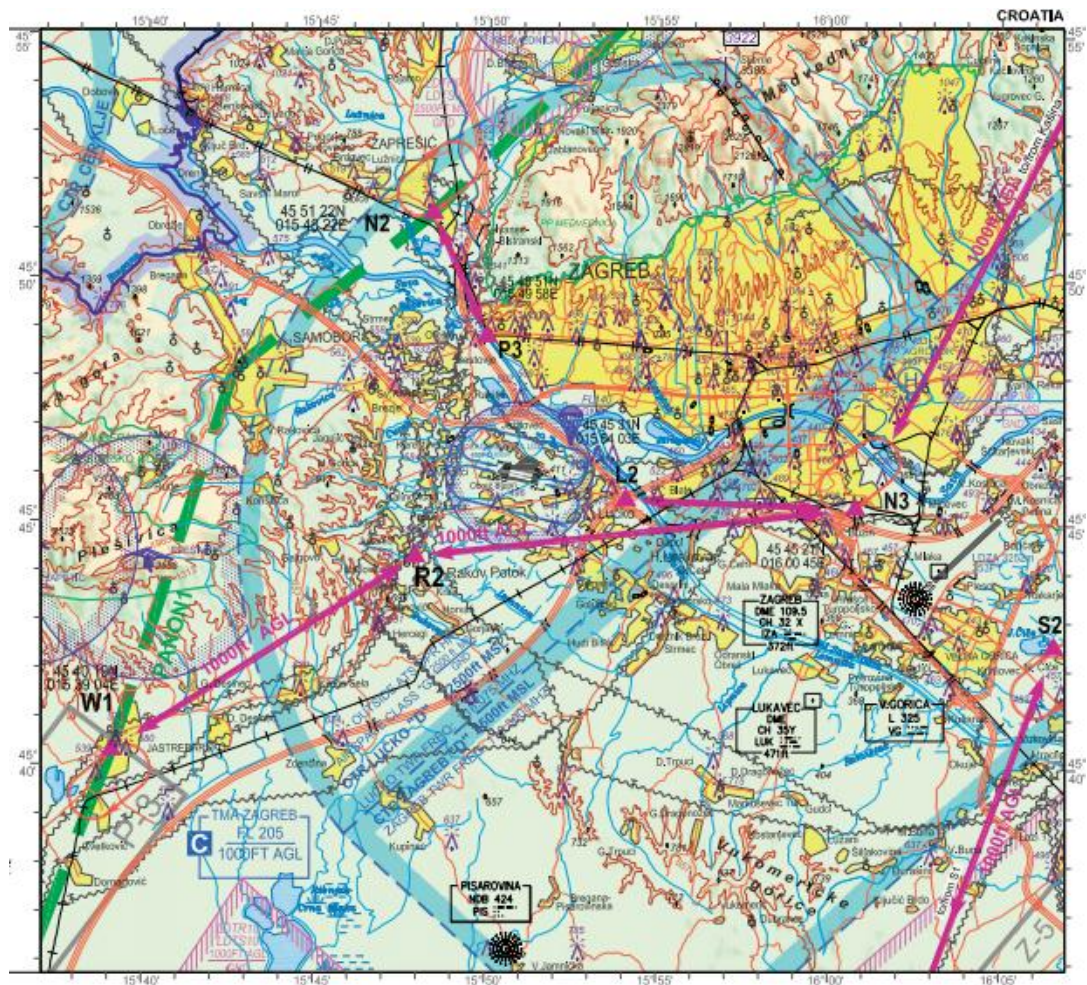
**Tablica 5: Karakteristike helikoptera u posjedu HRZ-a**

HELIKOPTER	BRZINA KRSTARENJA	DOLET	PLAFON LETA	BRZINA PENJANJA	MAKSIMALNA MASA PRI POLIJETANJU
Mil Mi-171Sh [26]	135 kt	267 NM	16 404 ft	1575 ft/min	13 000 kg

#### **4.2. Ulazak i izlazak zrakoplova u/iz CTR Lučko**

Prostor CTR Lučko, kao i sam aerodrom Lučko, je kontrolirani prostor od utorka do petka od 6 sati do 14 sati. Izvan tog vremena, cijeli prostor postaje ATZ te u njemu vrijede pravila nekontroliranog prostora klase G. Tada se pružaju samo informacije o prometu te su piloti sami odgovorni za razdvajanje.

Tijekom radnog vremena TWR Lučko, kontrolor mora odobriti sva kretanja zrakoplova, no postoje uobičajeni postupci pri ulasku u prostor i izlasku iz prostora. U slučajevima kada TWR Lučko ne radi, piloti su se dužni pravovremeno javiti nadležnoj ATS jedinici i emitirati poruke o svojim namjerama. Zbog jednostavnijeg odvijanja prometa, definirane su obavezne točke ulaza i izlaza te javljanja pilota (slika 19).



Slika 19: Obavezne točke ulaza u CTR Lučko i izlaza iz CTR Lučko [27]

Obavezne točke izlaska iz CTR Lučko su N2 (Zaprešić), N3 (ranžirni kolodvor) i W1 (Jastrebarsko). Ukoliko zrakoplov izlazi na točki N2, pilot će letjeti u aerodromskom prometnom krugu (eng. traffic circuit) i napustiti ga na kraku koji je najbliži točki P3 najčešće na visini 1500 ft AMSL. Za izlazak preko istočne točke N3, pilot će napustiti aerodromski prometni krug na kraku najbližem točki L2 najčešće na 2000 ft AMSL. Za izlaz preko zapadne točke W1, pilot će krenuti najbližim putem iz aerodromskog prometnog kruga do točke R2 na visini 1500 ft AMSL [12].

Točke ulaza u prostor su jednake izlaznima zbog čega je važno obratiti pažnju na visine leta. Za ulaz na točku N2 potrebno je održavati visinu 2000 ft AMSL i letjeti prema točki P3. Prije ulaska u aerodromski prometni krug, visinu je potrebno sniziti na 1500 ft AMSL. Kod ulaza na točku N3 visina bi trebala biti 1500 ft AMSL te se let nastavlja prema točki L2 do uključivanja u aerodromski prometni krug ili do prilaza iz pravca (eng. Straight-In-Approach). Dolazak preko točke W1 se očekuje na visini 2000 ft AMSL. Let bi se trebao nastaviti prema točki R2 te bi se visina leta trebala sniziti do 1500 ft AMSL prije uključivanja u aerodromski prometni krug. Općenito, za ulazak u sami prostor CTR Lučko, avioni trebaju biti na visini 2000 ft AMSL, a helikopteri 1300 ft AMSL [12].



### 4.3. Pilotažne zone unutar CTR Lučko

Unutar prostora CTR Lučko postoje posebno definirani prostori (slika 20) određenih dimenzija koji se koriste za obuku pilota i padobranaca (tablica 6).

Dogovorno, ukoliko kontrolor zračnog prometa ne odobri drugačije, avioni u pilotažne zone odlaze na visini 1500 ft AMSL, a helikopteri na 1000 ft AMSL. Do ovih visina penju po aktivnom aerodromskom prometnom krugu te krug napuštaju tako da najkraćim putem stignu do zone pazeći da pri tome ne prelaze preko putanja ostalih zrakoplova te da ne presijeca aerodromski prometni krug. Za povratak iz zona, zrakoplovi moraju u aerodromski prometni krug ući na visini 1500 ft [12].

Važno je napomenuti da zone 2 Horvati, 3 Zdenčina i 4 Galgovo nisu raspoložive za upotrebu izvan radnog vremena TWR Lučko. Također, jednu zonu može koristiti samo jedan zrakoplov u određenom vremenu, dok ostali zrakoplovi mogu samo proći kroz tu zonu. Zrakoplovi se u aktivnim zonama sami razdvajaju prema VFR pravilima leta i informacijama o prometu jer su u klasi D ili G zračnog prostora, ovisno o radu kontrolnog tornja.



Slika 20: Pilotažne zone unutar CTR Lučko (1-Lučko, 2-Horvati, 3-Zdenčina, 4-Galgovo, 5-Samobor, 7-Podsused) [28]

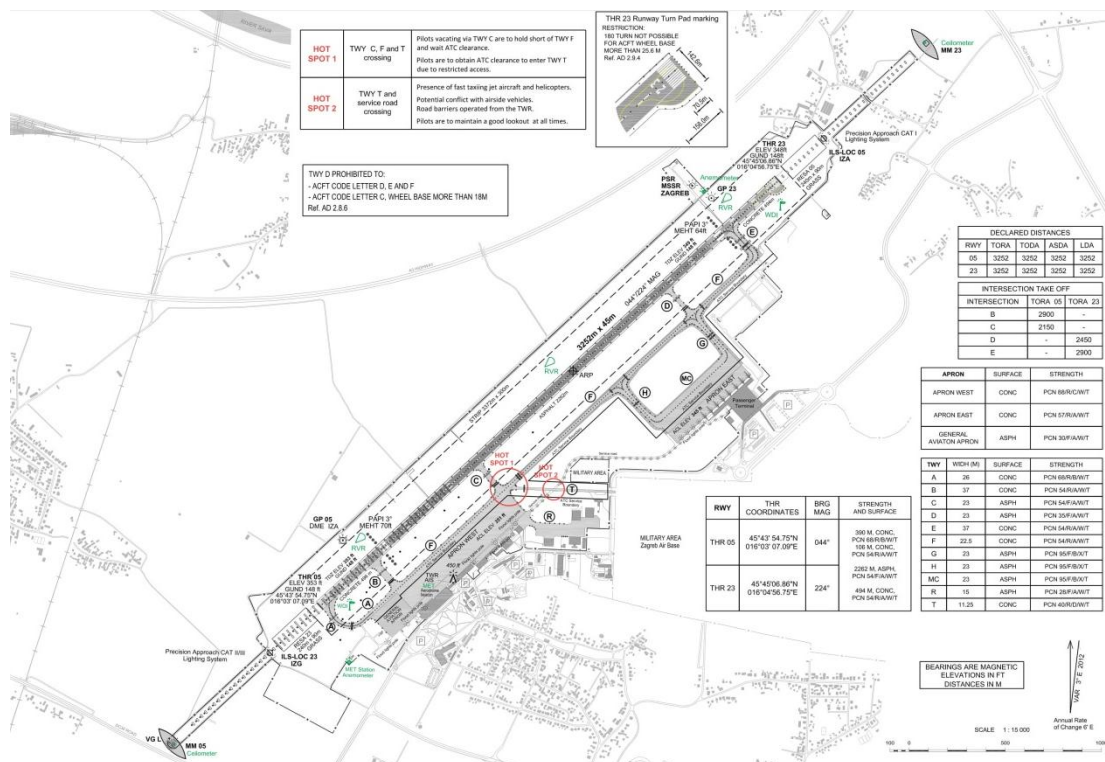
Tablica 6: Karakteristike zona CTR Lučko [28]

OZNAKA I NAZIV ZONE	CENTAR ZONE		POLUMJER ZONE	VERTIKALNE GRANICE	NAMJENA
	WGS-84 geografska širina	WGS-84 geografska duljina			
1 Lučko	45° 46' 00" N	015° 50' 55" E	1,25 NM	2000 ft – 2500 ft AMSL	školsko-trenažna; prvenstveno za simulaciju otkaza motora
2 Horvati	45° 42' 54" N	015° 49' 12" E	1,25 NM	1000 ft AGL – 2500 ft AMSL	školsko-trenažna
3 Zdenčina	45° 41' 16" N	015° 45' 56" E	1,25 NM	1000 ft AGL – 2500 ft AMSL	školsko-trenažna
4 Galgovo	45° 44' 25" N	015° 45' 06" E	1,25 NM	1000 ft AGL – 2500 ft AMSL	školsko-trenažna
5 Samobor	45° 47' 51" N	015° 45' 35" E	1,25 NM	1000 ft AGL – 2500 ft AMSL	školsko-trenažna
7 Podsused <sup>4</sup>	45° 49' 00" N	015° 52' 01" E	1,25 NM	1000 ft AGL – 2500 ft AMSL	školsko-trenažna
Padobranska zona	Padobranska zona definirana je svojim lateralnim i vertikalnim granicama u AIP-u u ENR 5 dijelu kao PADOBRANSKA ZONA LUČKO				
Zona jedrila	Zone jedrilica definirane su svojim lateralnim i vertikalnim granicama u AIP-u u ENR 5 dijelu kao jedriličarske zone LUČKO 1, LUČKO 2 i LUČKO 3				

#### 4.4. Promet TMA Zagreb

Promet TMA Zagreb se sastoji od svih letova CTR prostora koje nadvisuje, ali i sav ostali promet koji je ispod FL 205 unutar definiranog teritorija. Najčešći su komercijalni letovi, no, s obzirom da i USS-u zračne luke Franjo Tuđman (slika 21) i USS-e aerodroma Lučko koriste vojni zrakoplovi, u prostoru TMA Zagreb se odvijaju letovi svih vrsta prometa.

<sup>4</sup> Prema informacijama s TWR Lučko, zona Podsused je zatvorena zbog definiranja VFR točke P3.



Slika 21: Tlocrt manevarskih površina zračne luke Franjo Tuđman [29]

#### 4.4.1. Flota i karakteristike zrakoplova Croatia Airlines

Zračna luka Franjo Tuđman u Zagrebu je domicilna zračna luka avioprijevoznika Croatia Airlines te su njihovi zrakoplovi neizbježan promet u prostoru CTR Zagreb, ali i TMA Zagreb. Croatia Airlines posjeduje tri vrste komercijalnih zrakoplova – Airbus A 320-200, Airbus A 319-100 i Dash 8-Q400 [30].

Airbus A320 je uskotrupni linijski putnički zrakoplov (slika 22). Napredniji je od svojih prethodnika prema uvođenju „fly-by-wire“ tehnologije uz pomoću koje se zrakoplovom lakše upravlja elektronskim impulsima. Pokreću ga 2 motora, a zrakoplov zahtijeva 2 člana posade u kokpitu te može primiti do 174 putnika. Raspon krila je 34,1 m, duljina trupa 37,6 m, a visina zrakoplova 11,76 metara.

Airbus A319 je, uz A320, najpopularnija inačica ovog zrakoplova (slika 22). Član je serije A320 zrakoplova, no kraćeg je trupa od A320 i duljina mu iznosi 33,84 metara. Raspon krila je 34,10 m. Zrakoplova je niskokrilac s uvlačivim podvozjem i dva turbofan motora koji ga pokreću. Model u posjedu kompanije Croatia Airlines može primiti 144 putnika.

Dash 8-Q400, punim imenom Bombardier Dash 8 ili de Havilland Canada Dash 8 (slika 22), je turbo-elisni zrakoplov namijenjen za prijevoz putnika. U početku proizvodnje je imao četiri motora, no taj je broj smanjen na dva, ali jača motora. Zrakoplov je prepoznatljiv po T dizajnu repa i podvozju

koje se uvlači u produženu oplatu motora. Slovo „Q“ označava seriju zrakoplova sa sustavima za smanjivanje buke i vibracija u kabini. Također, Dash 8-Q400 nije opremljen sustavom za kisik za putnike jer mu je najviša visina leta FL 250 koja je i granična te se za letove na i ispod te visine ne mora koristiti dodatni kisik.



**Slika 22: Flota u posjedu zrakoplovne kompanije Croatia Airlines (1. Airbus A320-200, 2. Airbus A319-100, 3. Dash 8-Q400)**

Karakteristike navedenih zrakoplova se mogu vidjeti u tablici 7. Zračnu luku koriste i zrakoplovi drugih zrakoplovnih kompanija, no zrakoplovi su sličnih karakteristika kao navedeni zrakoplovi kompanije Croatia Airlines pa se nisu detaljno opisivali.

**Tablica 7: Karakteristike zrakoplova Croatia Airlines**

ZRAKOPLOV	BRZINA KRSTARENJA	DOLET	PLAFON LETA	BRZINA PENJANJA	MAKSIMALNA MASA PRI POLIJETANJU
Airbus A 320-200 [31]	0,79 Ma 450 kt	2700 NM	FL 410	2500 ft/min	73 900 kg
Airbus A 319-100 [32]	0,79 Ma 450 kt	1800 NM	FL 390	2500 ft/min	64 000 kg
Dash 8-Q400 [33]	360 kt	1300 NM	FL 250	3500 ft/min	28 998 kg

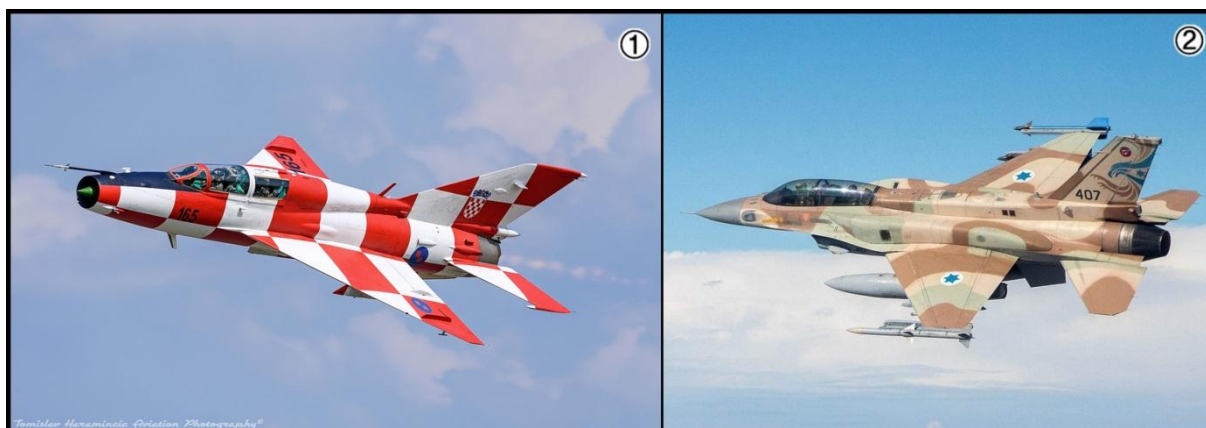
#### 4.4.2. Flota i karakteristike zrakoplova HRZ-a

Od ukupne flote Hrvatskog ratnog zrakoplovstva, uzletno-sletnu stazu Međunarodne zračne luke Franjo Tuđman koriste većinom zrakoplovi MiG-21. U službu bi se trebali uvesti i zrakoplovi F-16 2020. godine.

MiG-21, punog imena Mikojan-Gurjevič 21, je višenamjenski nadzvučni zrakoplov kojeg pokreće jedan mlazni motor (slika 23). Zahvaljujući delta krilu, MiG-21 je bio prvi sovjetski zrakoplov koji je obavljao zadaće i lovca i presretača. U Hrvatskoj postoje dvije verzije ovog zrakoplova, MiG-21 bisD i MiG-21 UMD, koji se koriste za borbene zadaće i školovanje pilota. Zrakoplov je dugačak 15,76 metara, visok 4,1 metra s rasponom krila od 7,15 m.

F-16 Fighting Falcon je američki višenamjenski borbeni zrakoplov koji se smatra jednim od najsigurnijih lovaca na svijetu (slika 23). Rađen je prvenstveno kao dnevni lovac, no sposoban je i za

noćne operacije. Ovaj zrakoplov je lovac za blisku zračnu borbu. Prvi je zapadni lovac s „fly-by-wire“ sustavom upravljanja. Zrakoplov je dugačak 14,8 m, visok 4,8 m. Raspon krila je 9,8 metara. Za pokretanje ima jedan turbomlazni motor s dodatnim izgaranjem.



Slika 23: Flota HRZ-a (1. MiG-21, 2. F-16)

Karakteristike zrakoplova Hrvatskog ratnog zrakoplovstva su prikazane u tablici 8.

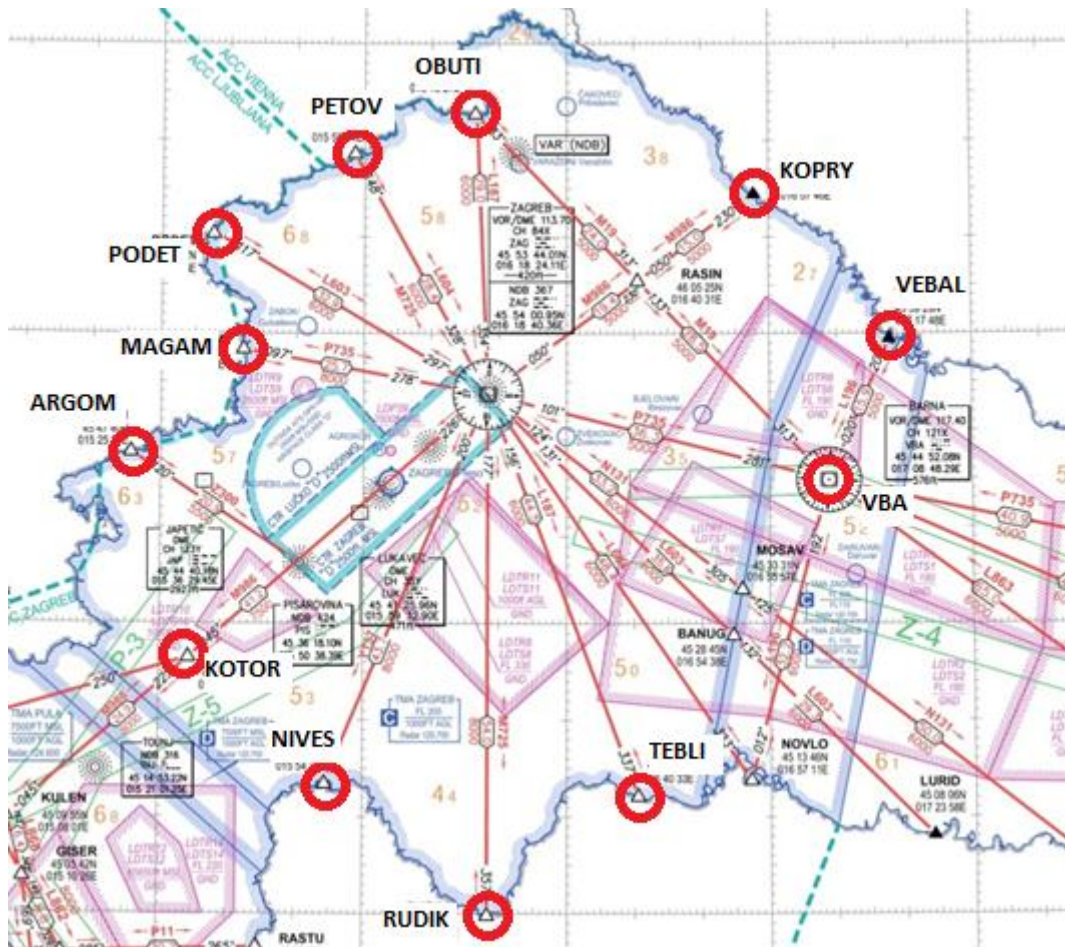
Tablica 8: Karakteristike zrakoplova Hrvatskog ratnog zrakoplovstva

ZRAKOPLOV	BRZINA KRSTARENJA	DOLET	PLAFON LETA	BRZINA PENJANJA	MAKSIMALNA MASA PRI POLIJETANJU
MiG-21 [34]	0.85 Ma 500 kt (max oko 2 Ma)	600 NM	FL 600	44 280 ft/min	9500 kg
F-16 [35]	0,86 Ma 480 kt (max oko 2 Ma)	2000 NM	FL 500	55000 ft/min	14 970 kg

#### 4.5. Ulazak i izlazak zrakoplova u/iz TMA Zagreb

Zračni prostor TMA Zagreb graniči sa zračnim prostorima Slovenije, Mađarske, Bosne i Hercegovine i sa zračnim prostorima Hrvatske, a to su CTR Zagreb, CTR Lučko, TMA Pula, CTA iznad FL 205 te CTA između TMA Zagreb i TMA Osijek. Sa svakim od susjednih prostora, TMA Zagreb je povezan s točno definiranim točkama (slika 24). Za prijelaz između prostora iznad i ispod TMA je potrebna samo promjena visine.

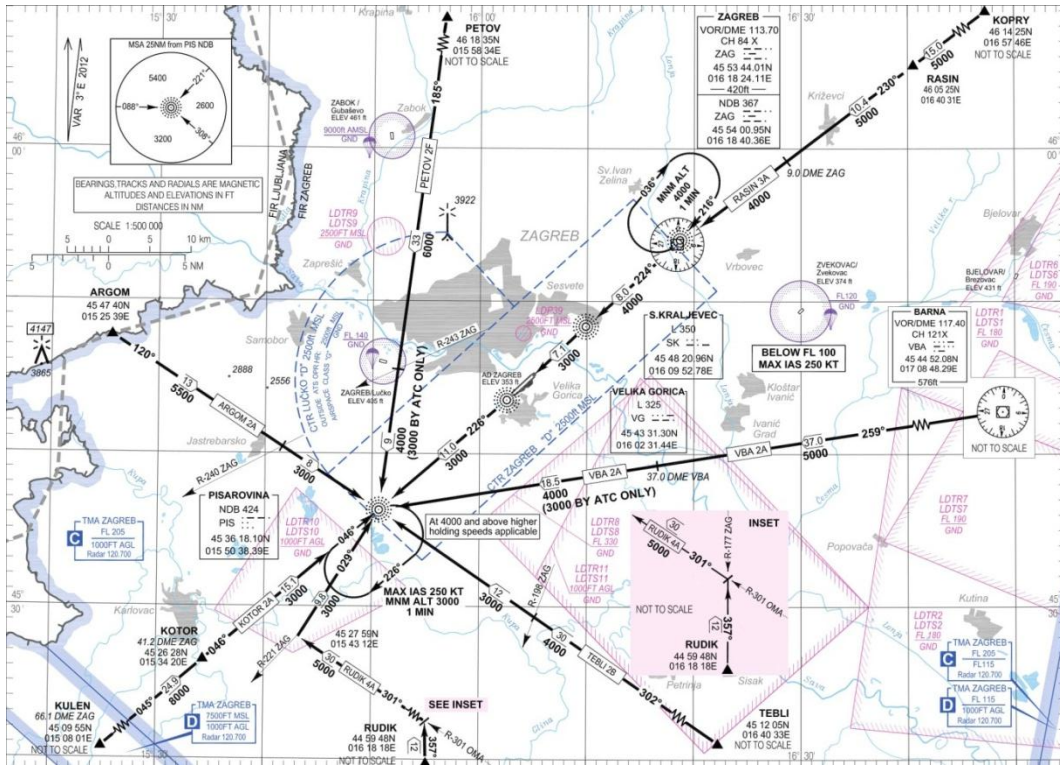
Točke na granici s Austrijom su PETOV i OBUTI. Na granici sa Slovenijom su LETLI, GORPA, ARGOM, MAGAM i PODET. Na granici s Mađarskom su KOPRY i VEBAL, te na granici s Bosnom i Hercegovinom su TEBLI, DEVUL, RUDIK i NIVES. S obzirom da područje odgovornosti prilazne kontrole Zagreb obuhvaća i područje Bosne i Hercegovine, definirane su i točke OKSIG, EVTON i ETOBI. Prijelazi iz ostalih hrvatskih prostora su preko točaka KOTOR i VBA.



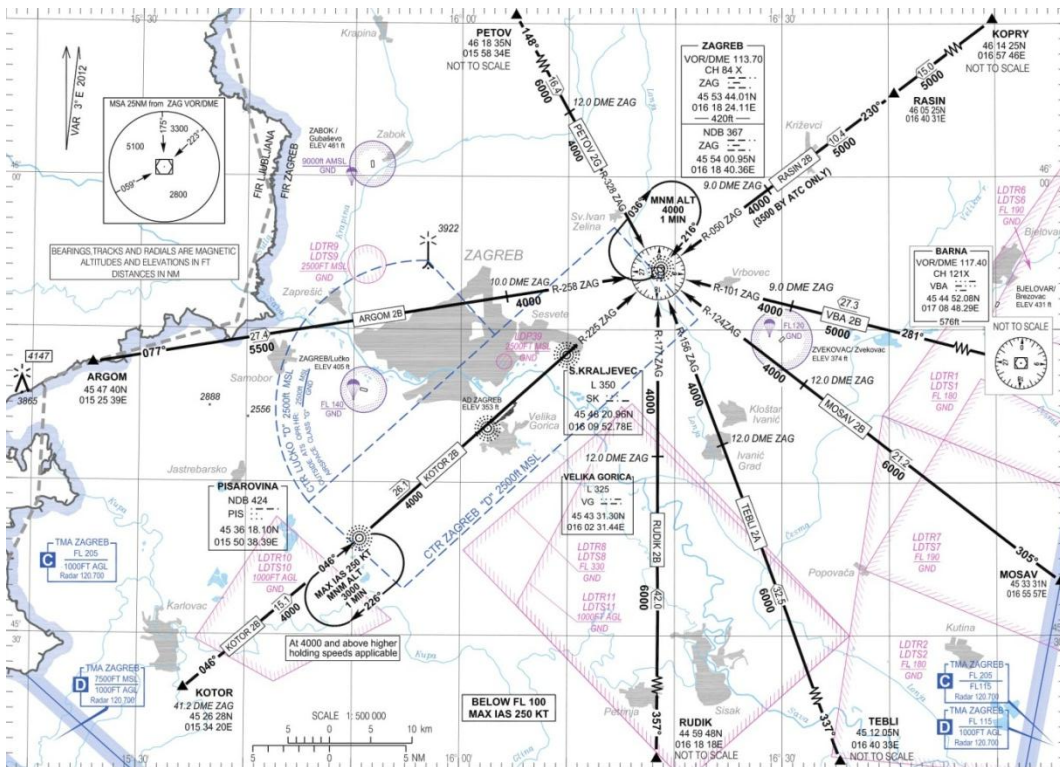
Slika 24: Ulazne i izlazne točke TMA Zagreb<sup>5</sup>

Nakon svake od ovih točaka propisane su procedure prilaza, STAR-ovi (slika 25 i slika 26), no zrakoplovi češće dobivaju vektore za brži prilaz i slijetanje. Isto se događa i pri odlasku zrakoplova kada postoje procedure odlaska, SID-ovi (slika 27 i slika 28), no veća je vjerojatnost da će kontrolor odobriti zrakoplovu direktnu putanju prema izlaznoj točki.

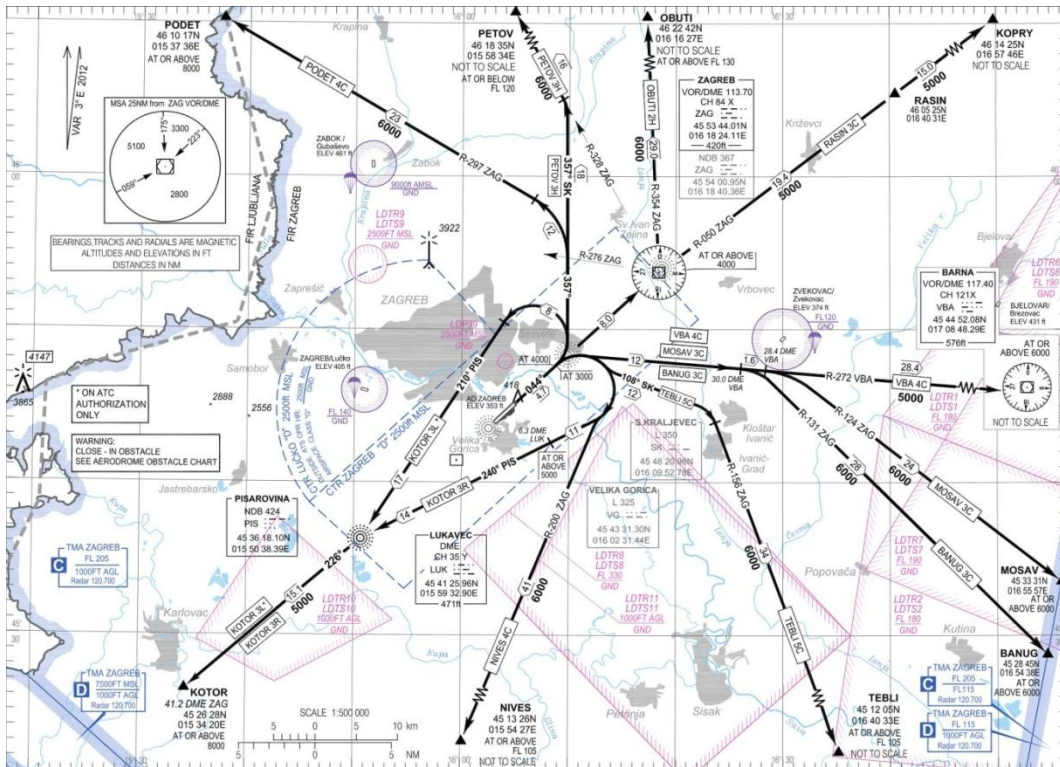
<sup>5</sup> Izvor: [46]



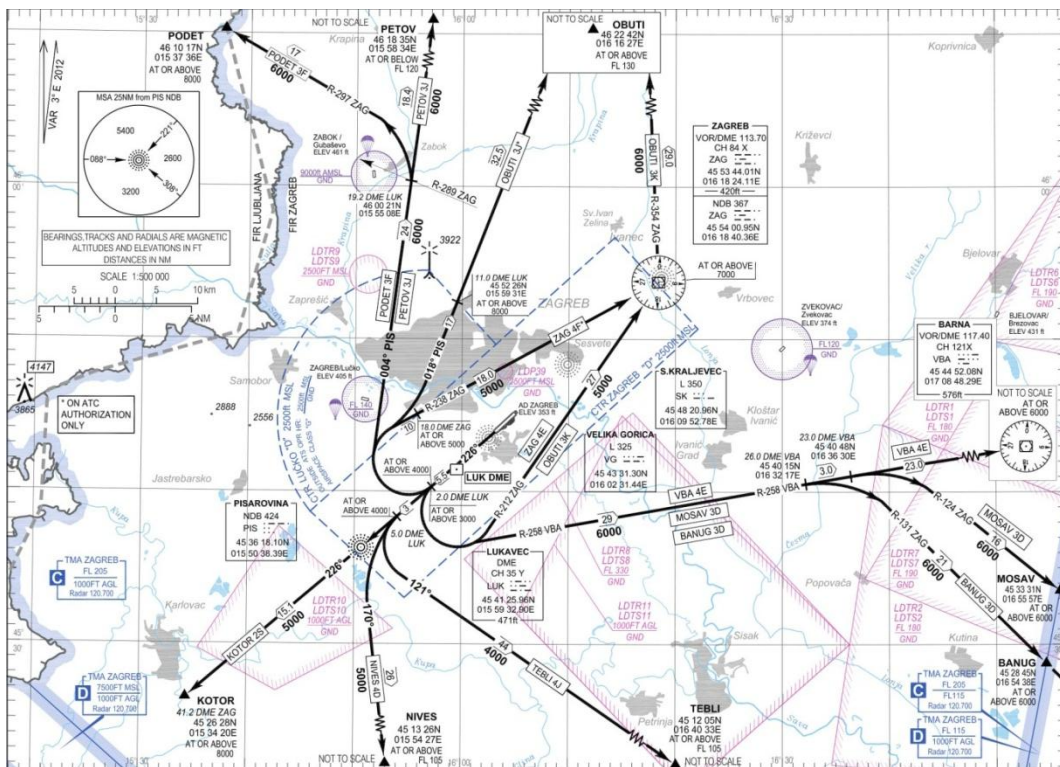
Slika 25: Propisane STAR procedure za RWY 05 u Zagrebu [36]



Slika 26: Propisane STAR procedure za RWY 23 u Zagrebu [37]



Slika 27: Propisane SID procedure za RWY 05 u Zagrebu [38]



Slika 28: Propisane SID procedure za RWY 23 u Zagrebu [39]

Dogovorene ulazne visine na točkama su FL 150 na PETOV, između FL 150 i FL 120 na KOPRY, FL 140 na TEBLI i VBA, FL 130 na RUDIK, FL200 na VEBAL, FL 110 na KOTOR, TEBLI i DEVUL, 9000 ft na ARGOM te na FL 200 ili niže na OKSING, EVTON i ETOBI. Za odlaske, svi zrakoplovi mogu dobiti

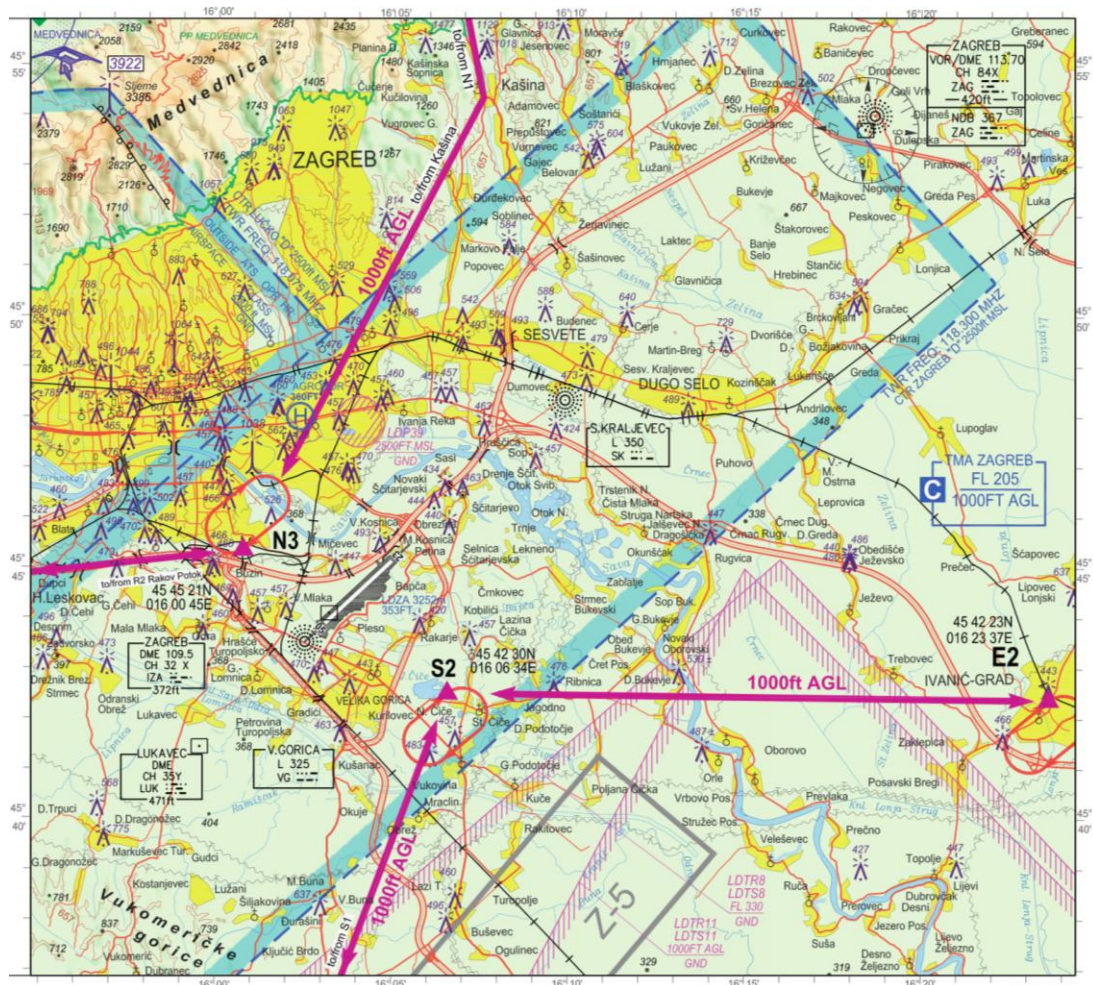


maksimalnu visinu FL 200 odobrenu od strane prilaznog kontrolora. Trenutak predaje zrakoplova drugoj nadležnoj kontroli zračnog prometa određuje sam kontrolor, no obično je to na FL 130 ili više za PETOV, FL 150 ili više za TEBLI, NIVES i KOTOR, FL 170 ili više za KOPRY i VEBAL te FL 180 ili više za PODET.

#### **4.6. Promet CTR Zagreb**

Promet CTR Zagreb sadrži, u najvećoj mjeri, zrakoplove koji slijeću na ili polijeću s Međunarodne zračne luke Franjo Tuđman, zrakoplove u školskom krugu oko uzletno-sletne staze te promet unutar prostora do visine od 2500 ft AMSL što je gornja granica CTR Zagreb. Promet najčešće čine komercijalni zrakoplovi te nadzvučni zrakoplovi Hrvatskog ratnog zrakoplovstva koji su smješteni u 91. vojnoj bazi Zagreb pored zračne luke Franjo Tuđman. Zračna luka u Zagrebu je najprometnija zračna luka u Hrvatskoj s 37,7% ukupnog prometa na zračnim lukama u 2017. godini [40].

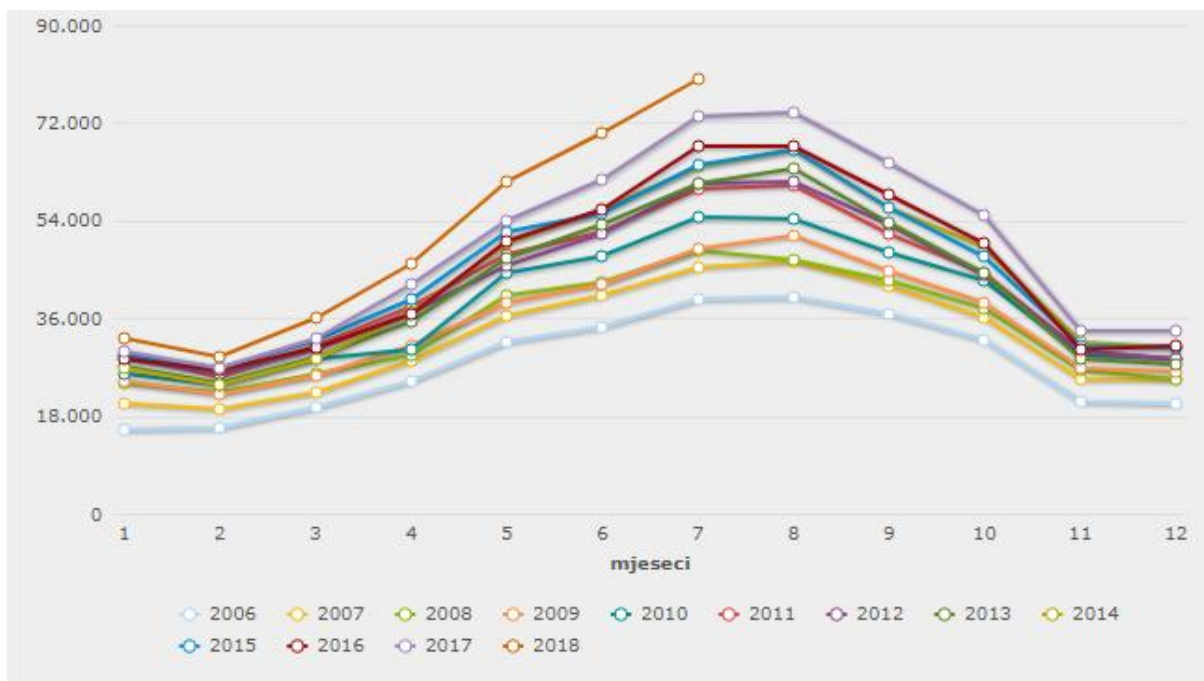
Komercijalni promet se u prostor najčešće uključuje preko točaka PIS na jugo-zapadnoj granici CTR Zagreb ili ZAG na sjevero-istočnoj granici, ovisno o tome koristi li se uzletno-sletna staza 05 ili 23. Vojni promet i generalno zrakoplovstvo mogu ući u prostor preko tih točaka no i uključanjem u školski krug preko točaka N3 sjevero-zapadno od uzletno-sletne staze i S2 jugo-istočno od uzletno-sletne staze ukoliko se radi o vizulanom letenju (slika 29). Izlazak iz prostora se obavlja preko istih točaka. Kontrolni toranj Zagreb prebacuje IFR letove radarskoj kontroli i prostoru TMA Zagreb odmah nakon polijetanja jer brzo dostižu visinu od 2000 ft, dok se generalno zrakoplovstvo prebacuje pri preletu točaka N3 ili S2 i dostizanju 2000 ft.



Slika 29: VFR točke ulaza u CTR Zagreb i izlaza iz CTR Zagreb [41]

#### 4.7. Broj zrakoplova u CTR Lučko i TMA Zagreb

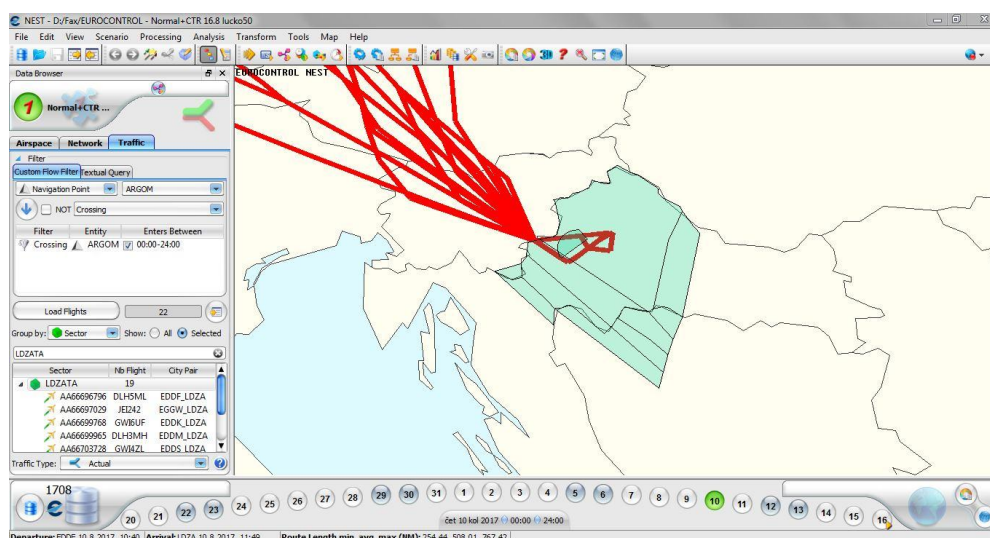
Broj zrakoplova u hrvatskom zračnom prostoru raste iz godine u godinu te se drastično mijenja po mjesecima u godini. Najviše prometa ima u vrijeme ljetne sezone, od svibnja do rujna, pri čemu se ističu mjeseci srpanj i kolovoz (slika 30). U tim mjesecima ima najviše prometa u svim prostorima, uključujući i TMA Zagreb i CTR Lučko.



Slika 30: Pregled IFR prometa po mjesecima i godinama [42]

#### 4.7.1. Statistika prometa TMA Zagreb

U ovom radu je posebno analiziran vremenski period od 20.7. 2017. do 16.8.2017. godine prema najnovijem raspoloživom AIRAC-u za program NEST<sup>6</sup>. U tom razdoblju, u prostoru TMA Zagreb dnevno bilo prosječno 166 zrakoplova. Svi oni su ili ušli ili izašli preko jedne od definiranih točaka ulaza i izlaza ili su letjeli unutar samog prostora. Statistika prometa u prostoru TMA Zagreb je napravljena u simulacijskom programu NEST (slika 31).



Slika 31: Primjer prikaza prometa kroz točku i prostor u programu NEST [8]

<sup>6</sup> eng. Network Strategic Tool

U tablici 9 je prikazan stvaran broj zrakoplova unutar prostora TMA Zagreb te broj zrakoplova koji su prošli preko obavezne točke ulaza i izlaza. Pozitivna razlika tih vrijednosti znači da neki zrakoplovi nisu ni u jednom trenutku napustili prostor. Negativna razlika označava broj zrakoplova koji su ušli i izašli iz prostora, tj. one koje nisu sletjeli na ili poletjeli sa zračne luke u Zagrebu već su samo preletjeli prostor. Do razlike dolazi jer se u prvom slučaju broja zrakoplova u prostoru svaki zrakoplov broji samo jednom, a kod prolaska kroz točke se jedan zrakoplov broji dva puta ukoliko je ušao preko jedne točke i izašao preko neke druge.

**Tablica 9: Usporedba broja zrakoplova koji su u prostoru TMA i onih koji su prošli obavezne točke ulaza u i izlaza iz prostora [8]**

DATUM	STVARNI BROJ ZRAKOPLOVA U PROSTORU	BROJ ZRAKOPLOVA KOJI SU PROŠLI TOČKE ULAZA I IZLAZA	RAZLIKA
20.7.	171	111	60
21.7.	176	155	21
22.7.	151	105	46
23.7.	142	83	59
24.7.	176	136	40
25.7.	172	128	44
26.7.	174	149	25
27.7.	185	175	10
28.7.	188	190	-2
29.7.	149	134	15
30.7.	142	101	41
31.7.	189	148	41
1.8.	160	143	17
2.8.	163	132	31
3.8.	173	173	0
4.8.	179	169	10
5.8.	153	130	23
6.8.	142	95	47
7.8.	174	146	28
8.8.	176	178	-2
9.8.	162	137	25
10.8.	163	133	30
11.8.	177	119	58
12.8.	157	137	20
13.8.	140	132	8
14.8.	171	144	27
15.8.	160	156	4
16.8.	162	148	14

Posebno su razmatrane točke ARGOM, MAGAM, GORPA, PODET, PETOV i OBUTI s obzirom da će zrakoplovi koji prolaze preko njih vrlo vjerojatno proći preko prostora CTR Lučko ukoliko će sletjeti na zračnu luku Franjo Tuđman. Opterećenje po točkama dato je u tablici 10.

**Tablica 10: Statistika preleta preko pojedinih točaka**

PRELETI U PROMATRAMOM VREMENSKOM PERIODU (20.7.2017.-16.8.2017.)	ARGOM	GORPA	MAGAM	PODET	PETOV	OBUTI
UKUPNI BROJ PRELETA	466	368	158	457	265	303
PROSJEČNI BROJ PRELETA U DANU	17	14	6	17	10	11
POSTOTAK PRELETA	11,6%	9,6%	3,9%	11,6%	6,9%	7,8%

Vidljivo je da točke ARGOM i PODET sadržavaju većinu prometa u ovom dijelu prostora. Detaljna statistika prolaska zrakoplova preko točaka je prikazana u Prilogu 1.

#### **4.7.2. Statistika prometa CTR Lučko**

U vremenu promatranom za potrebe ovog rada, od 20.7. do 16.8. 2017. godine, u prostoru CTR Lučko je bilo 854 zrakoplova. Od toga, 315 je bilo generalno zrakoplovstvo za vrijeme rada TWR Lučko, a 510 u vrijeme nekontrolirane zone Lučko. Promet generalnog zrakoplovstva je u periodu od 20.7. do 16.8. 2017. godine činio 96,6% ukupnog prometa CTR Lučko.

Obrada službenih podataka Hrvatske kontrole zračnog prometa iz Priloga 2 prikazana je u tablici 11. Također, prema podacima iz Hrvatske kontrole zračnog prometa, prikazanim u Prilogu 3, vidljiv je porast prometa u CTR Lučko. U odnosu na 2017. godinu, u srpnju 2018. je bilo 262 zrakoplova više, što čini porast od 20,3%, dok je u kolovozu 2018. godine bilo 388 zrakoplova više, što čini porast od 41,5%. Dok broj letova HRZ-a i preleta pretežno stagniraju, očituje se veliki porast u letovima generalnog zrakoplovstva u vrijeme rada TWR Lučko, ali i izvan njega. Ukoliko se taj mjesečni porast nastavi i dalje, može se zaključiti opravdanost razmatranja povećanja prostora CTR Lučko.

Tablica 11: Usporedba broja letova u CTR Lučko

BROJ LETOVA U CTR LUČKO		UKUPNO	HRZ	GENERALNO ZRAKOPLOVSTVO (KONTROLIRANA ZONA)	GENERALNO ZRAKOPLOVSTVO (NEKONTROLIRANA ZONA)	PRELETI
2017.	SRPANJ	1288	41	352	890	5
	KOLOVOZ	934	27	389	502	16
2018.	SRPANJ	1550	45	621	878	6
	KOLOVOZ	1322	23	542	736	21
PORAST PROMETA	SRPANJ	20,3%	9,7%	76,4%	-1,3%	20%
	KOLOVOZ	41,5%	-1,5%	39,3%	47%	31,3%

## 5. Simulacija zračnog prometa nakon promjene vertikalne granice CTR Lučko

### 5.1. Simulacijski program NEST

NEST (eng. Network Strategic Tool) je simulacijski program kojeg koristi EUROCONTROL-ov Upravitelj mrežom i pružatelji usluga u zračnom prometu za dizajniranje i razvoj strukture zračnog prostora, planiranje kapaciteta i post-operacijske analize, organizaciju protoka zračnog prometa, pripremu scenarija za simulacije u stvarnom vremenu i studije na lokalnoj razini i razini mreže [43]. Program je nastao spajanjem programa SAAM<sup>7</sup> i programa NEVAC<sup>8</sup> te sada služi za optimiziranje raspoloživih resursa i poboljšanje učinka mreže.

NEST koristi podatke STATFOR-a<sup>9</sup> koje izdaje EUROCONTROL na kraju svakog AIRAC<sup>10</sup> ciklusa. Svaki AIRAC sadrži podatke od 28 uzastopnih dana. Program se temelji na scenarijima koje korisnici mogu mijenjati i modelirati prema potrebama. U programu su 5 simulacijska algoritma: uzorci budućeg prometa, 4D distribucija prometa, optimizator konfiguracija, stvaratelj regulacija te simulacije kašnjenja. Sve promjene i simulacije je moguće analizirati preko dobivenih podataka u obliku tablica, karta ili 2D, 3D ili 4D animacija [43].

### 5.2. Pokazatelji zračnog prometa

U ovom radu su za analizu uzeti sljedeći pokazatelji zračnog prometa:

- broj rerutiranih zrakoplova
- prijeđena udaljenost
- vrijeme leta
- potrošnja goriva
- emitiranje CO<sub>2</sub> te NO<sub>x</sub> plinova

Prema ciljevima Upravitelja mreže i SES legislative te općenitim zahtjevima korisnika, cilj je sve ove pokazatelje zračnog prometa smanjiti koliko je moguće. U suprotnosti tome, zatvaranje određenog prostora automatski znači manji kapacitet i promjenu protoka prometa što rezultira povećanjem vrijednosti ovih pokazatelja.

Zatvaranjem prostora automatski dolazi do promjene putanja određenih zrakoplova koji bi inače prolazili tim prostorom čime se javlja i promjena vremena leta. U zračnom prometu postoje i

---

<sup>7</sup> eng. System for Analysis at Microscopic level

<sup>8</sup> eng. Network Estimation Vizualization of ACC Capacity

<sup>9</sup> eng. Statistics and Forecasts

<sup>10</sup> eng. Aeronautical Information Regulation And Control

mjerljivi indikatori (eng. Key Performance Indicators, KPIs) pomoću kojih se može odrediti kvaliteta usluge u kontroli zračnog prometa. Potrošnja goriva u kilogramima te količina ispušnih plinova CO<sub>2</sub> i NO<sub>x</sub> pripadaju u kategoriju okoliša u KPI pokazateljima.

### 5.3. Simulacija zračnog prostora

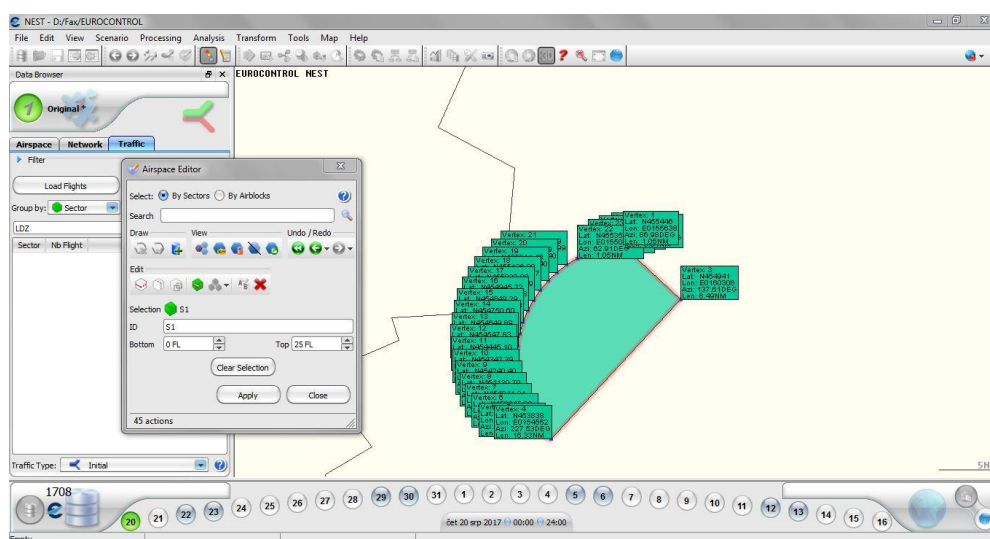
Za potrebe ovog rada, korištena je verzija programa NEST 1.6 te AIRAC od 20.7.2017. do 16.8.2017. godine kao presjek dva najprometnija mjeseca u godini [44]. U toj bazi su podaci stvarnog prometa iz tog određenog vremenskog razdoblja te su oni korišteni kao referenca u daljnjim simulacijama.

S obzirom da program NEST ne prikazuje područja CTR, prostor CTR Lučko je ucrtan prema koordinatama iz VFR priručnika za aerodrom Lučko do gornje granice od 2500 ft (slika 32 i slika 33).

#### LDZLAD 2.17 ZRAČNI PROSTOR U NADLEŽNOSTI ATS-A LDZLAD 2.17 ATS AIRSPACE

1	<i>Oznake bočne granice</i>  <i>Designation and lateral limits</i>	CTR Lučko 453838N 0154552E Luk kruga, radijusa 18 KM sa centrom u: The arc of a circle, radius 18 KM centered at: 454446N 0155638E 455429N 0155649E 454941N 0160306E 453838N 0154552E
2	<i>Vertikalne granice / Vertical limits</i>	<u>2 500 FT MSL</u> GND

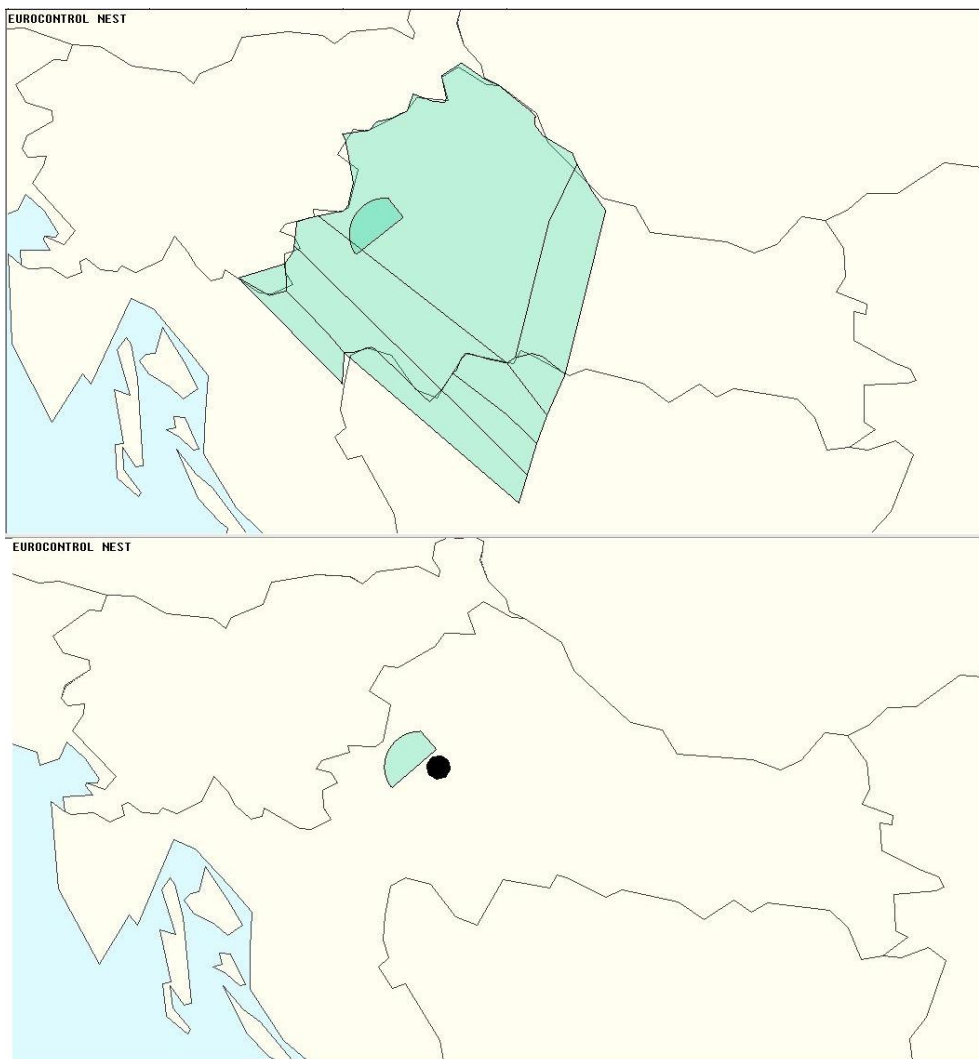
Slika 32: Koordinate granica CTR Lučko [12]



Slika 33: Izrada CTR Lučko prema koordinatama [8]



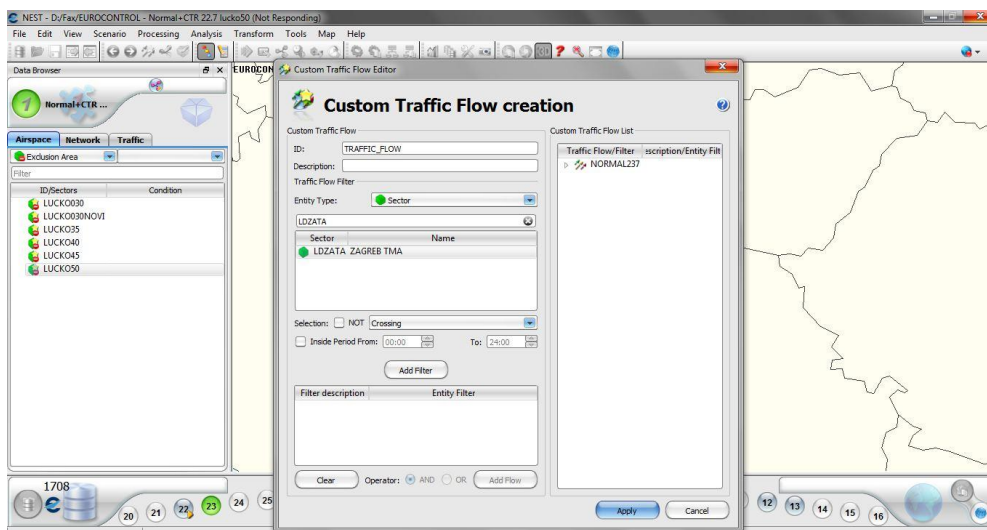
Zatim je vizualno prikazan odnos nadležnosti TMA Zagreb i CTR Lučko te CTR Lučko i Zračne luke u Zagrebu radi provjere (slika 34).



**Slika 34: Odnos TMA Zagreb i CTR Lučko (gore) te zračne luke u Zagrebu i CTR Lučko (dolje) [8]**

Simulacija svakog dana je započeta dobivanjem podataka o pokazateljima prometa stvarnog prometa bez ikakvih regulacija. Taj Excel dokument sadrži referentne podatke prema kojima su kasnije rađene usporedbe za svaku promjenu vertikalne granice.

Naredbama „Edit – Create Custom Traffic Flow“ se otvara novi prozor u programu u kojem se odabire protok prometa u odabranom danu, satima u danu te kroz koji prostor prolazi ili ne prolazi. Za potrebe ovog rada, odabran je promet koji prolazi kroz TMA Zagreb unutar svih 24 sata odabranog dana. Taj protok je nazvan „Normal“ te mu je dodan datum dana koji se promatra (slika 35).



Slika 35: Kreiranje protoka prometa [8]

Nakon kreiranja potrebnog protoka prometa, naredbama „Scenario – Simulate Trajectory“ se simuliraju putanje zrakoplova u tom protoku prometa. Svaki dan je posebno odabran, u odnosu na referentni protok prometa. Kod tog prvog scenarija nema reguliranog područja pa se dobivaju putanje stvarnog prometa koje se mogu prikazati u 2D ili 3D obliku. Putanje se mogu označavati i prikazivati pojedinačno ili grupno kao sav promet kroz određeni volumen prostora (slika 36).



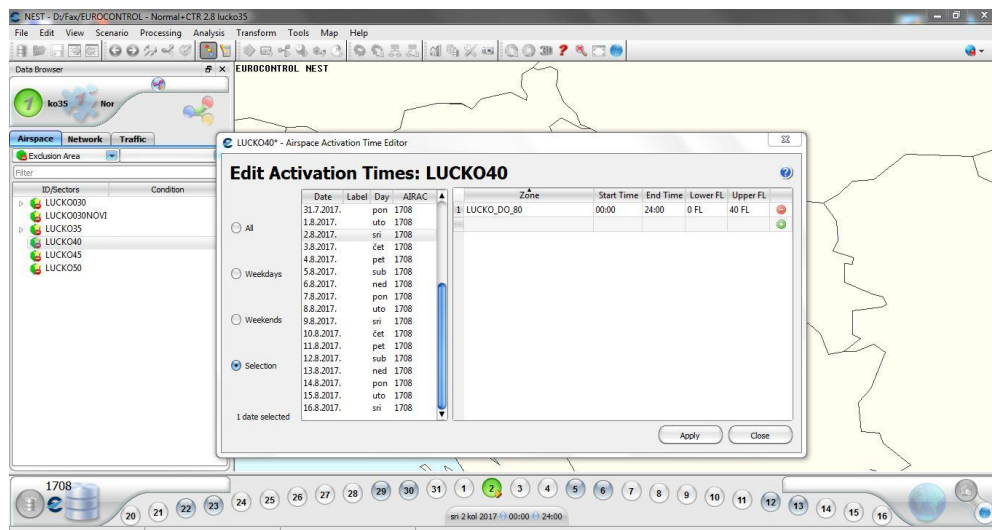
Slika 36: 3D prikaz stvarnog prometa [8]

Naredbama „File – Export Data“ se zatim izvlače podaci o pokazateljima prometa u dokument čitljiv u programu NEST. Tim postupkom se završava simulacija i pregled stvarne situacije te se prelazi na kreiranje izdvojenog prostora.

U programu je napravljeno područje CTR Lučko do visine 8000 ft. Ova visina je uzeta kao maksimalna moguća visina do koje se granica može promijeniti zbog ograničenja u programu NEST, no ta visina nije korištena ni u jednoj aktivaciji izdvojenog područja. Visina se kasnije mijenjala ovisno

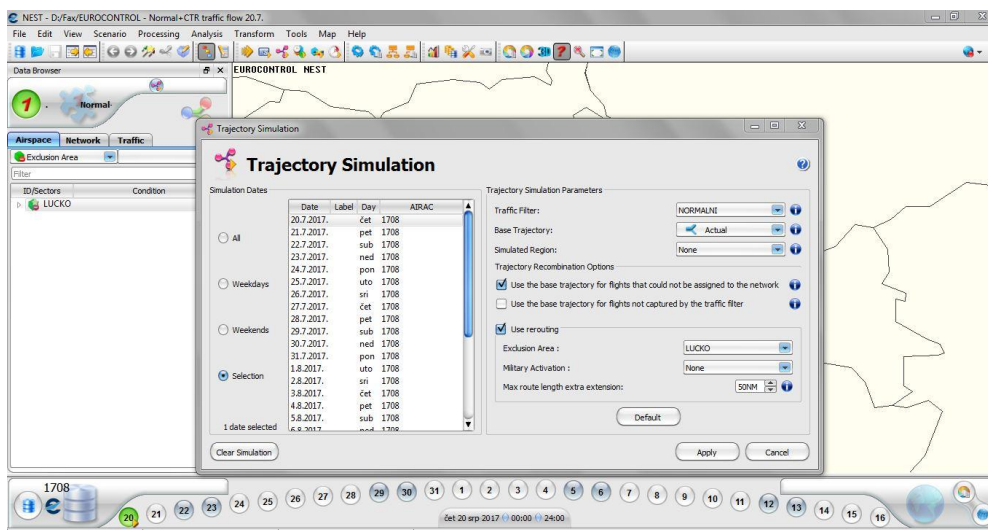
o dijelu simulacije od 3000 ft do 5000 ft po 500 ft visinske razlike. Svako područje CTR Lučko je u programu označeno „LUCKO“ s pripadajućom visinom radi lakšeg raspoznavanja. Maksimalna gornja granica od 5000 ft je određena prema performansama zrakoplova u koji koriste aerodrom Lučko. Uzimajući u obzir horizontalnu brzinu te brzinu penjanja zrakoplova, ali i horizontalnu udaljenost od uzletno-sletne staze do horizontalnih granica prostora, dobivena je maksimalna visina koju bi zrakoplovi mogli dostići koja iznosi malo manje od 5000 ft. Za potrebe ovog rada, ove vrijednosti su aproksimativne.

Naredbama „Airspace – Create Exclusion Area“ se dobiva mogućnost imenovanja novog područja koje će postati izdvojeni zračni prostor. Kada se kreira izdvojeni prostor, njega je moguće urediti odabirući zone koje će uključivati te visinske granice tih zona (slika 37). Za ovaj rad je korištena samo unaprijed kreirana zona „LUCKO“ te su kasnije mijenjane samo visinske granice.



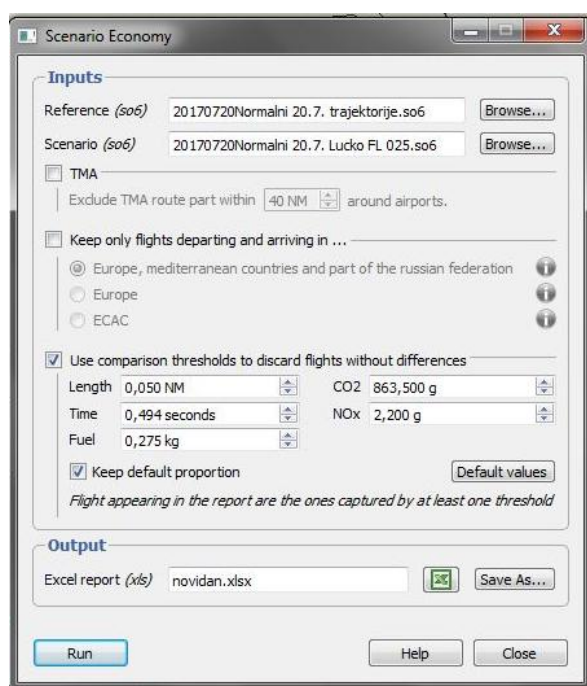
Slika 37: Uređivanje izdvojenog zračnog prostora [8]

Kada je posebno područje CTR Lučko kreirano, slijedi ponovno simulacija prometa, ali ovaj put se odabire prostor koji će se „zatvoriti“ i kroz koji promet neće prolaziti (slika 38). Simulacija se radi u odnosu na prethodno napravljeni referentni scenarij s uključivanjem izdvojenog prostora. Nakon simuliranja, naredbama za izvoz podataka se kreira novi dokument s novim podacima o prometu.



Slika 38: Uključivanje izdvojenog prostora u simulaciju prometa [8]

Kada se naprave minimalno dva dokumenta „so6“, oni se naredbama „Analysis – Scenario Economy“ uspoređuju prema određenim kriterijima. Ti kriteriji omogućavaju postavljanje minimalnih vrijednosti razlika između scenarija prema kojima se ignorira promet koji ne zadovoljava kriterije. Program ima unaprijed postavljene vrijednosti koje se mogu mijenjati, no za potrebe ovog rada su ostavljene kako su originalno upisane (slika 39).



Slika 39: Kriteriji usporedbe dvaju scenarija [8]

Nakon usporedbe, program kreira novi Excel dokument u kojemu su tablično prikazani podaci usporedbe dvaju scenarija. Za svaki dan je napravljeno 5 Excel dokumenata za visine CTR Lučko 3000 ft, 3500 ft, 4000 ft, 4500 ft i 5000 ft.

## 6. Analiza utjecaja promjene vertikalne granice CTR Lučko

Analiza utjecaja promjene vertikalne granice CTR Lučko na pokazatelje zračnog prometa TMA Zagreb je izvršena na temelju ranije navedenih Excel dokumenata s usporedbama referentnih vrijednosti i novo simuliranih protoka prometa nakon aktivacije zone „LUCKO“. Svi dobiveni podaci su prikazani tablično (slika 40) pa su prebačeni u posebni Excel dokument radi lakšeg računanja prosjeka.

EUROCONTROL - NEST Scenario Economy - three dimensional computing											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
15											
16	<b>Comparison thresholds:</b>										
17	<b>Length:</b>	0,05 NM									
18	<b>Time:</b>	0,00823333 min									
19	<b>Fuel:</b>	0,275 kg									
20	<b>CO2:</b>	0,8635 kg									
21	<b>NOx:</b>	0,0022 kg									
22											
23											
24											
25	<b>Simple report</b>										
26	Scenario Economy for ... (Potential gains/losses)										
27	<b>Total impacted flights</b>	<b>Length (NM)</b>	<b>Time (min)</b>	<b>Fuel (kg)</b>	<b>CO2 (kg)</b>	<b>NOx (kg)</b>					
28	3	61,847	10,759	190,707	602,670	2,373					
29											
30											
31											
32	<b>Detailed report</b>										
33	<b>Status</b>	<b>Length (NM)</b>		<b>Time (min)</b>		<b>Fuel (kg)</b>		<b>CO2 (kg)</b>		<b>NOx (kg)</b>	
34		<b>Nb flights</b>	<b>Total</b>	<b>Nb flights</b>	<b>Total</b>	<b>Nb flights</b>	<b>Total</b>	<b>Nb flights</b>	<b>Total</b>	<b>Nb flights</b>	<b>Total</b>
35	<b>Increase</b>	3	61,847	3	10,759	3	190,707	3	602,670	3	2,373
36	<b>Equal</b>	0	0,000	0	0,000	0	0,000	0	0,000	0	0,000
37	<b>Decrease</b>	0	0,000	0	0,000	0	0,000	0	0,000	0	0,000
38	<b>Total</b>	3	61,847	3	10,759	3	190,707	3	602,670	3	2,373

Slika 40: Primjer Excel dokumenta s usporedbom prometa [8]

U tablici 12 je prikazan broj letova koji su prošli kroz TMA Zagreb u određenim danima bez ikakve regulacije prostora. Nakon uključivanja raznih regulacija, tj. mijenjanja visine CTR Lučko, određeni broj zrakoplova koji je ranije prolazio iznad sadašnje gornje granice CTR Lučko morao je biti rerutiran. Prosječno je, u razdoblju od 20. srpnja do 16. kolovoza 2017. godine, u prostoru TMA Zagreb bilo 166 zrakoplova u danu. Zbog promjena vertikalne granice CTR Lučko je u prosjeku rerutirano 5 zrakoplova po danu.

Tablica 12: Stvarni broj zrakoplova u TMA Zagreb i broj rerutiranih zrakoplova zbog promjene vertikalne granice CTR Lučko [8]

DATUM	STVARNI BROJ ZRAKOPLOVA	BROJ RERUTIRANIH ZRAKOPLOVA S PROMJENOM VERTIKALNE GRANICE CTR LUČKO					PROSJEK RERUTIRANIH ZRAKOPLOVA
		3000 ft	3500 ft	4000 ft	4500 ft	5000 ft	
20.7.	171	2	4	4	4	5	3,8
21.7.	176	1	3	4	4	5	3,4
22.7.	151	2	3	3	3	5	3,2
23.7.	142	3	6	6	6	6	5,4
24.7.	176	1	1	1	3	5	2,2
25.7.	172	3	5	5	5	6	4,8
26.7.	174	3	6	6	7	10	6,4
27.7.	185	2	4	4	4	6	4
28.7.	188	2	3	3	3	5	3,2
29.7.	149	2	4	4	4	7	4,2
30.7.	142	3	5	5	5	6	4,8
31.7.	189	1	2	2	2	5	2,4
1.8.	160	3	5	5	5	6	4,8
2.8.	163	3	4	4	5	8	4,8
3.8.	173	4	6	6	6	7	5,8
4.8.	179	3	3	3	5	6	4
5.8.	153	3	5	5	5	6	4,8
6.8.	142	3	5	5	5	6	4,8
7.8.	174	1	2	2	3	5	2,6
8.8.	176	2	4	4	4	5	3,8
9.8.	162	4	5	5	6	9	5,8
10.8.	163	2	4	4	4	5	3,8
11.8.	177	2	3	3	4	5	3,4
12.8.	157	2	4	4	4	6	4
13.8.	140	3	5	5	5	7	5
14.8.	171	1	2	2	3	5	2,6
15.8.	160	2	4	4	4	5	3,8
16.8.	162	3	4	4	5	8	4,8
PROSJEK	166	3	4	4	5	7	5

Promjenama ruta, neizbježno dolazi do promjene prijeđene udaljenosti u letu (tablica 13). S obzirom da su CTR Lučko i CTR Zagreb odmah jedan pored drugog, zrakoplovi nisu mogli biti rerutirani između njih da bi možda imali kraću udaljenost, nego su morali zaobilaziti prostor CTR Lučko pa je ukupna udaljenost nakon regulacija uvijek veća od početne simulacije bez regulacija. U cijelom promatranom razdoblju, prosječna prijeđena udaljenost je 79,82 nautičke milje po danu. S obzirom da je dnevno bilo 166 zrakoplova, to je u prosjeku povećana udaljenost od 0,48 nautičke

milje po letu od ukupnog broja zrakoplova ili 15,96 nautičkih milja od prosječnih 5 rerutiranih letova. Rerutiranje letova, a time i veća prijeđena udaljenost, je najzahtjevniji čimbenik za kontrolore zračnog prometa te planiranje letova.

**Tablica 13: Promjena prijeđene udaljenosti s promjenom vertikalne granice CTR Lučko [8]**

DATUM	PROMJENA PRIJEĐENE UDALJENOSTI S PROMJENOM VERTIKALNE GRANICE CTR LUČKO (NM)					PROSJEČNA PRIJEĐENA UDALJENOST (NM)
	3000 ft	3500 ft	4000 ft	4500 ft	5000ft	
20.7.	46,772	72,187	72,187	72,187	119,816	76,6298
21.7.	15,075	42,298	57,972	57,972	105,601	55,7836
22.7.	30,15	39,891	39,891	39,891	126,384	55,2414
23.7.	45,225	117,293	117,293	117,293	117,293	102,8794
24.7.	15,075	15,075	15,075	74,499	167,612	57,4672
25.7.	61,847	87,262	87,262	87,262	134,891	91,7048
26.7.	45,225	122,627	122,627	166,377	293,397	150,0506
27.7.	30,15	55,565	55,565	55,565	149,847	69,3384
28.7.	30,15	45,824	45,824	45,824	118,878	57,3
29.7.	30,15	55,565	55,565	55,565	170,088	73,3866
30.7.	45,225	70,64	70,64	70,64	116,921	74,8132
31.7.	15,075	30,749	30,749	30,749	167,612	54,9868
1.8.	61,847	87,262	87,262	87,262	134,891	91,7048
2.8.	45,225	60,899	60,889	104,649	231,669	100,6662
3.8.	77,781	109,129	109,129	109,129	156,758	112,3852
4.8.	45,225	45,225	45,225	75,794	123,603	67,0144
5.8.	76,803	102,218	102,218	102,218	142,43	105,1774
6.8.	45,225	70,64	70,64	70,64	116,921	74,8132
7.8.	15,075	30,749	30,749	74,449	167,612	63,7268
8.8.	30,15	55,565	55,565	55,565	103,194	60,0078
9.8.	76,922	92,596	92,596	136,346	263,366	132,3652
10.8.	30,15	55,565	55,565	55,565	103,194	60,0078
11.8.	30,15	45,824	45,824	91,744	139,373	70,583
12.8.	30,15	55,565	55,565	55,565	142,058	67,7806
13.8.	45,225	70,64	70,64	70,64	166,172	84,6634
14.8.	15,075	30,749	30,749	74,449	167,612	63,7268
15.8.	30,15	55,565	55,565	55,565	103,194	60,0078
16.8.	45,225	60,899	60,899	104,649	231,669	100,6682
PROSJEK	39,66	63,72	64,28	78,5	152,93	79,82

Povećana duljina leta utječe i na vrijeme zrakoplova provedeno u letu. Povećanjem udaljenosti se povećava i potrebno vrijeme za let (tablica 14). Kroz 28 promatranih dana, vrijeme trajanja leta se produljilo u prosjeku za 13,74 minute ili prosječno 0,08 minuta po letu. Ako se uzme u

obzir da je prosječno rerutirano 5 zrakoplova u danu, to znači da bi svaki od njih imao prosječno 2,74 minute dulji let. Povećana duljina leta najviše utječe na zadovoljstvo korisnika zračnog prometa, posebice u komercijalnom zrakoplovstvu.

Tablica 14: Promjena vremena trajanja leta s promjenom vertikalne granice CTR Lučko [8]

DATUM	PROMJENA VREMENA LETA S PROMJENOM VERTIKALNE GRANICE CTR LUČKO (min)					PROSJEČNA PROMJENA TRAJANJA LETA (min)
	3000 ft	3500 ft	4000 ft	4500 ft	5000ft	
20.7.	8,787	19,986	19,986	19,986	20,26	17,801
21.7.	1,99	7,501	9,803	9,803	16,089	9,0372
22.7.	3,964	5,792	5,792	5,792	15,862	7,4404
23.7.	5,934	20,219	20,219	20,219	20,219	17,362
24.7.	1,972	1,972	1,972	10,902	21,748	7,7132
25.7.	10,759	15,958	15,958	15,958	22,244	16,1754
26.7.	5,955	20,639	122,627	26,2	42,785	43,6412
27.7.	3,944	9,143	9,143	9,143	26,944	11,6634
28.7.	3,962	7,312	7,312	7,312	16,912	8,562
29.7.	3,964	9,163	9,163	9,163	22,841	10,8588
30.7.	5,934	11,133	11,133	11,133	17,35	11,3366
31.7.	1,972	5,322	5,322	5,322	21,729	7,9334
1.8.	10,759	15,958	15,958	15,958	22,244	16,1754
2.8.	5,954	9,326	9,326	14,887	31,472	14,193
3.8.	12,817	18,895	18,895	18,895	25,181	18,9366
4.8.	6,138	6,138	6,138	12,833	19,107	10,0708
5.8.	23,489	28,667	28,667	28,667	32,52	28,402
6.8.	5,934	11,133	11,133	11,133	17,35	11,3366
7.8.	1,792	5,343	5,343	10,904	21,75	9,0264
8.8.	3,944	9,143	9,143	9,143	15,429	9,3604
9.8.	12,769	16,141	16,141	21,702	38,3	21,0106
10.8.	3,944	9,143	9,143	9,143	15,429	9,3604
11.8.	3,962	7,333	7,333	17,037	23,323	11,7976
12.8.	3,964	9,163	9,163	9,163	19,169	10,1244
13.8.	5,934	11,162	11,162	11,162	23,883	12,6606
14.8.	1,972	5,343	5,343	10,904	21,75	9,0624
15.8.	3,944	9,143	9,143	9,143	15,429	9,3604
16.8.	5,954	9,326	9,326	14,887	31,485	14,1956
PROSJEK	6,157	11,268	14,992	13,446	22,814	13,736

Kao što je prethodno spomenuto, neizbježno je bilo i povećanje potrošnje goriva (tablica 15), a time i količina ispušnih plinova (tablica 16 i tablica 17). U prosjeku je potrošnja goriva povećana za 350,87 kg kroz svih 28 dana i za sve promjene visina. Povećanje plinova CO<sub>2</sub> je u prosjeku povećano



za 1088,9 kg, a NO<sub>x</sub> za 4,5 kg po danu. Potrošnja goriva je, uz ostale, vrlo bitan trošak u zrakoplovstvu, a posebno kod komercijalnih kompanija koje planiraju letove na takvim visinama, brzinama i postavkama snage da imaju minimalnu potrošnju uz maksimalnu korist.

**Tablica 15: Promjena potrošnje goriva s promjenom vertikalne granice CTR Lučko [8]**

DATUM	PROMJENA POTROŠNJE GORIVA S PROMJENOM VERTIKALNE GRANICE CTR LUČKO (kg)					PROSJEČNA PROMJENA POTROŠNJE GORIVA (kg)
	3000 ft	3500 ft	4000 ft	4500 ft	5000ft	
20.7.	111,567	174,674	174,674	174,674	432,764	213,6706
21.7.	76,41	145,617	168,904	168,904	424,304	196,8278
22.7.	164,01	184,06	184,06	184,06	599,07	263,052
23.7.	234,69	370,783	370,783	370,783	370,783	343,5644
24.7.	79,14	79,14	79,14	603,429	1058,639	379,8976
25.7.	190,707	253,904	253,904	253,904	509,304	292,3446
26.7.	240,42	405,556	405,556	895,956	1624,346	714,3668
27.7.	158,28	221,477	221,477	221,477	506,805	265,9032
28.7.	155,55	200,454	200,454	200,454	600,374	271,4572
29.7.	164,01	227,207	227,207	227,207	707,287	310,5836
30.7.	234,69	297,887	297,887	297,887	539,107	333,4916
31.7.	79,14	124,044	124,044	124,044	1069,654	304,1852
1.8.	190,707	253,904	253,904	253,904	509,304	292,3446
2.8.	240,42	283,567	283,567	783,667	1512,057	620,6556
3.8.	265,213	358,37	358,37	358,37	613,77	390,8186
4.8.	174,359	174,359	174,359	221,628	479,538	244,8486
5.8.	175,423	240,377	240,377	240,377	410,627	261,4362
6.8.	234,69	297,887	297,887	297,887	531,647	331,9996
7.8.	79,14	122,287	122,287	622,387	1077,597	404,7396
8.8.	158,28	221,477	221,477	221,477	476,877	259,9176
9.8.	272,847	315,994	315,994	806,394	1529,894	648,2246
10.8.	158,28	221,477	221,477	221,477	474,487	259,4396
11.8.	155,55	198,697	198,697	236,548	491,948	256,288
12.8.	164,01	227,207	227,207	227,207	654,517	300,0296
13.8.	234,69	296,029	296,029	296,029	800,659	384,6872
14.8.	79,14	122,287	122,287	612,687	1065,507	400,3816
15.8.	158,28	221,477	221,477	221,477	474,487	259,4396
16.8.	240,42	283,567	283,567	783,667	1507,167	619,6776
PROSJEK	173,931	232,992	233,823	361,713	751,876	350,867

Ispušni plinovi se stvaraju izgaranjem zrakoplovnog goriva te su štetni za okoliš. Plinovi se miješaju s plinovima u atmosferi te takvi, onečišćeni, padaju na zemlju. Zrakoplovnim kompanijama, ali i svom stanovništvu, je cilj proizvesti što manje štetnih ispušnih plinova. S obzirom da bi u slučaju povisivanja gornje granice CTR Lučko zrakoplovi zaobilazili taj prostor i dolazili na višim visinama,

postoji mogućnost da ne bi mogli dobiti prilaz s kontinuiranom brzinom spuštanja (eng. continuous descent) nego spuštanje s prekidima što direktno utječe na postavke motora i povećanu potrošnju goriva kao i emitiranje ispušnih plinova.

**Tablica 16: Promjena količine ispušnih plinova CO<sub>2</sub> s promjenom vertikalne granice CTR Lučko [8]**

DATUM	PROMJENA KOLIČINE ISPUŠNIH PLINOVA CO <sub>2</sub> S PROMJENOM VERTIKALNE GRANICE CTR LUČKO (kg)					PROSJEČNA PROMJENA KOLIČINE CO <sub>2</sub> (kg)
	3000 ft	3500 ft	4000 ft	4500 ft	5000ft	
20.7.	352,57	552,27	552,27	552,27	1367,27	675,33
21.7.	241,46	460,16	533,74	533,74	1340,84	621,988
22.7.	518,3	581,65	581,65	581,65	1839,15	820,48
23.7.	741,66	1171,698	1171,698	1171,698	1171,698	1085,69
24.7.	250,1	250,1	250,1	1907,19	3345,69	1200,636
25.7.	602,67	802,37	802,37	802,37	1609,47	923,85
26.7.	759,76	1281,608	1281,608	2831,608	5133,308	2257,578
27.7.	500,2	699,9	699,9	699,9	1601,572	840,2944
28.7.	491,56	366,45	366,45	366,45	1897,25	697,632
29.7.	518,3	718	718	718	2235,13	981,486
30.7.	741,66	941,36	941,36	941,36	1703,66	1053,88
31.7.	250,1	391,99	391,99	391,99	3380,49	961,312
1.8.	602,67	802,37	802,37	802,37	1609,47	923,85
2.8.	759,76	896,11	896,11	2476,11	4777,81	1961,18
3.8.	838,1	1132,47	1132,47	1132,47	7,445	848,591
4.8.	551	551	551	700,37	1515,37	773,748
5.8.	554,366	759,606	759,606	759,606	1297,706	826,178
6.8.	741,66	941,36	941,36	941,36	1680,06	1049,16
7.8.	250,1	386,45	386,45	1966,45	3404,95	1278,88
8.8.	500,2	699,9	699,9	699,9	1507	821,38
9.8.	862,23	998,58	998,58	2548,58	4837,78	2049,15
10.8.	500,2	699,9	699,9	699,9	1499,4	819,86
11.8.	491,56	627,91	627,91	747,51	1554,61	809,9
12.8.	518,3	718	718	718	2068,4	948,14
13.8.	741,66	935,48	935,48	935,48	2530,08	1215,636
14.8.	250,1	386,45	386,45	1936,45	3367,35	1265,36
15.8.	500,2	699,9	699,9	699,9	1499,4	819,86
16.8.	759,76	896,11	896,11	2476,11	4762,31	1958,08
PROSJEK	549,65	726,76	729,38	1133,53	2305,17	1088,9

Tablica 17: Promjena količine ispušnih plinova NO<sub>x</sub> s promjenom vertikalne granice CTR Lučko [8]

DATUM	PROMJENA KOLIČINE ISPUŠNIH PLINOVA NO <sub>x</sub> S PROMJENOM VERTIKALNE GRANICE CTR LUČKO					PROSJEČNA PROMJENA KOLIČINE NO <sub>x</sub> (kg)
	3000 ft	3500 ft	4000 ft	4500 ft	5000ft	
20.7.	1,373	2,166	2,166	2,166	5,491	2,6724
21.7.	0,957	1,78	2,002	2,002	5,283	2,4048
22.7.	2,149	2,198	2,198	2,198	7,843	3,3172
23.7.	2,956	4,296	4,296	4,296	4,296	4,028
24.7.	1	1	1	7,794	13,946	4,948
25.7.	2,373	3,165	3,165	3,165	6,447	3,663
26.7.	3,105	4,858	4,858	11,191	20,752	8,9528
27.7.	1,999	2,792	2,792	2,792	6,243	3,3236
28.7.	1,956	2,753	2,753	2,753	7,981	3,6392
29.7.	2,149	2,941	2,941	2,941	9,335	4,0614
30.7.	2,956	3,748	3,748	3,748	6,834	4,2068
31.7.	1	1,796	1,796	1,796	14,282	4,134
1.8.	2,373	3,165	3,165	3,165	6,447	3,663
2.8.	3,105	3,849	3,849	10,243	19,804	8,17
3.8.	3,17	4,164	4,164	4,164	7,445	4,6214
4.8.	2,082	2,082	2,082	2,637	5,963	2,9692
5.8.	2,229	3,075	3,075	3,075	5,602	3,4112
6.8.	2,956	3,749	3,749	3,749	6,723	4,1852
7.8.	1	1,743	1,743	8,137	14,289	5,3824
8.8.	1,999	2,792	2,792	2,792	6,073	3,2896
9.8.	3,479	4,222	4,222	10,555	20,05	8,5056
10.8.	1,999	2,792	2,792	2,792	6,052	3,2854
11.8.	1,956	2,7	2,7	3,078	6,36	3,3588
12.8.	2,149	2,941	2,941	2,941	8,832	3,9608
13.8.	2,956	3,693	3,693	3,693	10,155	4,838
14.8.	1	1,743	1,743	8,076	14,207	5,3538
15.8.	1,999	2,792	2,792	2,792	6,052	3,2854
16.8.	3,105	3,849	3,849	10,243	19,738	8,1568
PROSJEK	2,2	2,96	2,97	4,61	9,73	4,49

Uz ove dobivene negativne pokazatelje zračnog prometa, u konzultacijama s prilaznom kontrolom zračnog prostora u TMA Zagreb zaključeno je da bi povisivanje gornje granice CTR Lučko uzrokovalo i značajne promjene u načinu vođenja zrakoplova i kompleksnosti rada kontrolora. Naime, iako su minimalne visine za radarsko vektoriranje (eng. Minimum Radar Vectoring Altitude, MRVA) više od CTR Lučko te su oko tog prostora 5000 ft ili 4100 ft, zrakoplovi prema STAR proceduri mogu letjeti i na nižim visinama. Također, instrukcijama kontrolora obično dobiju dozvolu za snižavanje na određenu visinu u blizini radio-navigacijskog sredstva PIS u prilazu.

Dolasci s točaka PETOV i ARGOM bi bili najviše zahvaćeni promjenom. Prema neslužbenim podacima, vektoriranje s točke ARGOM bi se produljilo za minimalno 1,5 nautičku milju. Također, dolazak s obje točke bi trajao minimalno 2 minute dulje zbog prevelike visine i snižavanja zrakoplova u krugu oko radio-navigacijskog sredstva PIS, a za točku PETOV i do ukupnih 5 minuta zbog vektoriranja oko prostora CTR Lučko. Vektoriranje s točke KOPRY bi se moralo pomaknuti u desno što bi napravilo razliku od oko 6 nautičkih milja. Dolazak s točke ARGOM na uzletno-sletnu stazu 23 po STAR proceduri ARGOM 2B ne bi bio moguć na sada propisanim visinama.

Uz ukidanje određenih STAR procedura, visina kruga čekanja (eng. holding) bi se morala promijeniti sa sadašnjih 3000 ft iznad radio-navigacijskog sredstva PIS na minimalno 5000 ft. Također, iako je standardni krug čekanja u desnu stranu, u ovim uvjetima bi morao obavezno biti u desno kako ne bi došlo do narušavanja separacijske norme jer je granica CTR Lučko udaljena 5 NM od radio-navigacijskog sredstva PIS.

Također, u polijetanju s uzletno-sletne staze 05, zrakoplovi ne bi mogli skretati u lijevo na 4000 ft kako to rade sada, nego na 6000 ft ukoliko bi granica CTR Lučko bila 5000 ft. To bi utjecalo i na SID KOTOR 3L koji prolazi rubom CTR Lučko te na SID procedure ZAG 4F, PODET 3F, PETOV 3J i OBUTI 3J s uzletno-sletne staze 23.

Naravno, ovakve promjene bi utjecale i na ostali promet, vrijeme reagiranja kontrolora, konflikte i ukupnu kompleksnost prometa. Zatvaranjem prostora, tj. povišenjem vertikalne granice CTR Lučko, automatski se smanjuje broj raspoloživih visina za promet u TMA Zagreb. S dolaskom zrakoplova na većim visinama, kontrolori bi morali dulje čekati da daju sigurnu nižu visinu, no dovoljno rano da zrakoplovi uspiju sniziti do 3000 ft i sletjeti. Predviđa se da bi ovakve promjene uzrokovale veću kompleksnost u radu kontrolora zračnog prometa.

## 7. Zaključak

Sa stalnim trendom povećanja prometa, planiranje zračnog prostora i ruta je od iznimne važnosti. Cilj je svaki raspoloživi prostor iskoristiti na najbolji mogući način u skladu s pružateljima usluga zračnog prometa te na zadovoljstvo svih korisnika. Većina prostora i ruta se izrađuje prema zahtjevima komercijalnog putničkog prometa, no taj promet je u konstantnom međudjelovanju s generalnim zrakoplovstvom i vojnim zrakoplovstvom koji često lete i po vizualnim pravilima letenja.

Do izražaja problema može doći posebno u završno kontroliranim područjima koja su ionako specifična zbog vektoriranja, promjena visina i brzina zrakoplova što te prostore čini iznimno kompleksnim. Jedno takvo područje je i TMA Zagreb koje osim prometa zračne luke u Zagrebu te prometa do FL 205 sadrži i promet aerodromske zone Varaždin i promet kontrolirane zone Lučko, zone susjedne CTR Zagreb.

U ovom radu su napravljene simulacije prometa s povisivanjem vertikalne granice CTR Lučko po 500 ft razlike do visine 5000 ft te su prikazani utjecaji promjene granice na promet TMA Zagreb. Očekivano, zatvaranjem određenog prostora, tj. povisivanjem vertikalne granice CTR Lučko, došlo je do rerutiranja zrakoplova unutar TMA Zagreb. To je negativno utjecalo na pokazatelje zračnog prometa: broj rerutiranih zrakoplova, prijeđenu udaljenost, vrijeme leta, potrošnju goriva, emitiranje  $\text{CO}_2$  te  $\text{NO}_x$  plinova.

Analiziran je promet u srpnju i kolovozu 2017. i 2018. godine za CTR Lučko te su podaci pokazali da se broj operacija zrakoplova povećao te da je za očekivati da će se tako i nastaviti te da će se stvoriti potreba za većim prostorom za letenje VFR prometa u tom prostoru.

Iako ova preliminarna analiza i simulacija povećanog prostora CTR Lučko daje negativni utjecaj na promet u TMA Zagreb, potrebno je učiniti detaljnije istraživanje koje bi podrazumijevalo tzv. *real-time* simulacije koje bi omogućile dobivanje dodatnih podataka u smislu tehnologije rada kontrolora, kompleksnosti prometa, novih postupaka prilaza te utjecaja na sigurnost letenja.

## Literatura

1. Juričić, B.: Upravljanje kapacitetom i protokom zračnog prometa – Autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2017./2018.
2. <http://www.mppi.hr/default.aspx?id=408> (30.4.2018.)
3. [http://www.ccaa.hr/hrvatski/atm--ans\\_22/](http://www.ccaa.hr/hrvatski/atm--ans_22/) (30.4.2018.)
4. <http://www.crocontrol.hr/default.aspx?id=10> (30.4.2018.)
5. <http://www.crocontrol.hr/UserDocsImages/AIS%20produkti/eAIP/2018-08-16-AIRAC/html/eAIP/LD-ENR-1.4-en-HR.html#ENR-1.4> (15.9.2018)
6. <https://www.scienceabc.com/eyeopeners/why-commercial-planes-need-to-have-lateral-vertical-separation.html> (1.8.2018.)
7. Zakon o zračnom prometu, Narodne novine, Zagreb, 9. lipanj 2009.
8. NEST 1.6
9. B. Juričić: Teorija kontrole zračnog prometa 1 – Autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2017./2018.
10. [http://www.crocontrol.hr/UserDocsImages/dokumenti/Zagreb-WEB-CTR-uz-VFR\\_04\\_APRIL\\_2013r.pdf](http://www.crocontrol.hr/UserDocsImages/dokumenti/Zagreb-WEB-CTR-uz-VFR_04_APRIL_2013r.pdf) (1.8.2018.)
11. [http://www.crocontrol.hr/UserDocsImages/dokumenti/Lucko-WEB-CTR-uz-VFR\\_04\\_APRIL\\_2013r.pdf](http://www.crocontrol.hr/UserDocsImages/dokumenti/Lucko-WEB-CTR-uz-VFR_04_APRIL_2013r.pdf) (1.8.2018.)
12. VFR priručnik LDZL AD 2-1, Hrvatska kontrola zračne plovidbe, 25. svibanj 2017.
13. VFR SUP 3/18, Hrvatska kontrola zračne plovidbe, 29. ožujak 2018.
14. [http://www.crocontrol.hr/UserDocsImages/AIS%20produkti/eAIP/2018-07-19-AIRAC/graphics/eAIP/4750731\\_LD\\_ENR\\_6\\_01\\_en.pdf](http://www.crocontrol.hr/UserDocsImages/AIS%20produkti/eAIP/2018-07-19-AIRAC/graphics/eAIP/4750731_LD_ENR_6_01_en.pdf) (3.8.2018.)
15. VFR priručnik, Aerodrome Chart, LDZL AD 2-ADC, Hrvatska kontrola zračne plovidbe, 4. travnja 2013.
16. [http://www.fpz.unizg.hr/zan/?page\\_id=822](http://www.fpz.unizg.hr/zan/?page_id=822) (7.8.2018.)
17. <http://wayman.net/files/172R-POH.pdf> (7.8.2018.)
18. <http://tmg-ato.com/wp-content/uploads/2016/07/Cessna172NPOH.pdf> (12.9.2018.)
19. <https://www.diamondaircraft.com/aircraft/da20/> (7.8.2018.)
20. [http://www.rebay.at/fliegen/manuals/pa44\\_manual.pdf](http://www.rebay.at/fliegen/manuals/pa44_manual.pdf) (12.9.2018.)
21. [http://www.flugzeuginfo.net/acdata\\_php/acdata\\_212\\_en.php](http://www.flugzeuginfo.net/acdata_php/acdata_212_en.php) (7.8.2018.)
22. <http://www.airliners.net/aircraft-data/bell-206-jetranger/71> (7.8.2018.)
23. <http://www.leonardocompany.com/en/-/aw139> (7.8.2018.)
24. <https://www.airbushelicoptersinc.com/products/H135-specifications.asp> (14.9.2018.)
25. <https://www.globalair.com/aircraft-for-sale/Specifications?specid=351> (14.9.2018.)

26. [http://www.flugzeuginfo.net/acdata\\_php/acdata\\_mi17\\_en.php](http://www.flugzeuginfo.net/acdata_php/acdata_mi17_en.php) (15.9.2018.)
27. VFR priručnik, Visual Operation Chart, LDZL AD-2 VOC, Hrvatska kontrola zračne plovidbe, 21. lipanj 2018.
28. Operativne procedure aerodroma Lučko (LDZL), Aeroklub Zagreb, 29. listopada 2011.
29. [http://www.crocontrol.hr/UserDocImages/AIS%20produkti/eAIP/2018-07-19-AIRAC/graphics/eAIP/4466762\\_LD\\_AD\\_2\\_LDZA\\_01\\_ADC\\_en.pdf](http://www.crocontrol.hr/UserDocImages/AIS%20produkti/eAIP/2018-07-19-AIRAC/graphics/eAIP/4466762_LD_AD_2_LDZA_01_ADC_en.pdf) (9.8.2018.)
30. <https://www.croatiaairlines.com/hr/O-nama/Korporativne-informacije/flota> (8.8.2018.)
31. <https://contentzone.eurocontrol.int/aircraftperformance/details.aspx?ICAO=A320&NameFilter=a320> (8.8.2018.)
32. <https://contentzone.eurocontrol.int/aircraftperformance/details.aspx?ICAO=A319&NameFilter=a319> (8.8.2018.)
33. <https://contentzone.eurocontrol.int/aircraftperformance/details.aspx?ICAO=DH8D&NameFilter=dash> (8.8.2018.)
34. Materijali eskadrile borbenih aviona, 91. zrakoplovna baza, Hrvatsko ratno zrakoplovstvo
35. <https://contentzone.eurocontrol.int/aircraftperformance/details.aspx?ICAO=F16&ICAOFilter=f16> (8.8.2016.)
36. [http://www.crocontrol.hr/UserDocImages/AIS%20produkti/eAIP/2018-07-19-AIRAC/graphics/eAIP/4703842\\_LD\\_AD\\_2\\_LDZA\\_10\\_STAR\\_RWY05\\_en.pdf](http://www.crocontrol.hr/UserDocImages/AIS%20produkti/eAIP/2018-07-19-AIRAC/graphics/eAIP/4703842_LD_AD_2_LDZA_10_STAR_RWY05_en.pdf) (9.8.2018.)
37. [http://www.crocontrol.hr/UserDocImages/AIS%20produkti/eAIP/2018-07-19-AIRAC/graphics/eAIP/4703844\\_LD\\_AD\\_2\\_LDZA\\_10\\_STAR\\_RWY23\\_en.pdf](http://www.crocontrol.hr/UserDocImages/AIS%20produkti/eAIP/2018-07-19-AIRAC/graphics/eAIP/4703844_LD_AD_2_LDZA_10_STAR_RWY23_en.pdf) (9.8.2018.)
38. [http://www.crocontrol.hr/UserDocImages/AIS%20produkti/eAIP/2018-08-16-AIRAC/graphics/eAIP/4703808\\_LD\\_AD\\_2\\_LDZA\\_08\\_SID\\_RWY05\\_en.pdf](http://www.crocontrol.hr/UserDocImages/AIS%20produkti/eAIP/2018-08-16-AIRAC/graphics/eAIP/4703808_LD_AD_2_LDZA_08_SID_RWY05_en.pdf) (9.8.2018.)
39. [http://www.crocontrol.hr/UserDocImages/AIS%20produkti/eAIP/2018-08-16-AIRAC/graphics/eAIP/4703839\\_LD\\_AD\\_2\\_LDZA\\_08\\_SID\\_RWY23\\_en.pdf](http://www.crocontrol.hr/UserDocImages/AIS%20produkti/eAIP/2018-08-16-AIRAC/graphics/eAIP/4703839_LD_AD_2_LDZA_08_SID_RWY23_en.pdf) (9.8.2018.)
40. <http://www.crocontrol.hr/default.aspx?id=3637> (2.9.2018.)
41. VFR priručnik, Visual Operation Chart, LDZA AD-2 VOC, Hrvatska kontrola zračne plovidbe, 16. kolovoz 2018.
42. <http://www.crocontrol.hr/default.aspx?id=321> (2.9.2018.)
43. <https://www.eurocontrol.int/services/nest-modelling-tool> (9.8.2018.)
44. <http://www.crocontrol.hr/default.aspx?id=320> (2.9.2018.)

## Popis tablica

Tablica 1: Podjela zračnog prostora po ICAO klasama [5].....	6
Tablica 2: Dodatne karakteristike klasa zračnog prometa [5].....	7
Tablica 3: Karakteristike zrakoplova HZNS-a.....	20
Tablica 4: Karakteristike helikoptera Zrakoplovne jedinice specijalne policije MUP-a.....	22
Tablica 5: Karakteristike helikoptera u posjedu HRZ-a.....	23
Tablica 6: Karakteristike zona CTR Lučko [28].....	26
Tablica 7: Karakteristike zrakoplova Croatia Airlines.....	28
Tablica 8: Karakteristike zrakoplova Hrvatskog ratnog zrakoplovstva.....	29
Tablica 9: Usporedba broja zrakoplova koji su u prostoru TMA i onih koji su prošli obavezne točke ulaza u i izlaza iz prostora [8].....	36
Tablica 10: Statistika preleta preko pojedinih točaka.....	37
Tablica 11: Usporedba broja letova u CTR Lučko.....	38
Tablica 12: Stvarni broj zrakoplova u TMA Zagreb i broj rerutiranih zrakoplova zbog promjene vertikalne granice CTR Lučko [8].....	46
Tablica 13: Promjena prijeđene udaljenosti s promjenom vertikalne granice CTR Lučko [8].....	47
Tablica 14: Promjena vremena trajanja leta s promjenom vertikalne granice CTR Lučko [8].....	48
Tablica 15: Promjena potrošnje goriva s promjenom vertikalne granice CTR Lučko [8].....	49
Tablica 16: Promjena količine ispušnih plinova CO <sub>2</sub> s promjenom vertikalne granice CTR Lučko [8]...	50
Tablica 17: Promjena količine ispušnih plinova NO <sub>x</sub> s promjenom vertikalne granice CTR Lučko [8] ..	51



## Popis slika

Slika 1: Hijerarhija usluga u zračnom prometu .....	2
Slika 2: Podjela FIR-a.....	5
Slika 3: Razdvajanje zrakoplova [6] .....	8
Slika 4: LDZO FIR [8].....	10
Slika 5: LDZO all [8] .....	10
Slika 6: Vizualni prikaz klasifikacije zračnih prostora CTR Zagreb, Lučko i Osijek, ATZ Varaždin i TMA Zagreb i Osijek [9].....	11
Slika 7: Vizualni prikaz klasifikacije zračnih prostora TMA Zadar i Pula te CTR Rijeka, Pula, Lošinj i Zadar [9] .....	11
Slika 8: Vizualni prikaz klasifikacije zračnih prostora TMA Split i Dubrovnik te CTR Zadar, Split, Brač i Dubrovnik .....	11
Slika 9: Vizualni prikaz podjele zračnog prostora na CTA, TMA i CTR .....	12
Slika 10: CTR Zagreb [10].....	13
Slika 11: CTR Lučko [11].....	15
Slika 12: Sadržaj TMA Zagreb [15].....	16
Slika 13: Područje odgovornosti TMA Zagreb [8].....	16
Slika 14: Tlocrt aerodroma Lučko [15].....	18
Slika 15: Zrakoplovi u posjedu HZNS-a (1. Cessna 172, 2. Diamond DV20, 3. Piper PA 44-180).....	20
Slika 16: Zrakoplovi u posjedu MUP-a (1. Augusta Bell 212, 2. Bell 206 JetRanger III).....	21
Slika 17: Zrakoplovi u posjedu MUP-a (1. Augusta Westland AW 139, 2. Aibus H135, 3. Robinson R22 Beta) .....	21
Slika 18: Mil Mi-171Sh.....	22
Slika 19: Obavezne točke ulaza u CTR Lučko i izlaza iz CTR Lučko [27] .....	24
Slika 20: Pilotažne zone unutar CTR Lučko (1-Lučko, 2-Horvati, 3-Zdenčina, 4-Galgovo, 5-Samobor, 7- Podsused) [28].....	25
Slika 21: Tlocrt manevarskih površina zračne luke Franjo Tuđman [29].....	27
Slika 22: Flota u posjedu zrakoplovne kompanije Croatia Airlines (1. Airbus A320-200, 2. Airbus A319-100, 3. Dash 8-Q400).....	28
Slika 23: Flota HRZ-a (1. MiG-21, 2. F-16).....	29
Slika 24: Ulazne i izlazne točke TMA Zagreb .....	30
Slika 25: Propisane STAR procedure za RWY 05 u Zagrebu [36] .....	31
Slika 26: Propisane STAR procedure za RWY 23 u Zagrebu[37] .....	31
Slika 27: Propisane SID procedure za RWY 05 u Zagrebu [38] .....	32

Slika 28: Propisane SID procedure za RWY 23 u Zagrebu [39] .....	32
Slika 29: VFR točke ulaza u CTR Zagreb i izlaza iz CTR Zagreb [41].....	34
Slika 30: Pregled IFR prometa po mjesecima i godinama [42] .....	35
Slika 31: Primjer prikaza prometa kroz točku i prostor u programu NEST [8] .....	35
Slika 32: Koordinate granica CTR Lučko [12] .....	40
Slika 33: Izrada CTR Lučko prema koordinatama [8].....	40
Slika 34: Odnos TMA Zagreb i CTR Lučko (gore) te zračne luke u Zagrebu i CTR Lučko (dolje) [8] .....	41
Slika 35: Kreiranje protoka prometa [8] .....	42
Slika 36: 3D prikaz stvarnog prometa [8] .....	42
Slika 37: Uređivanje izdvojenog zračnog prostora [8].....	43
Slika 38: Uključivanje izdvojenog prostora u simulaciju prometa [8] .....	44
Slika 39: Kriteriji usporedbe dvaju scenarija [8] .....	44
Slika 40: Primjer Excel dokumenta s usporedbom prometa [8].....	45

**Prilog 1** Statistika prolaska zrakoplova preko ulaznih i izlaznih točaka TMA Zagreb<sup>11</sup>

DATUM	ARGOM	GORPA	MAGAM	PODET	PETOV	OBUTI
20.7.	1	12	7	10	9	9
21.7.	22	12	8	22	13	11
22.7.	0	14	3	10	5	14
23.7.	8	9	1	3	10	4
24.7.	15	13	4	15	10	11
25.7.	10	12	4	17	10	10
26.7.	26	12	11	18	9	14
27.7.	23	15	9	25	17	12
28.7.	25	19	6	21	8	16
29.7.	18	11	2	17	8	13
30.7.	9	11	3	15	8	10
31.7.	14	16	6	14	5	8
1.8.	20	11	6	17	8	12
2.8.	13	14	8	17	7	13
3.8.	22	13	9	20	16	12
4.8.	23	17	7	20	15	13
5.8.	13	13	4	12	10	12
6.8.	15	9	1	14	9	8
7.8.	25	13	7	21	8	8
8.8.	22	15	8	19	13	9
9.8.	21	13	7	22	9	13
10.8.	19	10	5	16	7	13
11.8.	1	16	7	8	7	5
12.8.	14	14	3	15	8	12
13.8.	21	13	2	17	11	8
14.8.	24	14	7	19	7	10
15.8.	22	12	6	18	8	10
16.8.	20	15	7	15	10	13
PROSJEK PO DANU	16,64286	13,14286	5,642857	16,32143	9,464286	10,82143

<sup>11</sup> Izvor: [53]

DATUM	KOPRY	VEBAL	VBA	TEBLI	DEVJUL	OKSIG	EVTON	ETOBİ	RUDIK	NIVES	KOTOR
20.7.	6	0	13	4	2	8	5	1	6	5	13
21.7.	5	0	12	10	3	9	7	3	0	4	14
22.7.	6	2	8	0	1	6	4	4	10	6	12
23.7.	6	1	6	3	2	5	7	3	3	3	9
24.7.	6	1	10	9	3	12	4	3	4	2	14
25.7.	6	0	9	8	4	11	6	3	4	3	11
26.7.	5	0	17	6	3	9	4	2	1	2	10
27.7.	8	1	10	8	7	14	7	3	0	3	13
28.7.	11	0	13	10	8	20	5	2	2	3	21
29.7.	13	0	6	6	3	4	6	3	8	6	10
30.7.	7	0	5	4	0	5	6	2	3	3	10
31.7.	10	0	16	8	5	11	6	3	2	6	18
1.8.	6	0	11	8	3	11	8	5	2	4	11
2.8.	4	0	18	5	2	7	4	4	0	5	11
3.8.	14	1	10	9	4	10	9	6	1	3	14
4.8.	10	0	13	12	4	10	7	4	0	4	10
5.8.	12	0	8	6	2	4	4	5	7	6	12
6.8.	5	0	3	3	0	7	5	1	2	1	12
7.8.	4	0	12	8	3	7	7	5	4	3	11
8.8.	12	1	10	11	5	13	9	4	1	6	20
9.8.	7	1	13	5	4	8	1	1	0	2	10
10.8.	9	0	8	4	5	10	7	5	2	4	9
11.8.	10	1	13	5	5	11	6	1	3	4	16
12.8.	8	1	6	8	3	8	8	5	6	6	12
13.8.	8	0	6	8	1	10	6	3	4	4	10
14.8.	4	0	14	10	4	10	3	5	1	3	9
15.8.	8	2	10	15	3	11	8	4	2	4	13
16.8.	5	2	14	6	4	11	6	4	0	4	12
PROSJEK PO DANU	7,68	0,5	10,5	7,11	3,32	9,36	5,89	3,36	2,79	3,89	12,39

UKUPNI BROJ ZRAKOPLOVA	UDIO PROMETA PO TOČKAMA					
	ARGOM	GORPA	MAGAM	PODET	PETOV	OBUTI
111	1%	11%	6%	9%	8%	8%
155	14%	8%	5%	14%	8%	7%
105	0%	13%	3%	10%	5%	13%
83	10%	11%	1%	4%	12%	5%
136	11%	10%	3%	11%	7%	8%
128	8%	9%	3%	13%	8%	8%
149	17%	8%	7%	12%	6%	9%
175	13%	9%	5%	14%	10%	7%
190	13%	10%	3%	11%	4%	8%
134	13%	8%	1%	13%	6%	10%
101	9%	11%	3%	15%	8%	10%
148	9%	11%	4%	9%	3%	5%
143	14%	8%	4%	12%	6%	8%
132	10%	11%	6%	13%	5%	10%
173	13%	8%	5%	12%	9%	7%
169	14%	10%	4%	12%	9%	8%
130	10%	10%	3%	9%	8%	9%
95	16%	9%	1%	15%	9%	8%
146	17%	9%	5%	14%	5%	5%
178	12%	8%	4%	11%	7%	5%
137	15%	9%	5%	16%	7%	9%
133	14%	8%	4%	12%	5%	10%
119	1%	13%	6%	7%	6%	4%
137	10%	10%	2%	11%	6%	9%
132	16%	10%	2%	13%	8%	6%
144	17%	10%	5%	13%	5%	7%
156	14%	8%	4%	12%	5%	6%
148	14%	10%	5%	10%	7%	9%
<b>PROSJEČNI POSTOTAK</b>	12%	10%	4%	12%	7%	8%

UKUPNI BROJ ZRAKOPLOVA	UDIO PROMETA PO TOČKAMA										
	KOPRY	VEBAL	VBA	TEBLI	DEVUL	OKSIG	EVTON	ETOBİ	RUDİK	NİVES	KOTOR
111	5%	0%	12%	4%	2%	7%	5%	1%	5%	5%	12%
155	3%	0%	8%	6%	2%	6%	5%	2%	0%	3%	9%
105	6%	2%	8%	0%	1%	6%	4%	4%	10%	6%	11%
83	7%	1%	7%	4%	2%	6%	8%	4%	4%	4%	11%
136	4%	1%	7%	7%	2%	9%	3%	2%	3%	1%	10%
128	5%	0%	7%	6%	3%	9%	5%	2%	3%	2%	9%
149	3%	0%	11%	4%	2%	6%	3%	1%	1%	1%	7%
175	5%	1%	6%	5%	4%	8%	4%	2%	0%	2%	7%
190	6%	0%	7%	5%	4%	11%	3%	1%	1%	2%	11%
134	10%	0%	4%	4%	2%	3%	4%	2%	6%	4%	7%
101	7%	0%	5%	4%	0%	5%	6%	2%	3%	3%	10%
148	7%	0%	11%	5%	3%	7%	4%	2%	1%	4%	12%
143	4%	0%	8%	6%	2%	8%	6%	3%	1%	3%	8%
132	3%	0%	14%	4%	2%	5%	3%	3%	0%	4%	8%
173	8%	1%	6%	5%	2%	6%	5%	3%	1%	2%	8%
169	6%	0%	8%	7%	2%	6%	4%	2%	0%	2%	6%
130	9%	0%	6%	5%	2%	3%	3%	4%	5%	5%	9%
95	5%	0%	3%	3%	0%	7%	5%	1%	2%	1%	13%
146	3%	0%	8%	5%	2%	5%	5%	3%	3%	2%	8%
178	7%	1%	6%	6%	3%	7%	5%	2%	1%	3%	11%
137	5%	1%	9%	4%	3%	6%	1%	1%	0%	1%	7%
133	7%	0%	6%	3%	4%	8%	5%	4%	2%	3%	7%
119	8%	1%	11%	4%	4%	9%	5%	1%	3%	3%	13%
137	6%	1%	4%	6%	2%	6%	6%	4%	4%	4%	9%
132	6%	0%	5%	6%	1%	8%	5%	2%	3%	3%	8%
144	3%	0%	10%	7%	3%	7%	2%	3%	1%	2%	6%
156	5%	1%	6%	10%	2%	7%	5%	3%	1%	3%	8%
148	3%	1%	9%	4%	3%	7%	4%	3%	0%	3%	8%
PROSJEČNI POSTOTAK	6%	0%	8%	5%	2%	7%	4%	2%	2%	3%	9%

Prilog 2 Statistika prometa u prostoru CTR Lučko 2017. godine<sup>12</sup>

DATE	GAT - PROMET (IFR)				OAT				GAT - VFR				ADZ VFR IFR	OFL VFR IFR	UKUPNO
	DOM		INT		DEP	ARR	ADZ	OFL	DOM		INT				
	DEP	ARR	DEP	ARR					DEP	ARR	DEP	ARR			
1.7.2017.															0
2.7.2017.															0
3.7.2017.															0
4.7.2017.					1	1				9	6			148	165
5.7.2017.										8	9				18
6.7.2017.										2	1				3
7.7.2017.										4	5			86	95
8.7.2017.															0
9.7.2017.															0
10.7.2017.															0
11.7.2017.										27	28			32	88
12.7.2017.						1				9	7			114	131
13.7.2017.					3	2	20	1		11	10	2	1	24	74
14.7.2017.										6	8	3	2	120	139
15.7.2017.															0
16.7.2017.															0
17.7.2017.															0
18.7.2017.										13	12			62	88
19.7.2017.										11	13	1	1	42	68
20.7.2017.								1		8	8			46	63
21.7.2017.						2				7	7			34	50
22.7.2017.															0
23.7.2017.															0
24.7.2017.															0
25.7.2017.										17	16	2	2	48	85
26.7.2017.					1	1				10	9	1	1	22	45
27.7.2017.										11	11	2	2	68	94
28.7.2017.						1	6			14	13	1	1	44	82
29.7.2017.															0
30.7.2017.															0
31.7.2017.					0	0	0	2	5	167	163	12	10	890	1.288

<sup>12</sup> Izvor: [52]

DATE	GAT - PROMET (IFR)				OAT HRZ				GAT - VFR				ADZ		OFL		UKUPNO		
	DOM		INT		ARR		DEP		ARR		DEP		INT		VFR	IFR		VFR	IFR
	DEP	ARR	DEP	ARR	DEP	ARR	ADZ	OFL	DEP	ARR	DEP	ARR	DEP	ARR					
1.8.2017.										14	14	2	1	30				61	Tuesday
2.8.2017.										9	11	2	2	40				64	Wednesday
3.8.2017.					1					16	19	1	1	62			2	101	Thursday
4.8.2017.										4	7	1	1	22			3	37	Friday
5.8.2017.																		0	Saturday
6.8.2017.																		0	Sunday
7.8.2017.																		0	Monday
8.8.2017.					2	2				8	8			46				66	Tuesday
9.8.2017.										6	7			10				23	Wednesday
10.8.2017.										4	6			4		1		15	Thursday
11.8.2017.										3	4			10				17	Friday
12.8.2017.																		0	Saturday
13.8.2017.																		0	Sunday
14.8.2017.																		0	Monday
15.8.2017.																		5	Tuesday
16.8.2017.					1	1				3	2			24		2		46	Wednesday
17.8.2017.										10	8			14		1		38	Thursday
18.8.2017.					1	1				13	10			18		1		51	Friday
19.8.2017.										16	14							0	Saturday
20.8.2017.																		0	Sunday
21.8.2017.																		0	Monday
22.8.2017.					1													0	Tuesday
23.8.2017.					2	2				10	11	1		44				67	Wednesday
24.8.2017.										7	6	3	4	2		4		30	Thursday
25.8.2017.										11	11	1	1	42		2		68	Friday
26.8.2017.										11	11	1	1	36				62	Saturday
27.8.2017.																		0	Sunday
28.8.2017.																		0	Monday
29.8.2017.					3	3		2		8	7	4	3	40				70	Tuesday
30.8.2017.						1		2		16	14			38				71	Wednesday
31.8.2017.										10	10	1	1	20				42	Thursday
	0	0	0	0	11	10	4	2		179	180	15	15	502		16		934	





DATE	GAT - PROMET (IFR)				OAT				GAT - VFR				ADZ VFR IFR	OFL VFR IFR	UKUPNO	
	DOM		INT		HRZ		ADZ		DOM		INT					
	DEP	ARR	DEP	ARR	DEP	ARR	DEP	ARR	DEP	ARR	DEP	ARR				
1.8.2018.										21	23			66		111
2.8.2018.						1				14	15			82	4	118
3.8.2018.						1				15	20			78	2	115
4.8.2018.																0
5.8.2018.																0
6.8.2018.																0
7.8.2018.						1	1			14	11			16	2	45
8.8.2018.						2	2		1	10	12	1		12	2	37
9.8.2018.						2	2			12	8			6		30
10.8.2018.						1	1			12	10			26	1	51
11.8.2018.																0
12.8.2018.																0
13.8.2018.																0
14.8.2018.										8	10			56		74
15.8.2018.										21	15			46	1	83
16.8.2018.						1	1	4		13	14	1		46	1	81
17.8.2018.						1	1			13	15	2	2	12	2	48
18.8.2018.																0
19.8.2018.																0
20.8.2018.																0
21.8.2018.										11	9			20		40
22.8.2018.										17	15	2	1	40		75
23.8.2018.						1				12	10	1	2	30		56
24.8.2018.										16	14			30		60
25.8.2018.																0
26.8.2018.																0
27.8.2018.										15	16	2	2	42		77
28.8.2018.									1	13	14	1	1	50	4	84
29.8.2018.						1				14	13	1		66		95
30.8.2018.										13	13	1	1	12	2	42
31.8.2018.										264	257	12	9	736	21	1.322



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 **Utjecaj promjene vertikalne granice CTR Lučko na pokazatelje zračnog prometa u TMA Zagreb**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

Student/ica:

U Zagrebu, 15.9.2018

Jerinić Kristina  
(potpis)