

Usporedba pokazatelja dolaznog i odlaznog prometa unutar Jedinice prilazne kontrole Zagreb od 2017. do 2019. godine

Sikavica, Dora

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:119:989882>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-14**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

Dora Sikavica

**USPOREDBA POKAZATELJA DOLAZNOG I ODLAZNOG PROMETA
UNUTAR JEDINICE PRILAZNE KONTROLE ZAGREB OD 2017. DO 2019.
GODINE**

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2020.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD**

Zagreb, 3. travnja 2020.

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

ZAVRŠNI ZADATAK br. 5669

Pristupnik: **Dora Sikavica (0135252258)**
Studij: **Aeronautika**
Smjer: **Kontrola leta**

Zadatak: **Usporedba pokazatelja dolaznog i odlaznog prometa unutar Jedinice prilazne kontrole Zagreb od 2017. do 2019. godine**

Opis zadatka:

Uvodno definirati cilj i opseg završnog rada. Analizirati i objasniti zračni prostor Jedinice prilazne kontrole Zagreb. Navesti i objasniti pokazatelje dolaznog i odlaznog prometa. Obraditi prometne podatke za definirane AIRAC cikluse u 2017., 2018. i 2019. godini koristeći program NEST. Usporediti podatke o prometu i analizirati rezultate. Dati zaključna razmatranja.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

izv. prof. dr. sc. Biljana Juričić

**Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti**

ZAVRŠNI RAD

**USPOREDBA POKAZATELJA DOLAZNOG I ODLAZNOG PROMETA
UNUTAR JEDINICE PRILAZNE KONTROLE ZAGREB OD 2017. DO 2019.
GODINE**

**COMPARISON OF INCOMING AND OUTGOING TRAFFIC INDICATORS
WITHIN APPROACH CONTROL UNIT ZAGREB FROM 2017 TO 2019**

Mentor: prof. dr. sc. Biljana Juričić

Student: Dora Sikavica
JMBAG: 0135252258

Zagreb, rujan 2020.

SAŽETAK

U zračnom prometu, razlika između ponude i potražnje može dovesti do neučinkovitosti i ugrožavanja sigurnosti. Kontinuirano povećanje zračnog prometa ima za rezultat da je potražnja veća od ponude. Kako bi se osigurao siguran, redovit i učinkovit zračni promet ta razlika se treba ukloniti ili svesti na minimum. To se postiže obradom i analizom prometnih pokazatelja, što onda vodi do važnih zaključaka kako poboljšati prometni tok te čitavu strukturu i upravljanje zračnim prometom. U ovom radu je provedena obrada, analiza i potom usporedba prometnih pokazatelja dolaznog i odlaznog prometa unutar Jedinice prilazne kontrole Zagreb. Također, opisan je zračni prostor Jedinice prilazne kontrole Zagreb.

KLJUČNE RIJEČI: zračni prostor, pokazatelji zračnog prometa, NEST

SUMMARY

In air traffic, the difference between supply and demand can lead to inefficiency and to endangerment of safety. The continuous increase of air traffic results in demand being higher than supply. In order to ensure safe, orderly and efficient air traffic that difference should be taken care of completely or reduced to bare minimum. That can be accomplished through processing and analyzing traffic indicators, which then leads to important conclusions how to improve traffic flow and also the whole structure and air traffic management. In this paper the processing, analysis and then a comparison of traffic indicators of incoming and outgoing traffic within the Zagreb Access Control Unit are performed. Also, airspace within approach control unit's control is described.

KEYWORDS: airspace, air traffic indicators, NEST

SADRŽAJ

1	UVOD	1
2	ZRAČNI PROSTOR PRILAZNE KONTROLE ZAGREB.....	3
2.1	Kontrolirane zone.....	6
2.2	Točke i radionavigacijska sredstva	8
2.3	Standardni instrumentalni odlasci	9
2.4	Standardni instrumentalni dolasci	11
2.5	Minimalna visina za radarsko vektoriranje	13
3	POKAZATELJI DOLAZNOG I ODLAZNOG PROMETA	15
3.1	Pokazatelji izvedbe i praćenja u području sigurnosti.....	15
3.2	Pokazatelji izvedbe i praćenja u području okoliša	16
3.3	Pokazatelji izvedbe i praćenja u području kapaciteta.....	17
3.4	Pokazatelji izvedbe i praćenja u području troškovne učinkovitosti.....	17
3.5	Prometni pokazatelji unutar Jedinice prilazne kontrole Zagreb	18
3.5.1	Broj letova.....	18
3.5.2	Kašnjenje.....	19
3.5.3	Prosječna prijeđena udaljenost i vrijeme provedeno unutar sektora.....	20
3.5.4	Prosječna promjena visine i zastupljenost pojedinih režima leta	23
3.5.5	Opterećenje točaka.....	24
4	OBRADA PROMETNIH POKAZATELJA ZA ODREĐENI AIRAC CIKLUS ZA 2017. GODINU	26
5	OBRADA PROMETNIH POKAZATELJA ZA ODREĐENI AIRAC CIKLUS ZA 2018. GODINU	32
6	OBRADA PROMETNIH POKAZATELJA ZA ODREĐENI AIRAC CIKLUS ZA 2019. GODINU	38
7	USPOREDBA PODATAKA O PROMETU.....	45
7.1	Broj letova	45
7.2	Kašnjenje	46
7.3	Prosječna prijeđena udaljenost i vrijeme provedeno unutar sektora	47
7.4	Prosječna promjena visine i zastupljenost pojedinih režima leta.....	49
7.5	Opterećenje točaka	50
8	ZAKLJUČAK.....	52
	Popis literature.....	54

Popis slika.....	56
Popis tablica	57
Popis grafikona.....	58

1 UVOD

Zračni promet je jedan od najvažnijih oblika prometa na svijetu. S obzirom na status zračne industrije potrebno je osigurati siguran, redovit i učinkovit zračni promet. Kako bi se to postiglo potrebno je svakodnevno i redovito analizirati prometne situacije počevši od samog paljenja motora zrakoplova, svih režima leta u kojima se zrakoplov nalazi i naposljetku gašenja motora zrakoplova. Trend rasta prometne potražnje zbog pozitivnih karakteristika zračnog prometa poput sigurnosti, povezanosti, brzine i kvalitete usluge koju pruža, otežavaju raspoloživosti kapaciteta prostora i ljudstva. Naime ponuda koju zračni promet ima je ograničena, a rast prometne potražnje koliko god pozitivan bio, ne olakšava stvar. Kako bi se što bolje manipuliralo ponudom i potražnjom, potrebno je redovito promatrati čimbenike koji ukazuju na realnu situaciju u zračnom prometu. Na kraju krajeva, ti čimbenici su odgovor na pitanje kako i na koji način poboljšati zračni promet i upravljati njime.

U ovom završnom radu promatraju se ključni pokazatelji prometa koji ukazuju na stanje zračnog prometa na lokalnoj razini unutar države. Radi se o prostoru Jedinice prilazne kontrole Zagreb te se podaci dobivaju preko EUROCONTROL-ovog programa NEST. Cilj ovog rada je navesti i objasniti pokazatelje dolaznog i odlaznog prometa Jedinice prilazne kontrole Zagreb te obrađene podatke iz spomenutog programa NEST, analizirati za referentni period od tri godine počevši sa 2017. godinom. Naposljetku, podaci će se usporediti za definirane AIRAC cikluse te će se dati zaključna razmatranja.

Rad je podijeljen u osam cjelina:

1. Uvod
2. Zračni prostor prilazne kontrole Zagreb
3. Pokazatelji dolaznog i odlaznog prometa
4. Obrada prometnih pokazatelja za određeni AIRAC ciklus za 2017. godinu
5. Obrada prometnih pokazatelja za određeni AIRAC ciklus za 2018. godinu
6. Obrada prometnih pokazatelja za određeni AIRAC ciklus za 2019. godinu
7. Usporedba podataka o prometu
8. Zaključak.

Uvodno poglavlje opisuje tematiku i strukturu rada po poglavljima. Nadalje, opisana su pojedina poglavlja u kratkim crtama.

Drugo poglavlje opisuje prostor prilazne kontrole Zagreb sa svim svojim karakteristikama i bitnim obilježjima koji ga određuju. Navedeno je o čemu sve ovise oblik i granice tog prostora, te su definirane kontrolirane zone, najvažnije navigacijske točke, procedure za odlazak i dolazak te minimalna visina za radarsko vektoriranje.

Općenita podjela ključnih pokazatelja izvedbe i praćenja na one vezane za sigurnost, okoliš, kapacitet i troškovnu učinkovitost definirana je unutar trećeg poglavlja. Detaljno su objašnjeni ključni pokazatelji i indikatori za praćenje na razini države, ali ne i oni na globalnoj

razini isključivo zbog toga što se ovaj završni rad bavi problematikom na lokalnoj razini. Isto tako, prometni pokazatelji koji su izabrani za precizan prikaz stvarnog prometa unutar prostora prilazne kontrole Zagreb navedeni su i definirani u trećem poglavlju. Objašnjena su bitna poboljšanja u učinkovitosti terminalnog prostora s naglaskom na prostornu navigaciju i procedure kontinuiranog spuštanja.

Statistička analiza tih podataka za 2017., 2018. i 2019. godinu, zapisana je i prikazana tabličnim putem unutar četvrtog, petog i šestog poglavlja s najvažnijim informacijama koje će se kasnije koristiti za usporedbu.

U sedmom poglavlju napravljena je analiza i usporedba podataka za referentni period od tri godine. Usporedba se temelji na promatranju istih pokazatelja prometa te primjećivanju razlika koje upućuju na svakojake zaključke.

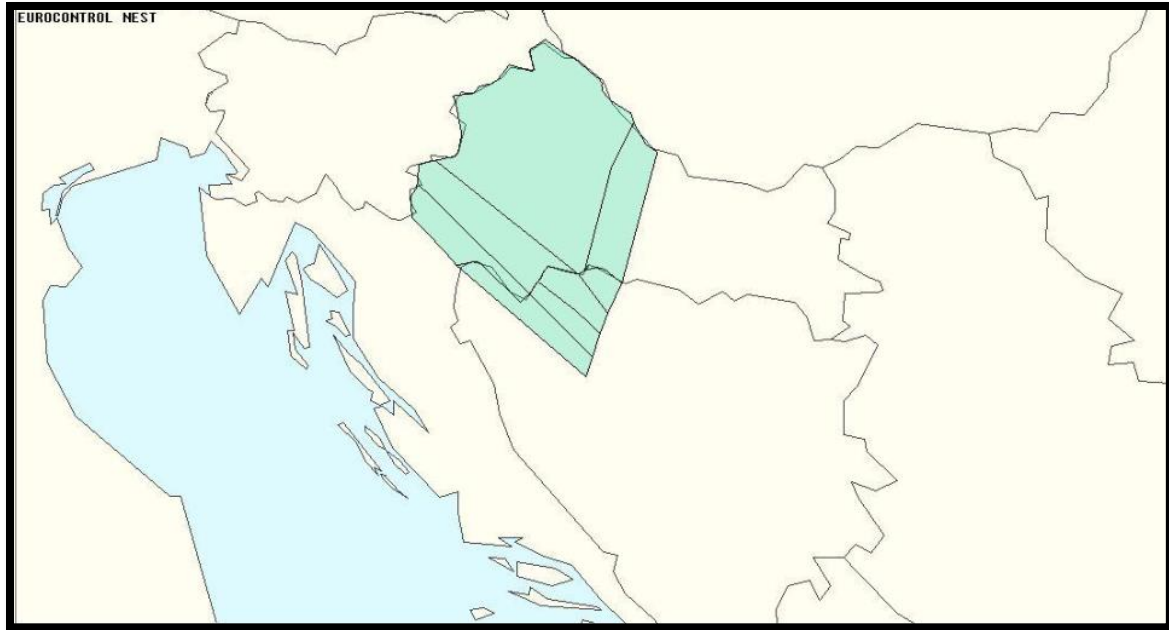
Osmo poglavlje daje uvid u zaključna razmatranja tematike s obzirom na rezultate analize i usporedbe podataka.

2 ZRAČNI PROSTOR PRILAZNE KONTROLE ZAGREB

Temeljna podjela zračnog prostora prema ICAO Annex-u 11, Usluge u zračnom prometu (engl. *Air Traffic Services, ATS*) jest na područja letnih informacija (engl. *Flight Information Region, FIR*), kontrolirana područja (engl. *Control Areas, CTA*), kontrolirane zone (engl. *Control Zones, CTR*) i kontrolirane aerodrome (engl. *Controlled Aerodromes*). U području letnih informacija sadržan je nekontrolirani prostor (engl. *Uncontrolled Airspace*) i posebno regulirani prostor (engl. *Restricted Area*) [1].

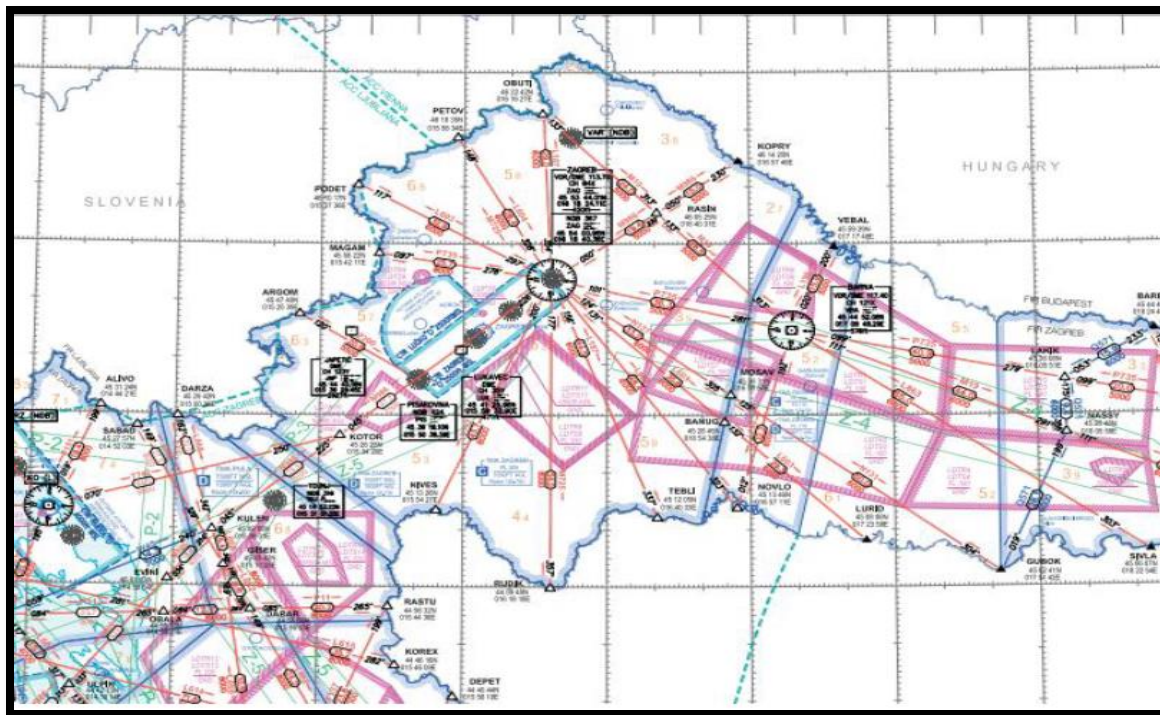
Završno kontrolirano područje je prostor definiranih dimenzija koji pokriva jedan ili više aerodroma i njihove pripadajuće kontrolirane zone. TMA je dio kontroliranog područja u kojem jedinica prilazne kontrole Zagreb pruža uslugu zračnog prometa. U tom području sadržani su standardni instrumentalni odlasci (engl. *Standard Instrument Departure, SID*) i standardni instrumentalni dolasci (engl. *Standard Instrument Arrival, STAR*). Dakle, prostor prilazne kontrole je prostor u kojem započinju odlazne i završavaju dolazne rute. Osim pružanja usluga zračnog prometa dolaznim i odlaznim zrakoplovima to se radi i za zrakoplove u preletu tog prostora. Oblik i lateralne granice ovise o broju ulaznih/izlaznih točaka, visini terena, državnim granicama, radio-navigacijskim sredstvima, broju pokrivenih aerodroma, okolišu, procedurama kontrole zračnog prometa (engl. *Air Traffic Control, ATC*), broju ruta i tako dalje. Donja granica TMA je definirana kao donja granica CTA, dok gornja mora biti posebno definirana [2].

Granice TMA Zagreb prate nacionalne granice te posebno definirane granice na jugo-zapadnoj i istočnoj strani. Unutar područja odgovornosti, prilaznih kontrolora TMA Zagreb, ulazi i dio područja Bosne i Hercegovine [3]. Jedinica prilazne kontrole Zagreb je preuzela kontrolu prometa iznad prilazne kontrole Banja Luke od FL 125 do FL 205 te se uvela koordinacija s centrom oblasne kontrole Sarajevo [4]. Na slici 1 se vidi dokle seže područje odgovornosti Jedinice prilazne kontrole Zagreb.



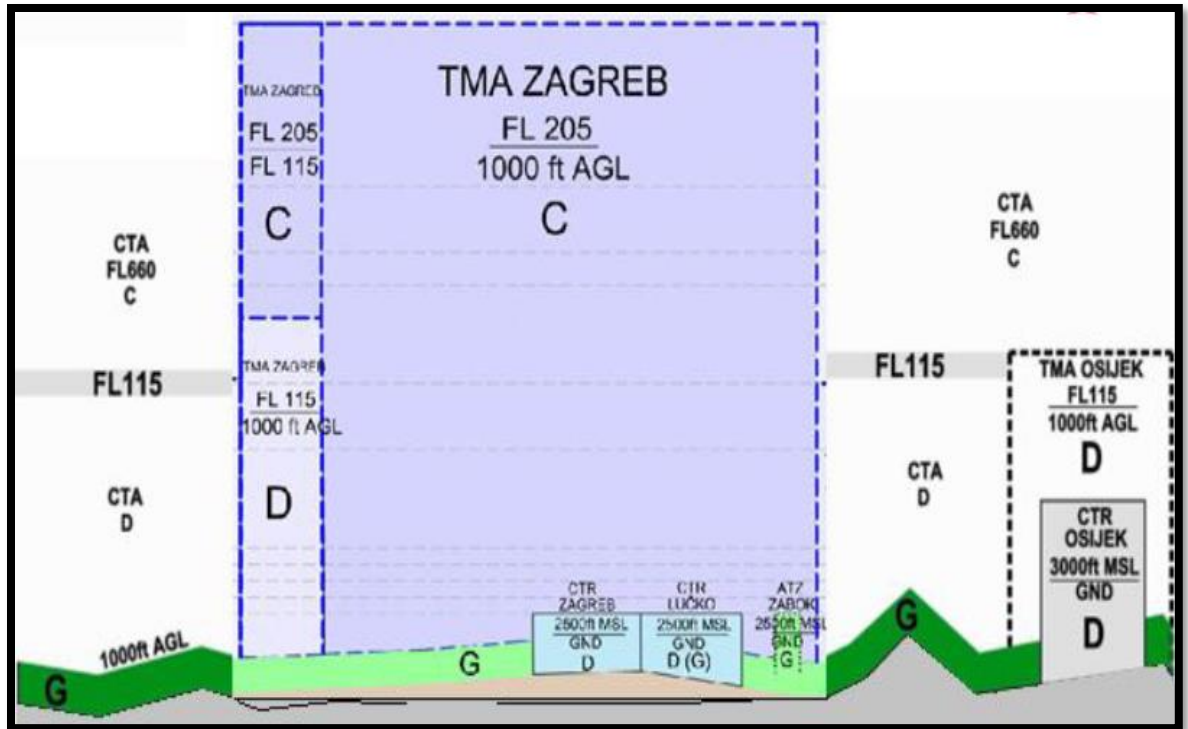
Slika 1. Područje odgovornosti jedinice prilazne kontrole Zagreb, [3]

Prostor TMA Zagreb se proširio s prethodnih 90 nautičkih milja na 130 nautičkih milja između najudaljenijih točaka horizontalno. U smislu širine, prostor se povećao za 10 nautičkih milja [4]. Vertikalne granice su definirane prema kontroliranim zonama te se prikaz TMA prostora može vidjeti na slici 2. Donja granica TMA unutar prostora CTR-a je gornja granica CTR-a i iznosi 2500 stopa iznad srednje razine mora (engl. *Above Mean Sea Level, AMSL*), dok je izvan prostora CTR-a 1000 stopa iznad razine tla (engl. *Above Ground Level, AGL*). Gornja granica TMA Zagreb je FL205 [3].



Slika 2. Prostor TMA Zagreb, [3]

Zračni prostor TMA Zagreb većinom pripada klasi C zračnog prostora no postoje dijelovi koji pripadaju klasi D, vidljivo na slici 3. U klasi C prema ICAO klasifikaciji prostora su dozvoljene operacije instrumentalnih pravila letenja (engl. *Instrument Flight Rules, IFR*), posebnih vizualnih pravila letenja (engl. *Special Visual Flight Rules, SVFR*) i operacije vizualnih pravila letenja (engl. *Visual Flight Rules, VFR*). Usluga kontrole zračnog prometa pruža se IFR prometu, dok se VFR prometu pružaju informacije o prometu. Ukoliko pilot zatraži savjet za razdvajanje kontrolori će mu ga dati. Kontrola razdvaja sve vrste prometa. U klasi D također lete IFR, VFR i SVFR promet. IFR prometu se pruža usluga kontrole zračnog prometa i dijele im se informacije o VFR prometu, a za VFR promet se ne pruža usluga kontrole zračnog prometa već im se daju informacije o IFR i VFR prometu te savjetovanja na zahtjev [5].



Slika 3. Klasifikacija TMA Zagreb, [6]

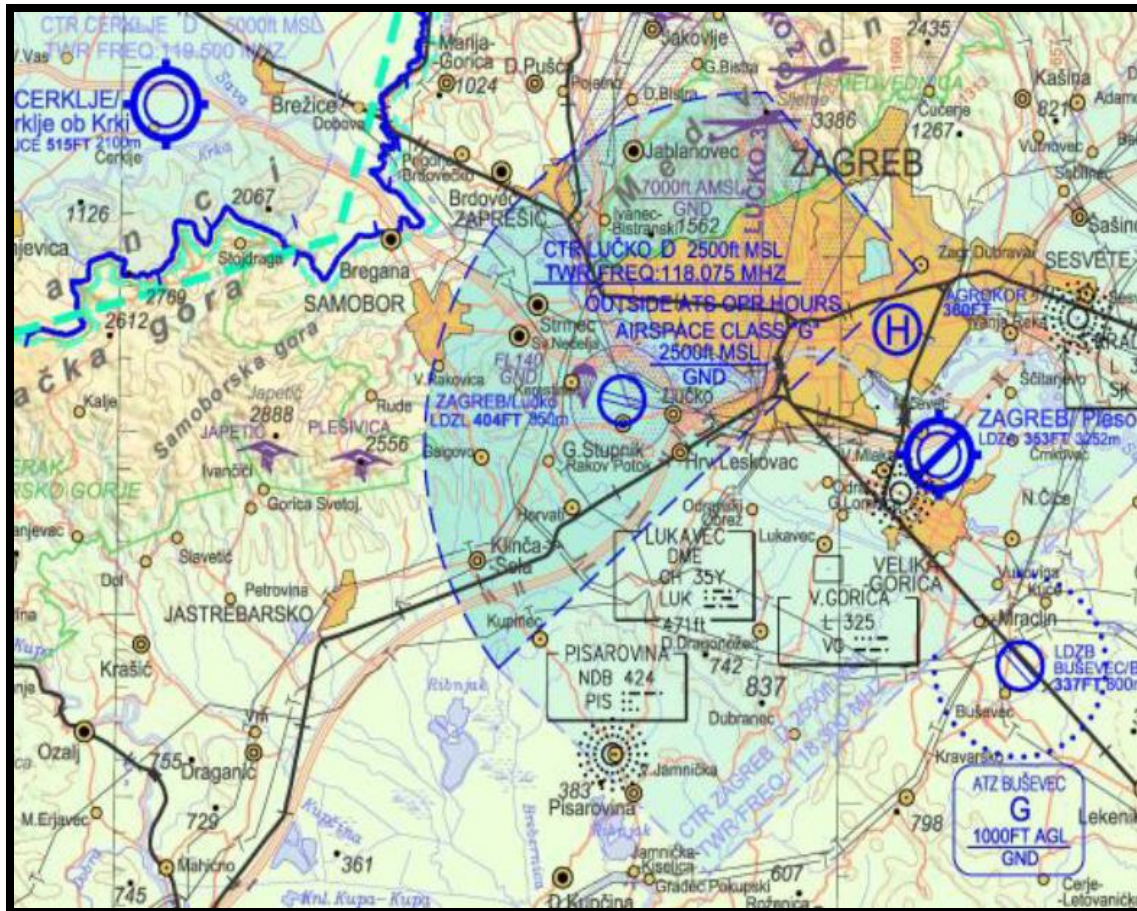
2.1 Kontrolirane zone

TMA Zagreb obuhvaća dva CTR-a, a to su CTR Zagreb i CTR Lučko, prikazani redom na slikama 4 i 5. Također, sadrži i prometnu zonu Varaždin. CTR Zagreb okružuje zagrebačku Međunarodnu luku Franjo Tuđman, na kojoj se nalazi uzletno-sletna staza smjera 04-22 u odnosu na magnetski sjever. Proteže se od površine zemlje (engl. *Ground, GND*) do visine od 2500 stopa od srednje razine mora (engl. *Mean Sea Level, MSL*). 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 se VFR prometu ne pruža usluga kontrole zračnog prometa te oni dobivaju samo informacije o IFR i VFR prometu kako bi se mogli sami razdvajati [3].



Slika 4. CTR Zagreb, [3]

CTR Lučko okružuje aerodrom Lučko i ima dvije uzletno-sletne staze smjera 10-28 u odnosu na magnetski sjever. To su paralelne staze od kojih se jedna koristi za sportske zrakoplove bez motora, a druga za zrakoplove s motorom. CTR Lučko se jednom stranom oslanja na CTR Zagreb, a vertikalne granice su mu iste kao i kod CTR Zagreb, od tla do visine od 2500 stopa iznad srednje razine mora. Zračni prostor CTR-a Lučko je klase D kao i CTR Zagreb, ali unutar CTR-a Lučko je zabranjen komercijalni zračni promet [3].



Slika 5. CTR Lučko, [3]

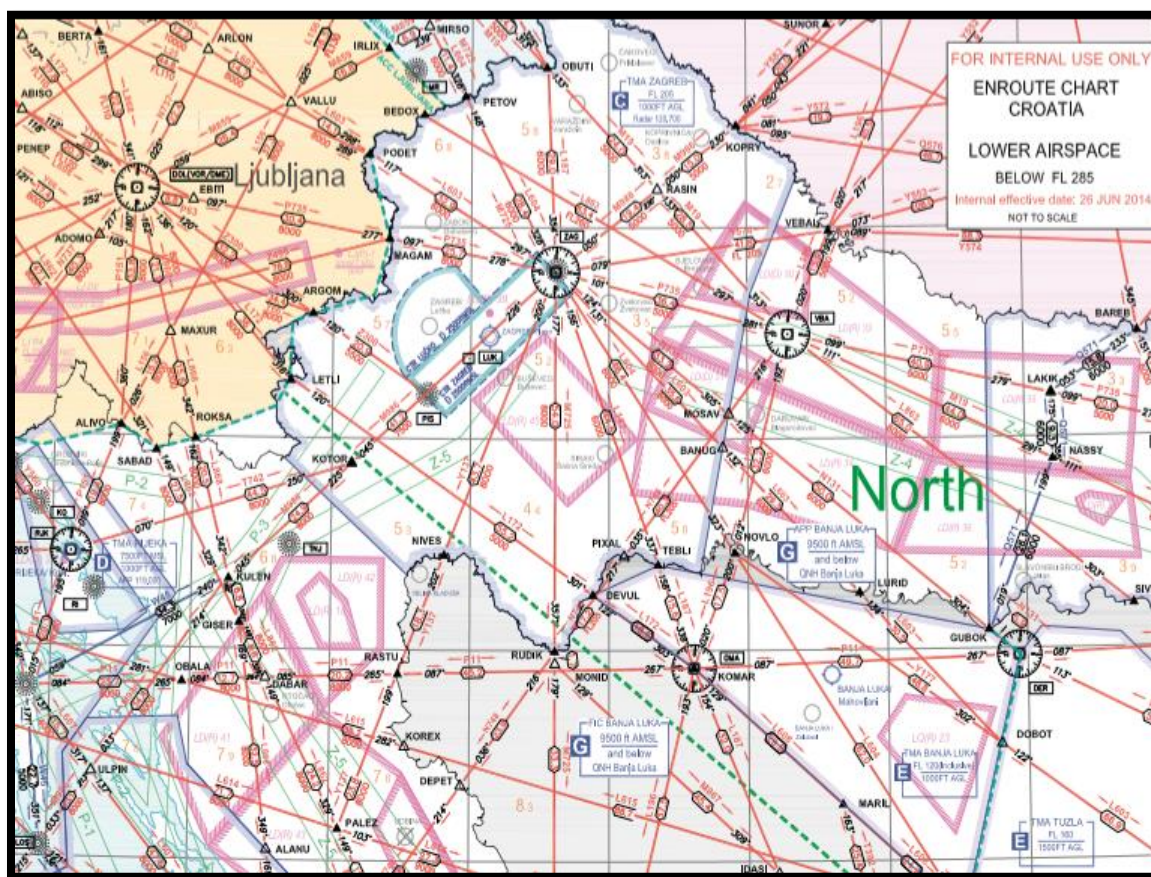
2.2 Točke i radionavigacijska sredstva

Zračni prostor TMA Zagreb graniči sa zračnim prostorima Slovenije, Austrije, Mađarske, Bosne i Hercegovine i zračnim prostorom Hrvatske. Sa svakim od tih zračnih prostora TMA Zagreb je povezan s točno definiranim točkama. Točke unutar TMA Zagreb dijele se na ulazne, izlazne i točke koje se koriste za prelete. Može ih se podijeliti na točke obaveznog i neobaveznog javljanja. Na karti točke označene zacrnjenim trokutom su obaveznog javljanja, dok su točke označene bijelim trokutom točke neobaveznog javljanja [4].

Točke koje su na granici sa Slovenijom su LETLI, GORPA, ARGOM, MAGAM i PODET. S Austrijom granicu definiraju PETOV i OBUTI, dok su to za Mađarsku KOPRY i VEBAL. Nadalje, za Bosnu i Hercegovinu postoje TEBLI, DEVUL, RUDIK i NIVES te točke OKSIG, EVTON i ETOBI koje zajedno čine takozvani „KOMAR line“. „KOMAR LINE“ točke koriste se kao dolazne točke u prostor umjesto starih točaka TEBLI, DEVUL, RUDIK, NIVES koje se dalje nastavljaju koristiti kao odlazne točke. Što se tiče prijelaza u druge dijelove Hrvatske postoje točke KOTOR i VBA. Unutar samog TMA Zagreb nalaze se točke RASIN, MOSAV i BANUG koje su za razliku od svih prethodnih točaka, točke neobaveznog javljanja [4].

Od točaka koje su radionavigacijska sredstva unutar TMA Zagreb nalaze se dva kombinirana sredstva VOR/DME (engl. *Very high frequency Omnidirectional range/Distance Measuring equipment*), a to su ZAG i VBA. Tri svesmjerna radio fara (engl. *Non-directional Beacon, NDB*), a to su PIS, ZAG i VAR te dva lokatora SK i VG [4].

Prema statističkoj analizi Hrvatske kontrole zračne plovidbe, 40% dolazaka odvija se preko točke ARGOM, 20% dolazaka odvija se preko točke PETOV, a oko 15% preko točke TEBLI. Dalje slijede točke VBA, RUDIK, KOTOR i KOPRY. Što se tiče odlazaka najveće opterećenje podnosi točka OBUTI sa oko 40% odlazaka. Nakon nje idu TEBLI, PODET, VBA, KOTOR, RUDIK i KOPRY [4]. Na slici 6 vide se točke unutar TMA Zagreb.

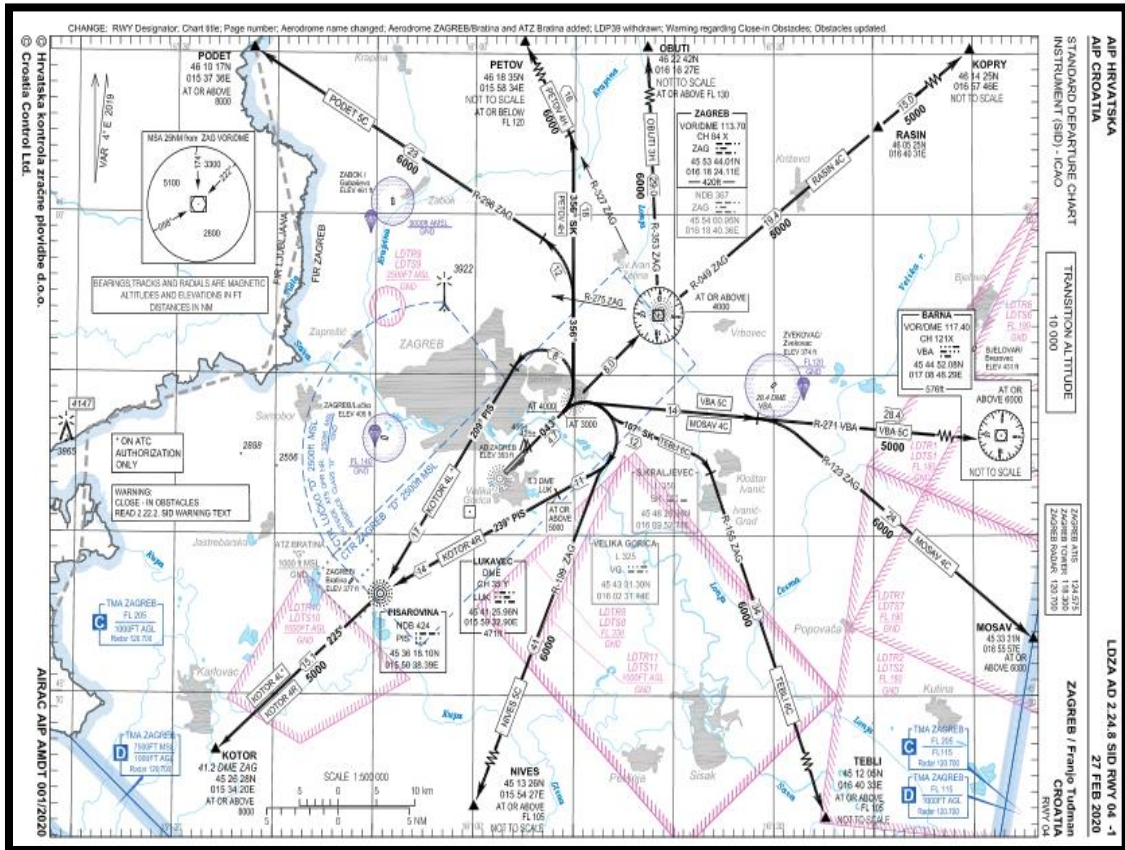


Slika 6. Prikaz prostora TMA Zagreb s točkama i radionavigacijskim sredstvima, [7]

2.3 Standardni instrumentalni odlasci

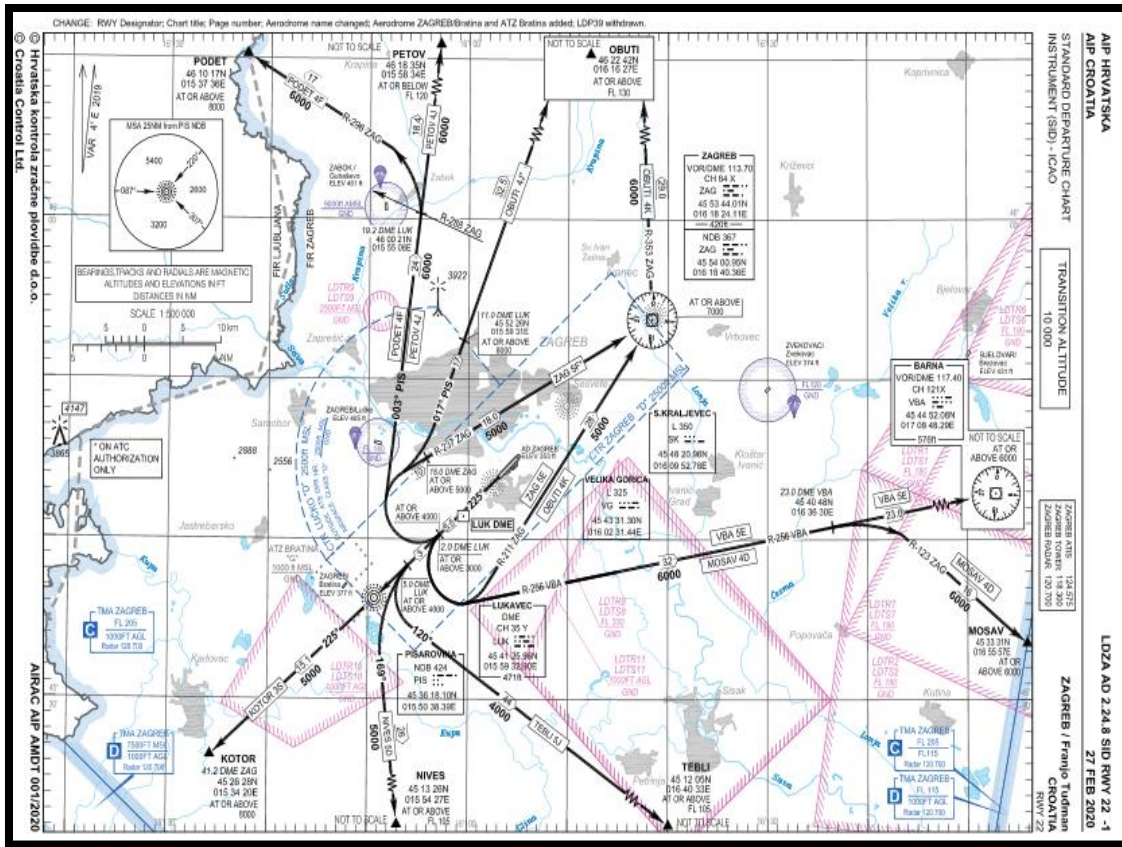
Standardni instrumentalni odlazak je utvrđena instrumentalna odlazna ruta koja nakon što zrakoplov poleti osigurava nadvišavanje prepreka te smanjuje vrijeme odlaska i zauzimanja prostora. Pruža sigurnost tijekom penjanja zrakoplova i povezuje segmente penjanja i krstarenja. Tijekom kreiranja takvih ruta uzimaju se u obzir kategorije zrakoplova, konfiguracija

terena i utjecaj buke [4]. Za smjer staze 04 u hrvatskom zborniku zrakoplovnih informacija (engl. *Aeronautical Information Publication, AIP*) koji je stupio na snagu i važeći je od 13.8.2020. godine objavljeni su sljedeći SID-ovi: RASIN4C, VBA5C, MOSAV4C, TEBLI6C, NIVES5C, KOTOR4R, KOTOR4L, PODET5C, PETOV4H i OBUTI3H. Na slici 7 mogu se vidjeti nabrojane propisane SID procedure za uzletno-sletnu stazu 04 uz napomenu da KOTOR4L ide samo uz odobrenje kontrolora leta, a PETOV4H ide samo za promet koji ide u Maribor [8].



Slika 7. SID za uzletno-sletnu stazu 04, [8]

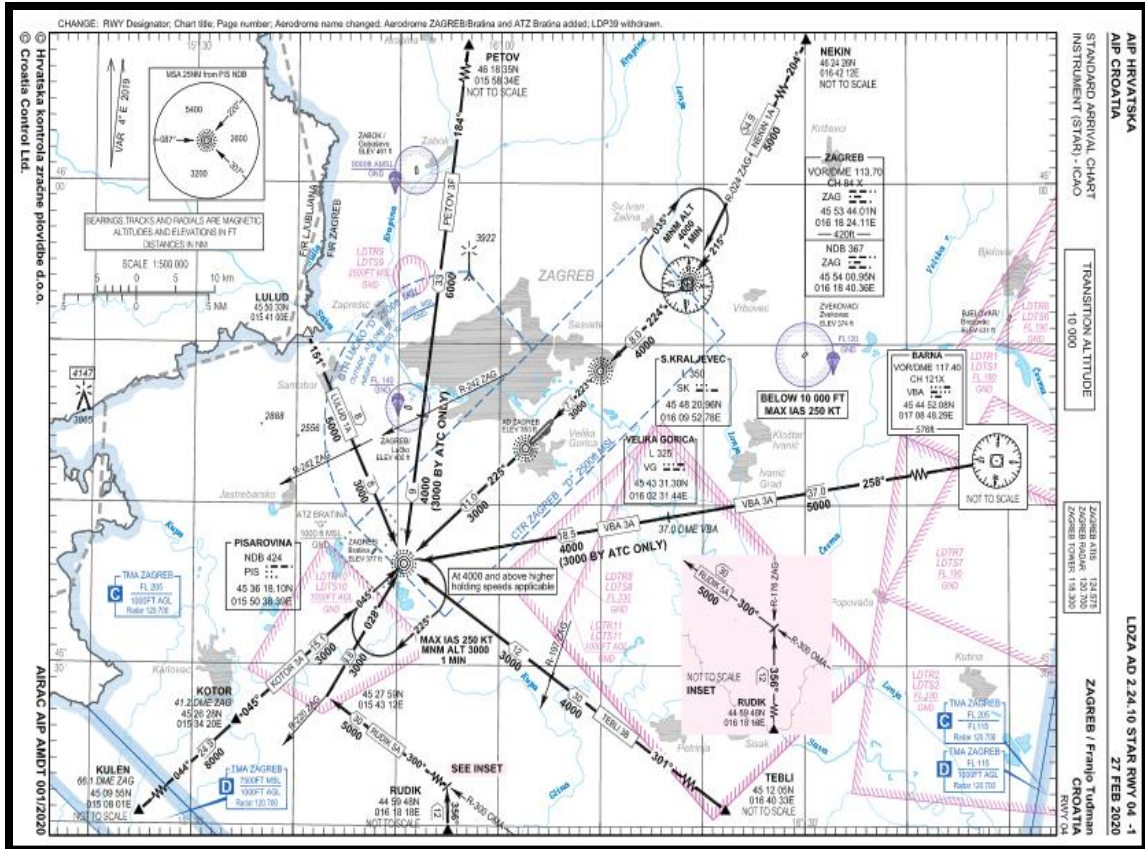
Za smjer staze 22 u hrvatskom AIP-u važećem od 13.8.2020. godine objavljeni su sljedeći SID-ovi: ZAG5E, OBUTI4K, VBA5E, MOSAV4D, TEBLI5J, NIVES5D, KOTOR3S, PODET4F, PETOV4J, ZAG5F i OBUTI4J. Na slici 8 su prikazane SID procedure za stazu 22 uz napomenu da OBUTI4J i ZAG5F idu samo uz odobrenje kontrole letenja, a PETOV4J ide samo za promet koji ide u Maribor [8].



Slika 8. SID za uzletno-sletnu stazu 22, [8]

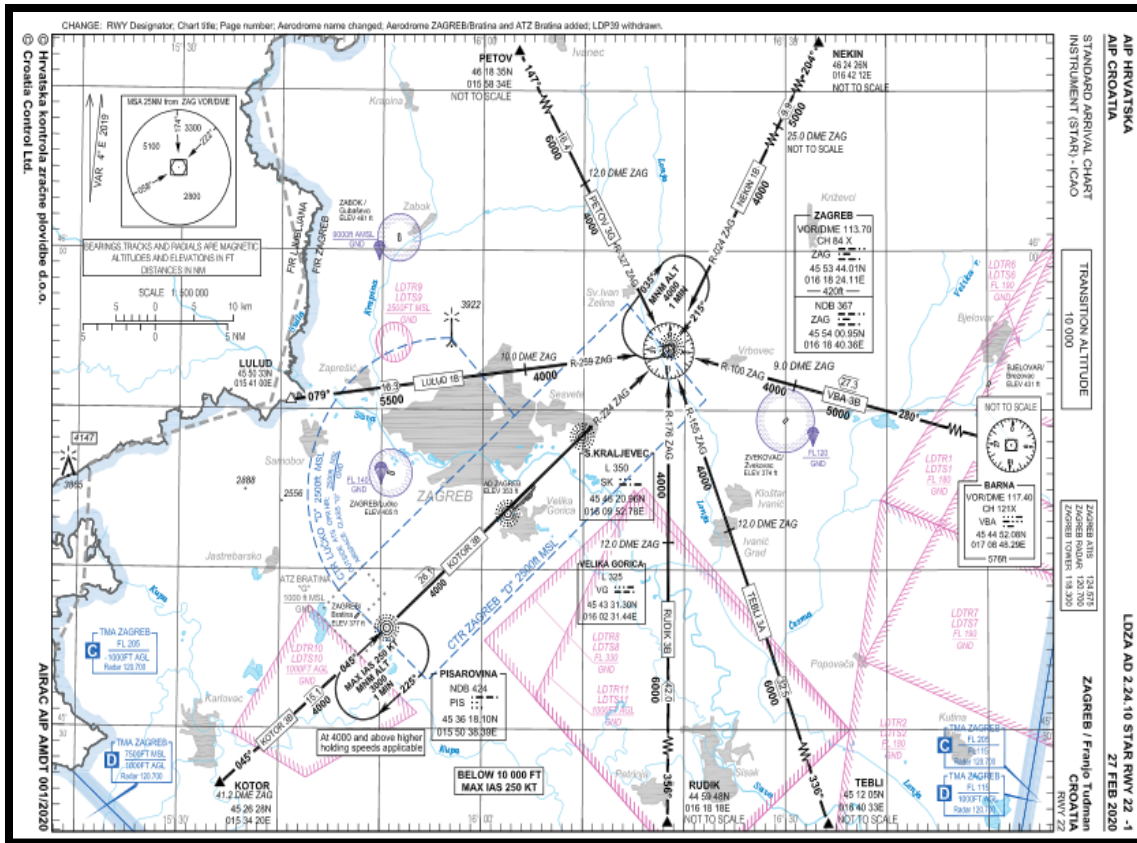
2.4 Standardni instrumentalni dolasci

Standardni instrumentalni dolasci su određene instrumentalne dolazne rute koje povezuju specifičnu točku na nekoj prometnoj ruti sa točkom iz koje može započeti siguran instrumentalni prilaz. Glavni cilj takvih ruta je smanjenje potrebe za vektoriranjem, a time i opterećenje kontrolora leta uz očuvanje sigurnog vertikalnog razmaka između prepreka koji ne smije biti manji od minimalne visine za nadvišavanje prepreka (engl. *Minimum Obstacle Clearance Altitude, MOCA*). Prema hrvatskom AIP-u važećem od 13.8.2020. godine objavljeni su sljedeći STAR-ovi za stazu 04: NEKIN1A, VBA3A, TEBLI3B, RUDIK5A, KOTOR3A, LULUD1A i PETOV3F. Na slici 9 prikazane su STAR procedure za stazu 04 [8].



Slika 9. STAR za uzletno-sletnu stazu 04, [8]

Za stazu 23 to su: NEKIN1B, VBA3B, TEBLI3A, RUDIK3B, KOTOR3B, LJULUD1B i PETOV3G. Na slici 10 mogu se vidjeti STAR procedure za stazu 22 [8].

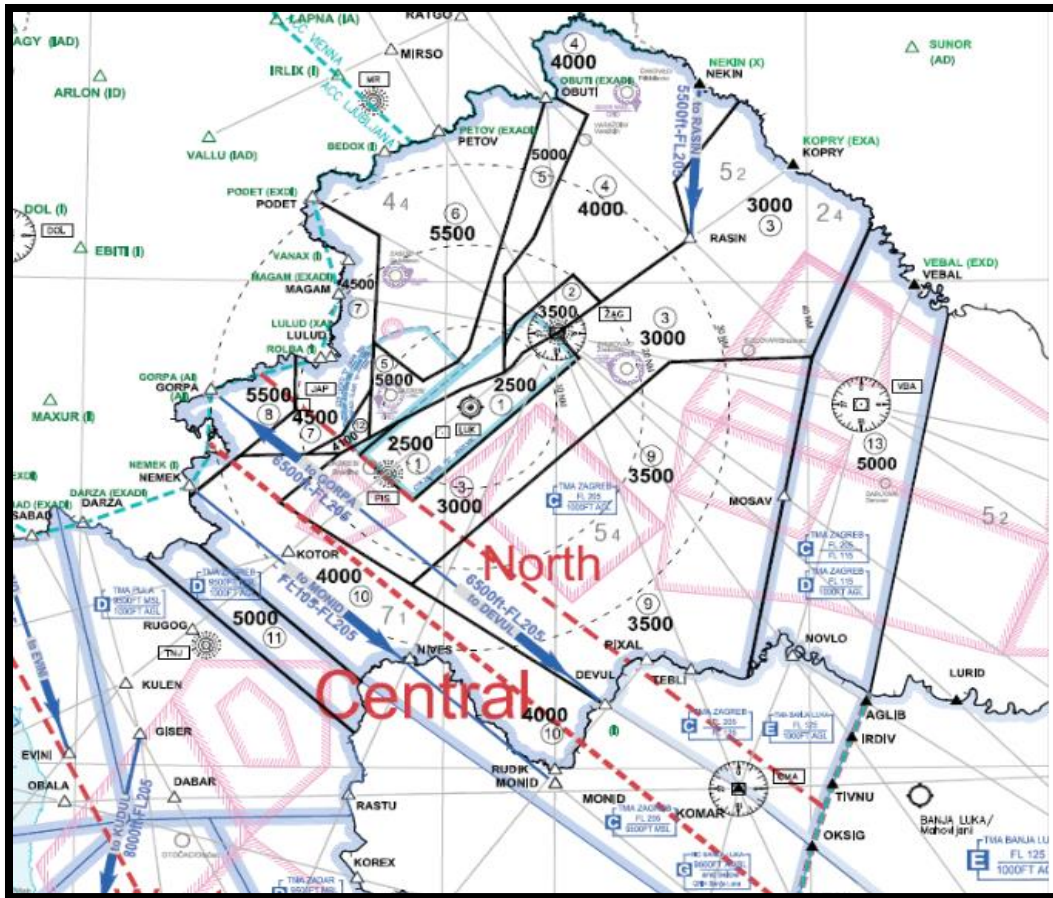


Slika 10. STAR za uzletno-sletnu stazu 22, [8]

Za stazu 04 svi STAR-ovi vode prema NDB-u PIS, dok za stazu 22 svi STAR-ovi vode prema VOR/DME ZAG.

2.5 Minimalna visina za radarsko vektoriranje

Minimalna visina za radarsko vektoriranje (engl. *Minimum Radar Vectoring Altitude, MRVA*) je najniža visina u kontroliranom zračnom prostoru koja se može upotrijebiti prilikom vektoriranja IFR zračnog prometa, uzimajući u obzir minimalnu sigurnosnu visinu i strukturu zračnog prostora unutar specificiranog područja [6]. Na slici 11 prikazan je TMA Zagreb u ovisnosti o MRVA-i.



Slika 11. MRVA unutar TMA Zagreb, [7]

3 POKAZATELJI DOLAZNOG I ODLAZNOG PROMETA

Nadležna EU uredba EU REG 2019/317 od 11. veljače 2019. godine definira promjene u izvedbi i naknadi unutar Jedinog europskog neba (engl. *Single European Sky, SES*) i ukida EU REG 390/2013 i EU REG 391/2013. Shemom izvedbe iz članka 11. Uredbe (EC) br. 549/2004 trebala bi se poboljšati izvedba usluga u zračnoj plovidbi i mrežnih funkcija u okviru jedinstvenog europskog neba. Program izvedbe i sustav utvrđivanja naknada trebali bi poboljšati izvedbu usluga u zračnoj plovidbi pristupom „od vrata do vrata” koji obuhvaća rutne i terminalne usluge u zračnoj plovidbi. Njima bi se trebala poticati dugoročna poboljšanja izvedbi usluga u zračnoj plovidbi, što se odražava u europskom glavnom planu ATM-a (engl. *Air Traffic Management, ATM*), ne ispuštajući iz vida prevladavajuće ciljeve sigurnosti. Program izvedbi trebao bi doprinijeti smanjenju emisija stakleničkih plinova u zrakoplovstvu te omogućiti optimalnu upotrebu zračnog prostora, uzimajući u obzir protok zračnog prometa u europskom zračnom prostoru. Ova se uredba primjenjuje na pružanje usluga u zračnoj plovidbi i mrežnih funkcija za opći zračni promet unutar europske regije Međunarodne organizacije civilnog zrakoplovstva, u kojoj su države članice odgovorne za pružanje usluga u zračnoj plovidbi [9].

Postoje četiri ključna područja za praćenje izvedbe zračnih prijevoznika [10]:

- sigurnost
- okoliš
- kapacitet
- troškovna učinkovitost.

U svakom od tih područja prate se dva različita parametra. Mjerljivi parametar, ključni pokazatelj izvedbe čija je svrha postavljanje ciljne izvedbe ATM sustava i pokazatelj za praćenje odnosno pokazatelj koji služi za praćenje, vrednovanje i pregled izvedbe [10]. Iako se ključni pokazatelji izvedbe i pokazatelji praćenja mogu promatrati na globalnoj razini, za potrebe ovog rada navedeni i objašnjeni su pokazatelji na razini države.

3.1 Pokazatelji izvedbe i praćenja u području sigurnosti

Pokazatelj izvedbe obuhvaća minimalnu razinu djelotvornosti upravljanja sigurnošću koju moraju postići pružatelji usluga u zračnoj plovidbi ovlašteni za pružanje operativnih usluga u zračnom prometu. Ovim ključnim pokazateljem izvedbe mjeri se razina ostvarenja sljedećih ciljeva upravljanja sigurnošću [9]:

- politike i ciljeva u pogledu sigurnosti
- upravljanja sigurnosnim rizikom
- osiguranja sigurnosti
- promicanja sigurnosti
- kulture sigurnosti.

Pokazatelj praćenja prati [9]:

- stopu neodobrenih ulaza na uzletno-sletnu stazu u zračnim lukama u državi članici, izračunatu kao ukupan broj neodobrenih ulaza na uzletno-sletnu stazu s utjecajem na

sigurnost koji su se dogodili u tim zračnim lukama podijeljen s ukupnim brojem IFR i VFR kretanja u tim zračnim lukama

- stopu povreda minimuma razdvajanja unutar zračnog prostora svih jedinica za operativne usluge u zračnom prometu koje imaju kontrolu u državi članici izračunatu kao ukupan broj povreda minimuma razdvajanja s utjecajem na sigurnost koje su se dogodile u tom zračnom prostoru podijeljen s ukupnim brojem kontroliranih sati leta u tom zračnom prostoru
- stopu neodobrenih ulaza na uzletno-sletnu stazu u zračnoj luci izračunatu kao ukupan broj neodobrenih ulaza na uzletno-sletnu stazu s bilo kojim doprinosom iz operativnih usluga u zračnom prometu ili usluga CNS-a (engl. *Communication, Navigation and Surveillance*) s utjecajem na sigurnost koji se dogodio u toj zračnoj luci podijeljen s ukupnim brojem IFR i VFR kretanja u toj zračnoj luci
- stopu povreda minimuma razdvajanja unutar zračnog prostora u kojem pružatelj usluga u zračnoj plovidbi pruža usluge u zračnom prometu, izračunatu kao ukupan broj povreda minimuma razdvajanja s bilo kojim doprinosom iz operativnih usluga u zračnom prometu ili usluga CNS-a s utjecajem na sigurnost podijeljen s ukupnim brojem kontroliranih sati leta u tom zračnom prostoru
- ako su uvedeni automatizirani sustavi za bilježenje podataka o sigurnosti, upotreba tih sustava od strane pružatelja usluga u zračnoj plovidbi, kao sastavnog dijela njihova okvira za upravljanje sigurnosnim rizicima, za potrebe prikupljanja, pohrane i procjene podataka u gotovo stvarnom vremenu, povezanih najmanje s povredama minimuma razdvajanja i stopama neodobrenih ulaza na uzletno-sletnu stazu.

3.2 Pokazatelji izvedbe i praćenja u području okoliša

Ovim ključnim pokazateljem izvedbe obuhvaća se prosječna učinkovitost horizontalnog leta na ruti za stvarnu putanju. Ovaj je pokazatelj usporedba duljine rutnog dijela stvarne putanje izvedene iz podataka dobivenih nadzorom i postignute udaljenosti, zbrojeno za sve IFR letove koji se obavljaju unutar lokalnog zračnog prostora ili koji prolaze kroz njega. Postignuta udaljenost je funkcija položaja točke ulaza leta u lokalni zračni prostor i točke izlaza leta iz lokalnog zračnog prostora. Postignuta udaljenost je doprinos tih točaka ortodromskoj udaljenosti između polazišta i odredišta leta. „Rutni dio” odnosi se na udaljenost koja se preleti izvan kružnice od 40 NM oko polazne i odredišne zračne luke. Ako let polazi iz zračne luke izvan lokalnog zračnog prostora ili stiže u nju, za izračun tog pokazatelja upotrebljava se ulazna ili izlazna točka lokalnog zračnog prostora. Ukoliko let polazi iz zračne luke u lokalnom zračnom prostoru i stiže u nju te prelazi zračni prostor izvan lokalnog, za izračun tog pokazatelja upotrebljava se samo dio unutar lokalnog zračnog prostora. Pokazatelj se izračunava za cijelu kalendarsku godinu i za svaku godinu referentnog razdoblja kao prosjek. Pri izračunu tog prosjeka iz izračuna se isključuju deset najviših i deset najnižih dnevnih vrijednosti [9].

Pokazatelj praćenja u području okoliša prati [9]:

- prosječnu učinkovitost horizontalnog leta na ruti za putanju iz zadnjeg dostavljenog plana leta
- prosječnu učinkovitost horizontalnog leta na ruti za najkraću ograničenu putanju

- dodatno vrijeme u fazi taksiranja pri uzlijetanju, izračunano na lokalnoj razini
- dodatno vrijeme u terminalnom zračnom prostoru
- udio dolazaka koji izvode operaciju neprekidnog spuštanja
- djelotvornu upotrebu rezerviranog ili odvojenog lokalnog zračnog prostora
- stopu planiranja putem dostupnih struktura lokalnog zračnog prostora
- stopu upotrebe dostupnih struktura lokalnog zračnog prostora.

3.3 Pokazatelji izvedbe i praćenja u području kapaciteta

Ključni pokazatelj izvedbe u području kapaciteta obuhvaćaju prosječne minute kašnjenja na ruti ATFM-a (engl. *Air Traffic Flow Management*) po letu koje se mogu pripisati uslugama u zračnoj plovidbi. Nadalje, prosječno vrijeme, izraženo u minutama, kašnjenja pri dolasku ATFM-a po letu koje se može pripisati uslugama u zračnoj plovidbi na terminalu i u zračnoj luci, izračunano na lokalnoj razini. To je prosječno kašnjenje pri dolasku u odredišnoj zračnoj luci uzrokovano regulacijama ATFM-a po dolaznom IFR letu. Obuhvaćaju se svi IFR letovi koji slijeću u odredišnu zračnu luku i svi uzroci kašnjenja ATFM-a, osim izuzetnih događaja. Izračunava se za cijelu kalendarsku godinu i za svaku godinu referentnog razdoblja [9].

Pokazatelj praćenja prati [9]:

- postotak IFR letova koji se pridržavaju svojih odlaznih „slotova“ ATFM-a na lokalnoj razini, izračunano za cijelu kalendarsku godinu i za svaku godinu referentnog razdoblja
- prosječne minute kašnjenja pri polasku povezanog s kontrolom zračnog prometa po letu zbog ograničenja uzlijetanja u zračnoj luci odlaska
- prosječno vrijeme, izraženo u minutama, kašnjenja po letu u odlasku zbog svih uzroka, izračunano na lokalnoj razini.

3.4 Pokazatelji izvedbe i praćenja u području troškovne učinkovitosti

Ključni pokazatelj izvedbe obuhvaća utvrđeni jedinični trošak za rutne usluge u zračnoj plovidbi. Ovaj je pokazatelj omjer između utvrđenih troškova na ruti i predviđenog prometa u zoni naplate, izraženog u jedinicama rutnih usluga, koji se očekuje tijekom svake godine referentnog razdoblja na lokalnoj razini, navedenog u planovima izvedbe. Izražava se u realnim vrijednostima i u nacionalnoj valuti. Nadalje, KPI obuhvaća i utvrđeni jedinični trošak za terminalne usluge u zračnoj plovidbi. Ovaj je pokazatelj omjer između utvrđenih troškova i predviđenog prometa, izraženog u jedinicama terminalnih usluga, koji se očekuje tijekom svake godine referentnog razdoblja na lokalnoj razini, navedenog u planovima izvedbe. Izražava se u realnim vrijednostima i u nacionalnoj valuti [9].

Pokazatelj praćenja vrednuje stvarni jedinični trošak koje korisnici snose zasebno za rutne i terminalne usluge u zračnoj plovidbi. Pokazatelj se izračunava za cijelu kalendarsku godinu i za svaku godinu referentnog razdoblja i izražava se u nominalnim vrijednostima i u nacionalnoj valuti [9].

3.5 Prometni pokazatelji unutar Jedinice prilazne kontrole Zagreb

NEST (engl. *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 [3]. Važno je za naglasiti da NEST prikazuje samo IFR GAT (engl. *General Air Traffic*) promet.

Procjenjuje se da će zračni promet u budućnosti bilježiti kontinuirani rast. Da bi kontinuiranom rastu mogla parirati ponuda, projekt SESAR (engl. *Single European Sky ATM Research*) preko SESAR JU (engl. *SESAR Joint Undertaking*) uvodi nove tehnologije koje služe za razvoj zračnog prometa i ATM sustava. Ključni instrument za neometanu provedbu mrežnog upravljanja i za pravovremeno, usklađeno i koordinirano uvođenje projekta SESAR je ATM Master Plan. To je glavni plan koji ocrta najbitnije operativne promjene koje su potrebne za postizanje SES ciljeva izvedbe, modernizacije ATM sustava te povezivanja istraživanja i razvoja projekta SESAR s njegovim uvođenjem. Analizom i obradom prometnih pokazatelja dobivaju se povratne informacije o uspješnosti provedbe ATM Master Plana.

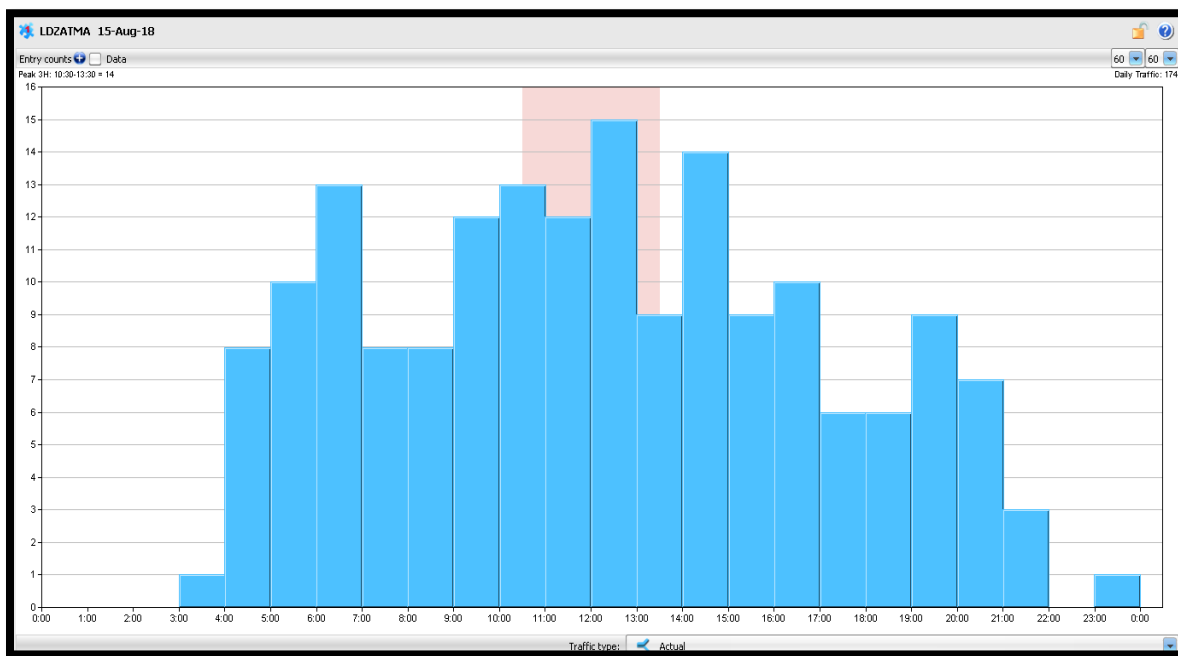
U ovom radu su za analizu uzeti sljedeći prometni pokazatelji:

- broj letova
- kašnjenje
- prosječna prijeđena udaljenost
- prosječno vrijeme provedeno unutar sektora
- prosječna promjena visine
- opterećenje pojedinih točaka.

3.5.1 Broj letova

Broj letova je značajan pokazatelj zračnog prometa jer prikazuje podatke o količini zrakoplova unutar promatranog sektora. To je izrazito važno kako bi se mogao optimalno odrediti kapacitet zračnog prostora i kontrolora leta. Nadalje, ako bi se promatrao period od primjerice nekoliko godina, broj letova daje bitnu informaciju o prometnoj potražnji, a to je da li se događa trend prometnog rasta ili pada. Uz to, može se vidjeti još čitav niz drugih informacija iz kojih se onda dalje uz pomoć obrade podataka mogu izvlačiti zaključci. Primjerice maksimalan i minimalan broj letova unutar sektora. Mogu se promatrati određeni dani, na primjer, kako vikend utječe na broj letova te kako to izgleda preko tjedna. U programu NEST opcija *Entry counts* prikazuje podatke o broju letova za važeći datum koji se promatra. Unutar opcije postoje mogućnosti promjene vremena promatranja među kojim se može birati između 10, 15, 20, 30 i 60 minuta. Za potrebe ovog rada postavka vremena je na 60 minuta odnosno jedan sat. Podaci se prikazuju grafički te se može iščitati i podatak o prosječnom broju letova unutar perioda od 3

sata u kojem je bio najprometniji sat. Važno je za naglasiti da se svi podaci u ovom radu gledaju sa postavkom za stvaran broj letova, primjer ove opcije u NEST-u se nalazi na slici 12.



Slika 12. Dnevno prometno opterećenje TMA Zagreb za 15. kolovoza 2018. godine, [11]

3.5.2 Kašnjenje

Kašnjenje kao pokazatelj zračnog prometa pripada pokazateljima u području kapaciteta. Kapacitet je zapravo indikator gornje granice dopuštene propusnosti zrakoplova kroz određeni sektor. Gornja granica odnosno maksimalna vrijednost se često balansira s već unaprijed prihvaćenim kašnjenjem. Na kapacitet, a time i kašnjenje utječu brojni faktori od kojih su neki vezani za pružatelje usluge, a neki ne. Razlozi za pojavu kašnjenja koji nisu vezani za pružatelje usluge su dostupnost uzletno-sletne staze i vrijeme. S druge strane, razlozi kašnjenja vezani uz pružatelje usluga su količina dostupnog osoblja, trening, modernizacija tehnologije, regulacije. Kašnjenja koja nastaju zbog regulacija zovu se ATFM kašnjenja. ATFM kašnjenja su kašnjenja, unutar usluge upravljanja protokom zračnog prometa, koja se definiraju kao razlika zadnjeg zahtjevanog vremena polijetanja od strane zrakoplovnog operatera (kompanije) i dodijeljenog vremena polijetanja od strane upravitelja mreže [12]. Regulacije su mjere ublažavanja preopterećenja sektora. Zrakoplovima na zemlji odgađa se vrijeme polijetanja kako bi se izbjeglo to preopterećenje. Najčešći uzroci uvođenja regulacija, a time i generiranja kašnjenja su [13]:

- ATC kapacitet
- ATC dostupno osoblje (nedostatak dostupnog osoblja)

- vremenski uvjeti
- vojne aktivnosti
- rezervacija zračnog prostora
- ATC rutiranje
- ATC oprema
- nesreća ili incident
- kapacitet aerodroma
- oprema
- upravljanje zračnim prostorom (engl. *Airspace Management, ASM*)
- ostalo.

Kašnjenje kao pokazatelj zračnog prometa ukazuje na činjenicu da potražnja nadilazi ponudu. U programu NEST podatak o ukupnom kašnjenju za određeni datum može se vidjeti u opciji *Flight List*, a primjer se nalazi na slici 13.

The screenshot shows a window titled 'Flight List' with a status bar indicating '174 Flights Actual 15-Aug-18 Crossing ACC LDZATMA [00:00-24:00] Total Delay sum : 382 min'. The main area contains a table with columns: Flight ID, Call Sign, Origin, Destination, AOBT, ATOT Date, ATOT, Arrival Time, nrc, Cabin Capacity, Airline, Aircraft, W/C, Route Length (NM), Most Pen. Regu., and Delay (min). The table lists various flight routes and their associated delays.

Flight ID	Call Sign	Origin	Destination	AOBT	ATOT Date	ATOT	Arrival Time	nrc	Cabin Capacity	Airline	Aircraft	W/C	Route Length (NM)	Most Pen. Regu.	Delay (min)
AA04767910	MDF024	LJLJ	LYBE	06:26	15-Aug-18	06:34	07:51	160	MDF	SW4	L	294.92	LDNX15E	0	0
AA04796590	AFL2040	UIEE	LDZA	07:24	15-Aug-18	07:34	10:23	360	AFL	A320	M	1067.74	-	0	0
AA04801746	AFL2041	LDZA	UIEE	11:17	15-Aug-18	11:27	14:31	350	AFL	A320	M	1033.17	LHENU15	0	0
AA04779962	MDF035	LYBE	LJLJ	15:15	15-Aug-18	15:25	16:32	160	MDF	SW4	L	262.51	LDULN15	11	0
AA04750037	ADR727	LATI	LJLJ	03:12	15-Aug-18	03:17	04:18	380	ADR	CRJ9	M	373.49	-	0	0
AA04733917	TDR811	LDOS	LDZA	04:15	15-Aug-18	04:20	05:11	100	TDR	L410	L	139.83	-	0	0
AA04761489	CTN353	LLBG	LDZA	02:36	15-Aug-18	02:51	05:49	360	CTN	A319	M	1239.35	-	0	0
AA04733936	TDR812	LDZA	LDOS	05:46	15-Aug-18	05:56	06:39	110	TDR	L410	L	118.71	LDNX15E	0	0
AA04757616	ADR73K	LGHQ	LJLJ	07:23	15-Aug-18	07:38	09:33	380	ADR	A319	M	807.42	LDULN15	0	0
AA04762262	AUA683V	LOWW	LDZA	11:17	15-Aug-18	11:30	12:05	260	AUA	CRJ9	M	173.91	-	0	0
AA04773052	IBK4UH	EKCH	LDZA	09:50	15-Aug-18	10:00	11:31	370	IBK	B738	M	636.12	KAP2215	0	0
AA04773778	AEE780	LGAV	LDZA	08:39	15-Aug-18	08:51	10:49	240	AEE	DH8D	M	630.56	LDULN15	27	0
AA04773906	EWG6W	EDDT	LDZA	05:07	15-Aug-18	05:14	06:24	350	EWG	A319	M	463.86	-	0	0
AA04774103	ADR8P	LJLJ	BKPR	10:23	15-Aug-18	10:31	11:38	310	ADR	F100	M	413.26	LDULN15	8	0
AA04774105	EWG4WL	EDDS	LDZA	04:19	15-Aug-18	04:25	05:22	250	EWG	A319	M	356.78	-	0	0
AA04774304	CSA819	LDZA	LKPR	05:08	15-Aug-18	05:18	06:32	180	CSA	AT75	M	292.11	-	0	0
AA04768250	ADR705	LATI	LJLJ	13:01	15-Aug-18	13:06	14:06	380	ADR	CRJ9	M	376.04	LYUWS15	0	0
AA04774139	ADR83P	BKPR	LJLJ	13:20	15-Aug-18	13:25	14:30	340	ADR	F100	M	380.13	LYUWS15	0	0
AA04768240	ADR827	LWPK	LJLJ	13:13	15-Aug-18	13:18	14:21	380	ADR	CRJ9	M	413.65	LYUWS15	0	0
AA04768226	AUA684T	LDZA	LOWW	13:13	15-Aug-18	13:23	13:55	240	AUA	CRJ9	M	161.31	-	0	0
AA04768233	ADR27L	LGSM	LJLJ	13:36	15-Aug-18	13:41	15:33	380	ADR	A319	M	761.90	LYTW15	33	0
AA04774830	EWG3TZ	LDZA	EDDS	06:03	15-Aug-18	06:09	07:05	300	EWG	A319	M	350.84	-	0	0
AA04768222	ADR853	LYPG	LJLJ	13:26	15-Aug-18	13:36	14:37	380	ADR	CRJ9	M	314.12	LDULN15	0	0
AA04775038	CTN456	LDZA	EBBR	04:45	15-Aug-18	04:55	06:31	360	CTN	CRJ9	M	595.16	-	0	0
AA04775151	CTN480	LDZA	EKCH	06:31	15-Aug-18	06:41	08:23	360	CTN	CRJ9	M	648.59	-	0	0
AA04768218	ADR7L	LQSA	LJLJ	13:28	15-Aug-18	13:33	14:12	280	ADR	CRJ9	M	219.73	LDULN15	7	0
AA04775443	CTN1523	LQMO	LDZA	03:00	15-Aug-18	03:05	03:42	340	CTN	A320	M	194.66	-	0	0
AA04775446	CTN56E	EBBR	LDZA	07:47	15-Aug-18	08:02	09:26	370	CTN	CRJ9	M	578.88	KSLN2C15	0	0
AA04775460	EWG5GC	LDZA	EDDT	07:03	15-Aug-18	07:13	08:21	380	EWG	A319	M	447.21	-	0	0
AA04761488	AUA681V	LOWW	LDZA	04:48	15-Aug-18	05:01	05:42	210	AUA	DH8D	M	178.98	-	0	0
AA04775960	TDR813	LDOS	LDZA	14:14	15-Aug-18	14:19	15:06	100	TDR	L410	L	138.65	LDULN15	1	0
AA04776531	IBK285Y	LDZA	EKCH	12:30	15-Aug-18	12:40	14:16	360	IBK	B738	M	636.93	-	0	0
AA04776703	AUA682	LDZA	LOWW	06:22	15-Aug-18	06:32	07:14	180	AUA	DH8D	M	170.39	-	0	0
AA04777417	EWG4TR	EDDK	LDZA	09:19	15-Aug-18	09:31	10:42	390	EWG	A319	M	485.98	KWUR2415	13	0
AA04778029	DLH1EN	LDZA	EDDM	15:37	15-Aug-18	15:47	16:36	300	DLH	E195	M	253.64	-	0	0
AA04778311	AEE781	LDZA	LGAV	11:52	15-Aug-18	12:02	13:59	250	AEE	DH8D	M	618.87	LGAW15A	14	0
AA04778522	DLH3NL	EDDM	LDZA	14:04	15-Aug-18	14:18	15:03	330	DLH	E195	M	254.43	-	0	0
AA04779242	ROU1980	CYVZ	LDZA	21:11	14-Aug-18	21:51	05:25	370	ROU	B763	H	3900.92	-	0	0
AA04779174	QTR3OJ	OTHM	LDZA	22:57	14-Aug-18	23:07	04:23	380	QTR	A320	M	2209.87	-	0	0
AA04779679	9ADWA	LDZA	LOWW	09:34	15-Aug-18	09:44	10:25	300	ZZZ	C25A	L	208.10	-	0	0
AA04779921	DLH8LA	LDZA	EDDF	07:55	15-Aug-18	08:05	09:19	360	DLH	CRJ9	M	438.85	LOSI15M	26	0

Slika 13. Prikaz podatka o kašnjenju za 15. kolovoza 2018. godine

Izvor: [11]

3.5.3 Prosječna prijeđena udaljenost i vrijeme provedeno unutar sektora

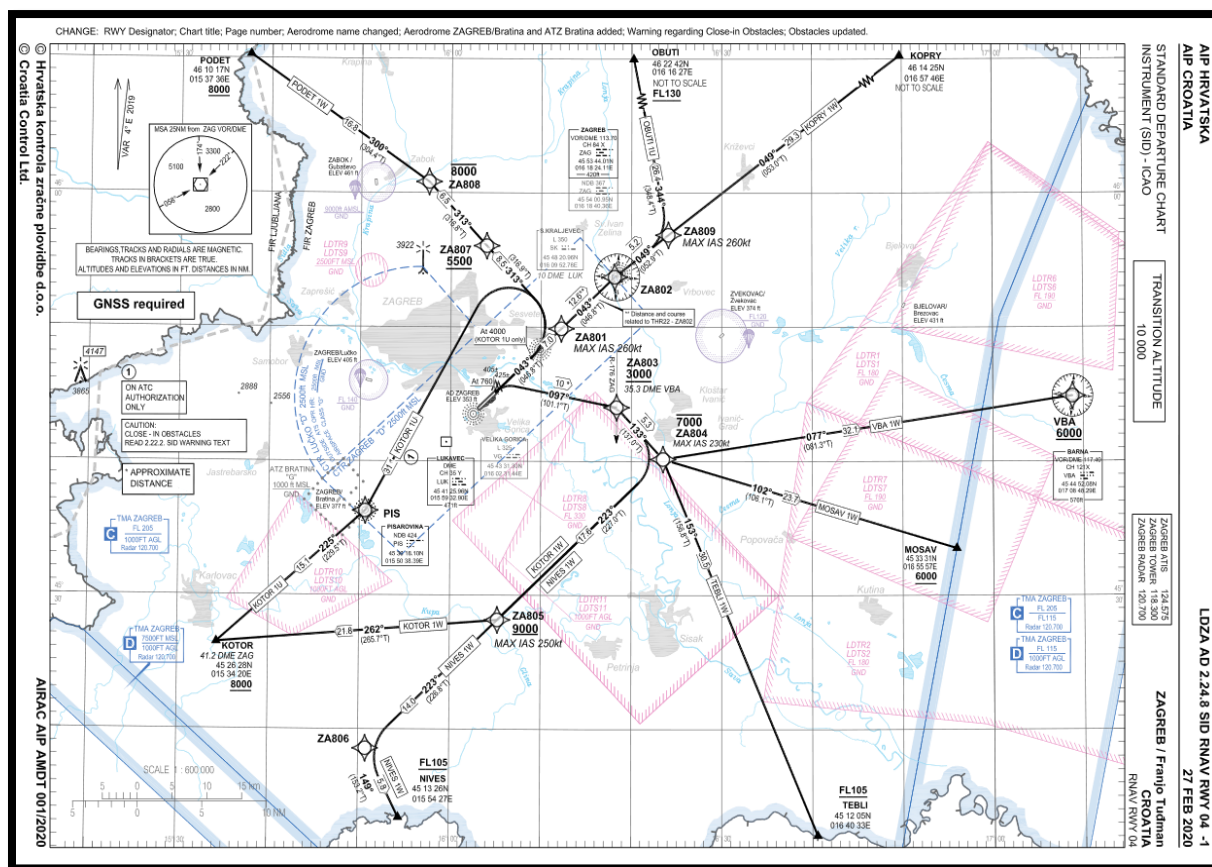
Prosječna prijeđena udaljenost je pokazatelj kojeg je cilj smanjiti na što je moguće manju vrijednost. Odnosi se na područje okoliša. Prosječna prijeđena udaljenost je prosječna udaljenost koju je zrakoplov prešao u sektoru po letu mjereno u nautičkim miljama. Horizontalna učinkovitost leta se odnosi na rutni dio letenja na način da uspoređuje stvarnu

duljinu putanje sa ortodromskom koja je najkraća. Uz horizontalnu učinkovitost letenja postoji i vertikalna učinkovitost koja se odnosi na segmente penjanja i spuštanja zrakoplova u prostoru Jedinice prilazne kontrole. Vertikalna učinkovitost letenja podrazumijeva operacije kontinuiranog penjanja i spuštanja koje će varirati s obzirom na tip zrakoplova, teret koji nose i procedure za smanjenje buke. Prosječno vrijeme provedeno unutar sektora je prosječno vrijeme koje je zrakoplov proveo unutar sektora po letu mjereno u minutama. Na vrijeme kao i udaljenosti utječu RNAV (engl. *Area Navigation*) i CDA (engl. *Continuous Descent Approach*) procedure na način da ih smanjuju, u maloj mjeri, ali svako smanjenje je važno zbog smanjenja buke i emisije štetnih plinova. Ovaj pokazatelj se nalazi u pokazateljima u području okoliša.

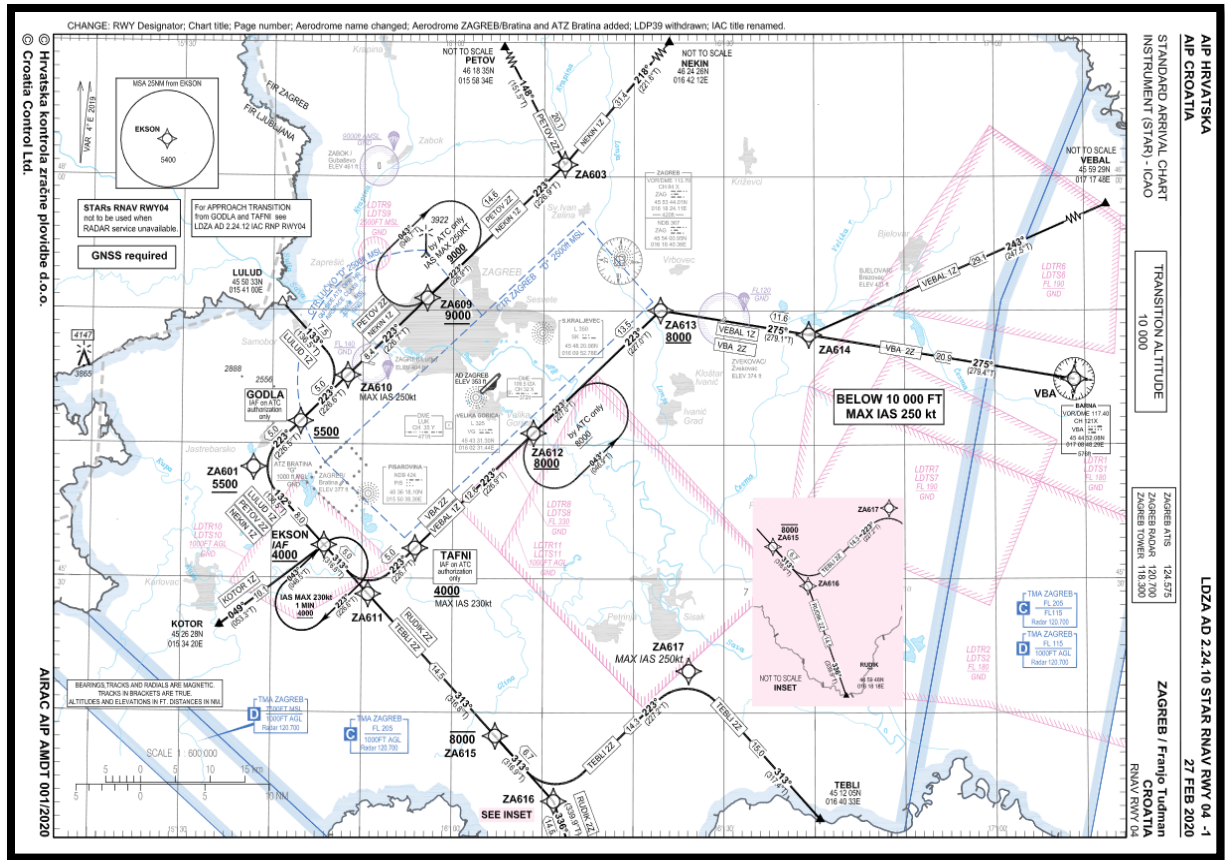
CDA procedure ili CDO (engl. *Continuous Descent Operations*) procedure su dolazne procedure u kojima se zrakoplov kontinuirano spušta, iz faze krstarenja do faze početka slijetanja, sa svim motorima približno ili u praznom hodu. Ta procedura je suprotnost konvencionalnim stepenastim procedurama prilaznja u kojima zrakoplov ima upaljene motore. To uzrokuje više izgaranja goriva, emisija štetnih plinova i proizvodnje nepotrebne buke [14]. CDA procedure nisu uvijek moguće, barem ne za sve dolazne letove te i kad su moguće nije nužno da će tom procedurom zrakoplov odletjeti cijelu udaljenost prilaza. Ali, radi se na tome da se u što većoj mogućoj mjeri i postupno, postotak korištenja CDA procedura poveća, da se, između ostaloga, smanji i prijeđena udaljenost. U Hrvatskoj unutar TMA Zagreb primjena CDA procedura zahtjeva informaciju o udaljenosti koju zrakoplov treba prijeći, dobivenu od kontrolora, tijekom vektoriranja i zahtjeva standardne dolazne rute prostorne navigacije koje su dizajnirane sa vertikalnim profilima te kombinacija toga tijekom opterećenijih perioda. Projekt uvođenja tih procedura u TMA Zagreb još uvijek traje i trenutno se nalazi na 78% potpune operativne sposobnosti za koju se predviđa da će se dogoditi 31. prosinca, 2023. godine [15]. Unutar zemalja članica ECAC-a (engl. *European Civil Aviation Conference*) na godišnjoj razini uštedilo se 150 tisuća tona goriva, emisije štetnih plinova poput ugljičnog dioksida (CO₂) smanjile su se za gotovo 500 tisuća tona, a buka se smanjila za 1-5 decibela po letu [16].

Prostorna navigacija je pružila puno mogućnosti poboljšanja učinkovitosti unutar TMA prostora. Prostorna navigacija je metoda zrakoplovne navigacije koja zrakoplovima omogućuje letove na bilo kojim izabranim rutama, koje se nalaze unutar područja pokrivanja zemaljskih radionavigacijskih sredstava ili unutar ograničenja mogućnosti autonomnih navigacijskih sustava zrakoplova ili u međusobnoj kombinaciji. S obzirom da je zrakoplov trebao preletjeti iznad radionavigacijskog sredstva, prije prostorne navigacije, rute odnosno prijeđene udaljenosti zrakoplova i prosječno vrijeme u zraku je bilo značajno veće. Uz to, propisane udaljenosti za razdvajanje od ostalih zrakoplova i prepreka, te dopuštene bočne udaljenosti od prepreka isto zauzimaju određeni dio prostora. Sustavi prostorne navigacije na zemlji i u zrakoplovu omogućuju vođenje navigacije s određenom razinom točnosti bez potrebe za preletom iznad radionavigacijskih sredstava. Umjesto radionavigacijskih sredstava, zrakoplovi imaju preletišta definirana nazivom i geografskim koordinatama koja im onda omogućuju fleksibilnost rute. U koncept prostorne navigacije ubrajaju se B-RNAV (engl. *Basic RNAV*) i P-RNAV. B-RNAV osigurava zrakoplovu bočnu točnost u vođenju prema zadanom kursu leta najviše 5 NM lijevo ili desno (± 5 NM), koja se odnosi na najmanje 95 % vremena trajanja leta na definiranoj ruti. Upotrijebjava se više tijekom rutnog dijela letenja gdje i daje bolje rezultate,

dok se unutar terminalnog prostora upotrijebli P-RNAV. Precizna navigacijska specifikacija prostorne navigacije (P-RNAV) kao navigacijska specifikacija zahtijeva bočnu točnost u vođenju zrakoplova prema zadanome kursu leta od najviše 1 NM, koje se odnosi na najmanje 95 % vremena trajanja leta na definiranoj ruti. S obzirom da su preciznost i točnost veće, zbog ove metode navigacije, u isti volumen je moguće smjestiti više putanja letova što nam govori da je došlo do povećanja kapaciteta zračnog prostora i njegove bolje iskoristivosti. Zahvaljujući metodi prostorne navigacije smanjuje se i kašnjenje, no u ovom radu stavlja se naglasak na smanjivanje prijedne udaljenosti te provedenog vremena unutar sektora. Primjenom RNAV procedura smanjuje se radarsko vektoriranje, radno opterećenje kontrolora i zagušenje frekvencija jer je posljedično vektoriranju smanjena govorna komunikacija [17]. Prostorna navigacija podupire već spomenute procedure kontinuiranog spuštanja i penjanja te omogućava bolje profile leta za njih. U Hrvatskoj projekt implementacije RNAV ruta još traje i trenutno je na 89% potpune operativne sposobnosti. RNAV SID i STAR su unutar TMA Zagreb implementirane u travnju 2019. godine što je sigurno jedan od glavnih razloga i za smanjenje udaljenosti koju su zrakoplovi prošli tada unutar TMA Zagreb [15]. Primjer ruta s prostornom navigacijom SID/STAR za uzletno-sletnu stazu 04 može se vidjeti na slikama 14. i 15.



Slika 14. RNAV SID rute za uzletno-sletnu stazu 04, [8]



Slika 15. RNAV STAR RUTE za uzletno-sletnu stazu 04, [8]

3.5.4 Prosječna promjena visine i zastupljenost pojedinih režima leta

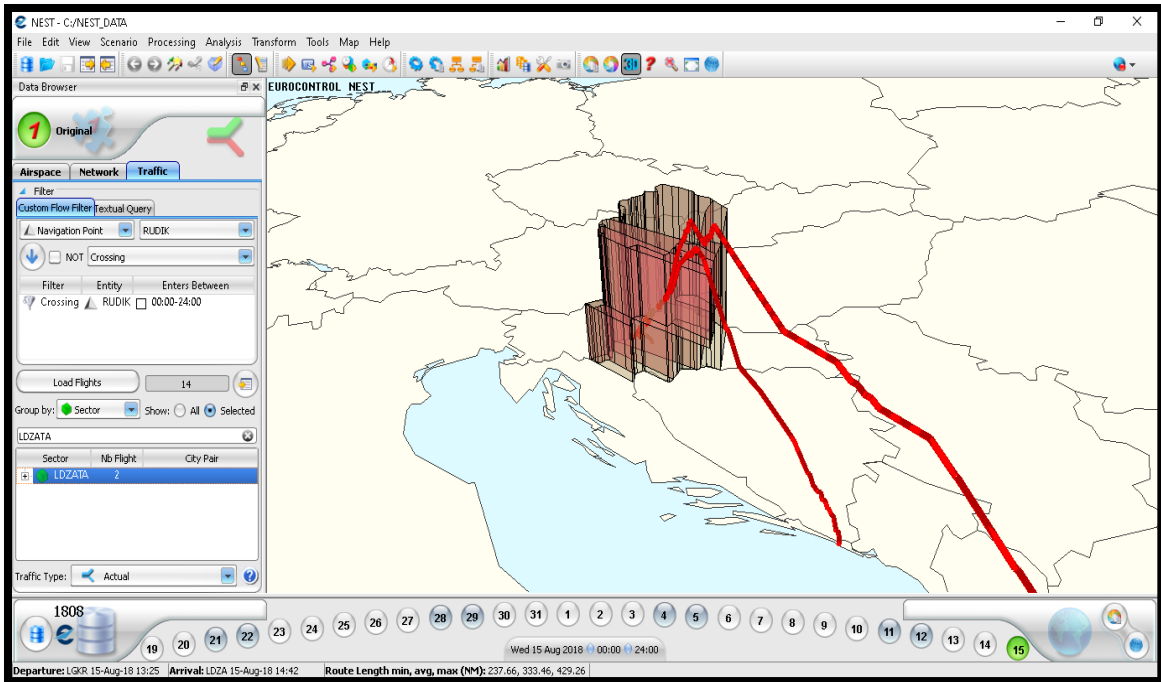
Prosječna promjena visine je pokazatelj dolaznog i odlaznog prometa koji prikazuje prosječan broj mijenjanja visine leta za 1000 stopa po letu. Za procjenu broja promjene visine koristi se razlika između najviše i najniže vrijednosti prijelaza. Ima izravan utjecaj na postotne vrijednosti krstarenja, spuštanja i penjanja unutar sektora. Prosječna prijeđena udaljenost, prosječno vrijeme provedeno unutar sektora, prosječna promjena visine te postotni udjeli krstarenja, penjanja i spuštanja mogu se pronaći pod opcijom *ACC Complexity Analyser* u simulacijskom programu NEST. Primjer je prikazan na slici 16.



Slika 16. Prikaz podataka iz ACC Complexity Analyser-a za 15. kolovoza 2018. godine, [11]

3.5.5 Opterećenje točaka

Opterećenje pojedinih točaka kao pokazatelj daje uvid u postotak preleta preko točaka obaveznog javljanja. Opterećenost točaka je bitna stavka u analizi prometa jer nam pruža informacije o količini prometa na jednom lokalnom dijelu prostora i pomoću te informacije se mogu vidjeti gdje su najkritičniji segmenti i najopterećeniji sektori. Točke su definirane kao navigacijske točke određene geografskim koordinatama ili lokacijom radionavigacijskih sredstava. U simulacijskom programu NEST, moguće je utvrditi preko filtriranja podataka za pojedinu točku, količinu prometa koja je preletjela iznad iste. Primjer se vidi na slici 17.



Slika 17. Primjer prikaza prometa kroz točku i prostor za 15. kolovoza 2018. godine, [11]

4 OBRADA PROMETNIH POKAZATELJA ZA ODREĐENI AIRAC CIKLUS ZA 2017. GODINU

Obrada podataka za AIRAC 1708 unutar simulacijskog programa NEST 1.7 odvija se za dio sedmog i dio osmog mjeseca u 2017. godini unutar terminalnog prostora TMA Zagreb. U toj bazi podataka obrađeni su podaci o stvarnom prometu iz vremenskog razdoblja od 20. srpnja do 16. kolovoza.

Broj letova za referentnu 2017. godinu prikazan je u tablici jedan za definirani AIRAC ciklus te pokraj svakog datuma stoji njegov pripadajući broj letova odnosno podatak koliko je zrakoplova ušlo u prostor LDZATMA. Na kraju tablice zapisan je ukupan broj letova i prosječan broj letova. Polja označena svijetlo rožom bojom prikazuju vikende tijekom kojih se događa pad u broju letova. Prosjek broja letova iznosi 163 leta, a svaki vikend je ispod prosjeka ciklusa. Minimalan broj letova bio je 13.8. sa svega 138 zrakoplova, dok je maksimalan promet ostvaren 31.7. sa 187 letova. Ukupno je kroz sektor prošlo 4583 leta.

Tablica 1. Broj letova Zagreb APP za AIRAC 1708

Datum	Broj letova	Datum	Broj letova
20.7.	172	3.8.	171
21.7.	174	4.8.	177
22.7.	149	5.8.	152
23.7.	140	6.8.	140
24.7.	176	7.8.	172
25.7.	171	8.8.	174
26.7.	173	9.8.	160
27.7.	182	10.8.	162
28.7.	186	11.8.	175
29.7.	147	12.8.	155
30.7.	139	13.8.	138
31.7.	187	14.8.	171
1.8.	158	15.8.	158
2.8.	163	16.8.	161
Ukupan broj letova: 4583			
Prosječan broj letova: 163			

Izvor: [11]

Kašnjenje povezano sa svakim danom unutar AIRAC ciklusa 1708 prikazano je u tablici dva. Izraženo je u minutama te se na kraju tablice vidi prosječno i ukupno kašnjenje u tom periodu unutar LDZATMA. Minimalno kašnjenje odgovara minimalnom broju letova za datum 13.8. i iznosi 156 minuta. Najveće kašnjenje zbilo se 11.8. i iznosi 868 minuta. Vikendima, kašnjenje se relativno smanji zbog pada broja letova. Najčešće, kašnjenje i broj letova imaju

proporcionalan odnos, no moguća su i odstupanja, primjerice najveće kašnjenje za 11.8. ne odgovara najvećem broju letova.

Tablica 2. Kašnjenje Zagreb APP za AIRAC 1708

Datum	Kašnjenje [min]	Datum	Kašnjenje [min]
20.7.	533	3.8.	402
21.7.	340	4.8.	357
22.7.	274	5.8.	304
23.7.	365	6.8.	592
24.7.	756	7.8.	260
25.7.	307	8.8.	329
26.7.	438	9.8.	230
27.7.	335	10.8.	452
28.7.	202	11.8.	868
29.7.	293	12.8.	359
30.7.	434	13.8.	156
31.7.	240	14.8.	208
1.8.	393	15.8.	415
2.8.	354	16.8.	475
Ukupno kašnjenje: 10 671 min			
Prosječno kašnjenje: 381 min			

Izvor: [11]

Pregled prosječnih prijeđenih udaljenosti može se vidjeti u tablici tri za 2017. godinu, AIRAC ciklus 1708. Udaljenost je izražena u nautičkim miljama te se na kraju tablice vidi prosjek prosječnih prijeđenih udaljenosti. Prosječna udaljenost koja se mjeri po letu unutar sektora iznosi u prosjeku 47,8 nautičkih milja. Cilj je tu udaljenost smanjiti, no stvarna situacija to nekad ne dopušta, jer su kontrolori primorani vektorirati zrakoplove iz drugih razloga poput sigurnosti, pa udaljenost bude veća. Minimalna prijeđena udaljenost je 44,8 nautičkih milja za datum 6.8., a maksimalna je za datum 8.8. koja iznosi čak 71,2 nautičke milje. Ta vrijednost izlazi izvan prosjeka za AIRAC ciklus 1708. Ukupno se u prosjeku prijeđe 1339,7 NM.

Tablica 3. Prosječna prijeđena udaljenost Zagreb APP za AIRAC ciklus 1708

Datum	Prijeđena udaljenost [NM]	Datum	Prijeđena udaljenost [NM]
20.7.	46,7	3.8.	49,4
21.7.	45,7	4.8.	48,5
22.7.	47,5	5.8.	47,8
23.7.	45,4	6.8.	44,8
24.7.	45,7	7.8.	48,7
25.7.	46,8	8.8.	71,2
26.7.	45,1	9.8.	46,9
27.7.	46,2	10.8.	48,5

28.7.	47,2	11.8.	47,4
29.7.	47,0	12.8.	45,1
30.7.	46,6	13.8.	45,3
31.7.	46,6	14.8.	47,8
1.8.	49,2	15.8.	48,5
2.8.	47,4	16.8.	46,7
Ukupna prijeđena udaljenost: 1339,7 NM			
Prosječna prijeđena udaljenost: 47,8 NM			

Izvor: [11]

Prosječno vrijeme zadržavanja unutar sektora LDZATMA izraženo u minutama prikazano je u tablici četiri za definirani ciklus AIRAC 1708. Na kraju tablice prikazan je prosjek i ukupno prosječno vrijeme zadržavanja unutar sektora. Kao i prijeđena udaljenost, vrijeme unutar sektora je pozitivno smanjiti. Datum 21.7. ima minimalnu vremensku komponentu od 11,4 minute po letu, dok je maksimum 12,9 minuta 8.8. Ta vrijednost odgovara maksimalnoj vrijednosti za prijeđenu udaljenost.

Tablica 4. Prosječno vrijeme zadržavanja unutar sektora LDZATMA za AIRAC ciklus 1708

Datum	Prosječno vrijeme unutar sektora [min]	Datum	Prosječno vrijeme unutar sektora [min]
20.7.	12,0	3.8.	12,5
21.7.	11,4	4.8.	11,9
22.7.	12,0	5.8.	11,9
23.7.	11,8	6.8.	11,6
24.7.	12,1	7.8.	12,3
25.7.	12,2	8.8.	12,9
26.7.	11,6	9.8.	11,8
27.7.	12,7	10.8.	12,7
28.7.	12,0	11.8.	12,5
29.7.	11,5	12.8.	11,7
30.7.	11,9	13.8.	11,7
31.7.	11,8	14.8.	12,0
1.8.	12,3	15.8.	12,2
2.8.	11,9	16.8.	12,0
Ukupno vrijeme unutar sektora: 336,9 min			
Prosječno vrijeme unutar sektora: 12 min			

Izvor: [11]

Tablica pet prikazuje prosječnu promjenu visine zrakoplova unutar sektora LDZATMA, te zastupljenost pojedinih režima leta. Prikazani su krstarenje, spuštanje i penjanje u postotcima. Na dnu tablice prikazani su prosjeci navedenih vrijednosti. Može se zaključiti da je spuštanje

najzastupljeniji režim leta unutar sektora sa 51%. Penjanje ga odmah prati sa 44%, a krstarenje je najmanje zastupljeno sa svega 5%. Prosjek dnevnih prosječnih promjena visine za 1000 stopa po letu unutar sektora kreće se oko 13 promjena.

Tablica 5. Prosječna promjena visine i režimi leta u TMA Zagreb za AIRAC 1708

Datum	Prosječna promjena visine	Krstarenje	Spuštanje	Penjanje
20.7.	13,4	6%	52%	44%
21.7.	13,3	4%	52%	44%
22.7.	13,3	4%	52%	44%
23.7.	13,8	4%	56%	41%
24.7.	14,0	3%	51%	46%
25.7.	13,7	4%	50%	47%
26.7.	14,2	2%	52%	46%
27.7.	12,6	9%	51%	40%
28.7.	12,9	3%	50%	47%
29.7.	13,5	3%	51%	45%
30.7.	14,1	2%	53%	45%
31.7.	12,9	6%	51%	43%
1.8.	13,3	6%	48%	47%
2.8.	13,3	4%	53%	43%
3.8.	12,2	9%	50%	42%
4.8.	12,9	6%	50%	44%
5.8.	13,0	7%	51%	43%
6.8.	14,3	1%	52%	47%
7.8.	13,5	6%	51%	43%
8.8.	12,6	6%	51%	43%
9.8.	13,9	1%	54%	45%
10.8.	13,6	3%	52%	45%
11.8.	12,7	7%	51%	43%
12.8.	13,3	5%	52%	44%
13.8.	13,9	1%	54%	45%
14.8.	13,2	6%	50%	44%
15.8.	13,4	7%	47%	46%
16.8.	13,5	2%	53%	45%
Prosjeci:	13,36	5%	51%	44%

Izvor: [11]

Opterećenje pojedinih točaka je prikazano u tablici šest. Navedene točke su točke obaveznog javljanja koje su ulazne, izlazne ili ulazno-izlazne. Dvije točke koje trpe najveće opterećenje su ARGOM i PODET, obje sa više od 400 preleta. Slijede ih KOTOR,VBA i OBUTI koje imaju između 300 i 400 preleta. Ispod 300, ali više od 200 preleta imaju PETOV, KOPRY i TEBLI.

MAGAM je na devetom mjestu sa 158 preleta, a iza nje je NIVES sa 113 preleta. Manje od 100 preleta imaju točke RUDIK i VEBAL. Ukupan broj preleta po tim točkama koji iznosi 2952 preleta.

Tablica 6. Opterećenost pojedinih točaka u TMA Zagreb AIRAC 1708

Datum	MAGAM	ARGOM	PODET	PETOV	OBUTI	KOPRY
20.7.	7	1	10	9	9	6
21.7.	8	22	22	13	11	5
22.7.	3	0	10	5	14	6
23.7.	1	8	3	10	4	6
24.7.	4	15	15	10	11	6
25.7.	4	10	17	10	10	6
26.7.	11	26	18	9	14	5
27.7.	9	23	26	17	12	8
28.7.	6	25	21	8	16	11
29.7.	2	18	17	8	13	13
30.7.	3	9	15	8	10	7
31.7.	6	14	14	5	8	10
1.8.	6	20	17	8	12	6
2.8.	8	13	17	7	13	4
3.8.	9	22	20	16	12	14
4.8.	7	23	20	15	13	10
5.8.	4	13	12	10	12	12
6.8.	1	15	14	9	8	5
7.8.	7	25	22	8	8	4
8.8.	8	22	19	13	9	12
9.8.	7	21	22	10	13	7
10.8.	5	19	16	7	13	9
11.8.	7	1	8	7	5	10
12.8.	3	14	15	8	12	9
13.8.	2	21	17	11	8	8
14.8.	7	24	19	7	10	4
15.8.	6	22	18	8	10	8
16.8.	7	20	15	10	13	5
Broj preleta:	158	466	459	256	303	216

Datum	VEBAL	VBA	TEBLI	RUDIK	NIVES	KOTOR
20.7.	0	14	4	6	5	13
21.7.	0	13	10	0	4	14
22.7.	2	9	1	10	6	12
23.7.	1	7	3	3	4	9
24.7.	1	11	9	4	2	12

25.7.	0	10	8	4	3	11
26.7.	0	18	6	1	2	10
27.7.	1	11	9	0	3	13
28.7.	0	14	10	2	3	21
29.7.	0	7	7	8	6	10
30.7.	0	6	4	3	4	10
31.7.	0	17	8	2	6	18
1.8.	0	12	8	2	4	11
2.8.	0	19	5	0	5	11
3.8.	1	11	9	1	3	14
4.8.	0	14	12	0	4	10
5.8.	0	9	6	7	6	12
6.8.	0	4	3	2	2	12
7.8.	0	13	8	4	3	11
8.8.	1	11	11	1	6	20
9.8.	1	14	5	0	2	10
10.8.	0	9	4	2	4	9
11.8.	1	14	5	3	4	16
12.8.	1	7	8	6	6	13
13.8.	0	7	8	4	5	10
14.8.	0	14	10	1	3	9
15.8.	2	11	15	2	4	13
16.8.	2	15	16	0	4	12
Broj preleta:	14	321	212	78	113	346
Ukupan broj preleta: 2952						

Izvor: [11]

5 OBRADA PROMETNIH POKAZATELJA ZA ODREĐENI AIRAC CIKLUS ZA 2018. GODINU

Obrada podataka za AIRAC 1808 unutar simulacijskog programa NEST 1.7 odvija se za dio sedmog i dio osmog mjeseca u 2018. godini unutar terminalnog prostora TMA Zagreb. U toj bazi podataka obrađeni su podaci o stvarnom prometu iz vremenskog razdoblja od 19. srpnja do 15. kolovoza.

Broj letova za referentnu 2018. godinu prikazan je u tablici sedam za definirani AIRAC ciklus te pokraj svakog datuma stoji njegov pripadajući broj letova odnosno podatak koliko je zrakoplova ušlo u prostor LDZATMA. Na kraju tablice zapisan je ukupan i prosječan broj letova. Vikendi, kao i za prethodni ciklus su označeni svijetlo rožom bojom jer se za vikende može primijetiti značajan pad prometa. S obzirom na maksimalnu brojku od 195 letova 20.7., tijekom vikenda broj letova padne za 20 do 40 letova i kreće se oko 155 letova. Svaki vikend je ispod prosjeka ciklusa. Minimalan broj letova je bio u subotu 11.8. u vrijednosti od 151 let. Ukupan broj letova za ciklus AIRAC 1808 je 4767 letova.

Tablica 7. Broj letova Zagreb APP za AIRAC 1808

Datum	Broj letova	Datum	Broj letova
19.7.	194	2.8.	160
20.7.	195	3.8.	171
21.7.	152	4.8.	154
22.7.	151	5.8.	163
23.7.	181	6.8.	177
24.7.	181	7.8.	175
25.7.	175	8.8.	177
26.7.	166	9.8.	171
27.7.	178	10.8.	187
28.7.	158	11.8.	151
29.7.	157	12.8.	153
30.7.	183	13.8.	168
31.7.	172	14.8.	162
1.8.	181	15.8.	174
Ukupan broj letova: 4767			
Prosječan broj letova: 170			

Izvor: [11]

Kašnjenje povezano sa svakim danom unutar AIRAC ciklusa 1808 prikazano je u tablici osam. Izraženo je u minutama te se na kraju tablice vidi ukupno i prosječno kašnjenje u tom periodu unutar LDZATMA. Kašnjenje se u prosjeku kreće oko 837 minuta. Maksimalno kašnjenje 1.8. iznosi 1357 minuta, a minimalno, dva tjedna poslije 382 minute. Razlika je gotovo 1000 minuta, ali broj letova u usporedbi s takvim kašnjenjem ne nosi toliku razliku. Naime, samo 7

letova manje broji datum 15.8. koji ima značajno manje kašnjenje. Bez obzira na neka odstupanja, vikendima, kada se dogodi pad u broju letova, vidljivo je smanjenje kašnjenja. Većina vrijednosti pada ispod prosjeka kašnjenja za taj ciklus.

Tablica 8. Kašnjenje Zagreb APP za AIRAC 1808

Datum	Kašnjenje [min]	Datum	Kašnjenje [min]
19.7.	742	2.8.	966
20.7.	774	3.8.	931
21.7.	798	4.8.	570
22.7.	1070	5.8.	690
23.7.	1066	6.8.	696
24.7.	617	7.8.	991
25.7.	802	8.8.	1153
26.7.	779	9.8.	939
27.7.	1090	10.8.	1103
28.7.	1246	11.8.	523
29.7.	796	12.8.	448
30.7.	733	13.8.	703
31.7.	626	14.8.	860
1.8.	1357	15.8.	382
Ukupno kašnjenje: 23 451 min			
Prosječno kašnjenje: 837,5 min			

Izvor: [11]

Pregled prosječnih prijeđenih udaljenosti može se vidjeti u tablici devet za 2018. godinu, AIRAC ciklus 1808. Udaljenost je izražena u nautičkim miljama te se na kraju tablice vide prosjek i ukupan broj prosječnih prijeđenih udaljenosti. Prosječna udaljenost kreće se oko 49 nautičkih milja u sektoru LDZATMA. Maksimum od 70 nautičkih milja se veže uz datum 2.8., a minimum od 44,6 nautičkih milja se veže uz 29.7. Ukupno unutar sektora u ciklusu, prijeđe se oko 1380 nautičkih milja.

Tablica 9. Prosječna prijeđena udaljenost Zagreb APP za AIRAC ciklus 1808

Datum	Prijeđena udaljenost [NM]	Datum	Prijeđena udaljenost [NM]
19.7.	66,0	2.8.	70,0
20.7.	48,5	3.8.	47,1
21.7.	47,0	4.8.	47,5
22.7.	44,7	5.8.	46,2
23.7.	47,6	6.8.	48,7
24.7.	46,6	7.8.	48,2
25.7.	47,8	8.8.	48,4
26.7.	66,9	9.8.	47,9

27.7.	46,1	10.8.	48,5
28.7.	48,4	11.8.	46,6
29.7.	44,6	12.8.	46,3
30.7.	48,4	13.8.	48,2
31.7.	47,2	14.8.	47,7
1.8.	46,0	15.8.	46,1
Ukupna prijeđena udaljenost: 1383,2 NM			
Prosječna prijeđena udaljenost: 49,4 NM			

Izvor: [11]

Prosječno vrijeme zadržavanja unutar sektora LDZATMA izraženo u minutama prikazano je u tablici deset za definirani ciklus AIRAC 1808. Na kraju tablice prikazan je prosjek i ukupno prosječno vrijeme zadržavanja unutar sektora. Zrakoplovi se prosječno zadržavaju oko 12 minuta unutar sektora. Maksimalna vrijednost zadržavanja je 13,2 minute 20.7., a minimalna vrijednost koja odgovara minimalnoj prijeđenoj udaljenosti za 29.7. je 11 minuti unutar sektora.

Tablica 10. Prosječno vrijeme zadržavanja unutar sektora LDZATMA za AIRAC ciklus 1808

Datum	Prosječno vrijeme unutar sektora [min]	Datum	Prosječno vrijeme unutar sektora [min]
19.7.	12,3	2.8.	12,4
20.7.	13,2	3.8.	12,1
21.7.	11,6	4.8.	11,8
22.7.	11,3	5.8.	11,4
23.7.	12,5	6.8.	12,2
24.7.	11,8	7.8.	11,8
25.7.	12,2	8.8.	11,8
26.7.	12,1	9.8.	12,0
27.7.	11,8	10.8.	12,9
28.7.	12,1	11.8.	11,4
29.7.	11,0	12.8.	11,4
30.7.	12,3	13.8.	12,2
31.7.	11,6	14.8.	12,3
1.8.	11,8	15.8.	11,3
Ukupno vrijeme unutar sektora: 334,6 min			
Prosječno vrijeme unutar sektora: 11,95 min			

Izvor: [11]

Tablica 11 prikazuje prosječnu promjenu visine za 1000 stopa po letu zrakoplova unutar sektora LDZATMA, te zastupljenost pojedinih režima leta. Prikazani su krstarenje, spuštanje i penjanje u postocima. Na dnu tablice prikazani su prosjeci navedenih vrijednosti. Prosjek dnevnih prosječnih promjena visina je 13,52. Krstarenje je najmanje zastupljen režim leta sa 5%, a spuštanje i penjanje su najzastupljeniji sa 51% i 44%.

Tablica 11. Prosječna promjena visine i režimi leta u TMA Zagreb za AIRAC 1808

Datum	Prosječna promjena visine	Krstarenje	Spuštanje	Penjanje
19.7.	13,3	6%	51%	43%
20.7.	12,7	8%	52%	41%
21.7.	13,8	5%	51%	44%
22.7.	14,4	2%	51%	47%
23.7.	13,8	6%	51%	44%
24.7.	13,6	6%	52%	42%
25.7.	14,2	4%	51%	45%
26.7.	13,1	7%	50%	44%
27.7.	13,4	3%	53%	44%
28.7.	13,0	4%	54%	42%
29.7.	13,8	1%	52%	46%
30.7.	13,6	5%	51%	44%
31.7.	13,7	5%	52%	43%
1.8.	14,0	2%	53%	45%
2.8.	13,5	6%	50%	43%
3.8.	13,2	5%	53%	43%
4.8.	12,6	7%	48%	44%
5.8.	13,6	5%	53%	42%
6.8.	13,3	7%	49%	45%
7.8.	13,9	5%	49%	45%
8.8.	13,4	6%	51%	43%
9.8.	13,0	9%	49%	42%
10.8.	12,9	7%	51%	42%
11.8.	13,2	5%	50%	44%
12.8.	13,8	3%	52%	45%
13.8.	14,0	5%	51%	44%
14.8.	13,5	6%	51%	43%
15.8.	14,3	1%	51%	47%
Prosjeci:	13,52	5%	51%	44%

Izvor: [11]

Opterećenje pojedinih točaka je prikazano u tablici 12. Navedene točke su točke obaveznog javljanja koje su ulazne, izlazne ili ulazno-izlazne. Kao i u prethodnom ciklusu, ARGOM je najopterećenija točka sa čak 568 preleta. Ovaj put je na drugom mjestu OBUTI sa 428. Ispod 400 preleta, ali sa više od 300 su čak četiri točke. To su redom TEBLI, VBA, KOTOR i PODET. KOPRY i PETOV imaju 261 i 246 preleta, a MAGAM na devetom mjestu sa 183 preleta. Tri točke s najmanje preleta su NIVES, RUDIČ i VEBAL. Ukupan broj preleta preko navedenih točaka je 3405 preleta.

Tablica 12. Opterećenost pojedinih točaka u TMA Zagreb AIRAC 1808

Datum	MAGAM	ARGOM	PODET	PETOV	OBUTI	KOPRY
19.7.	10	28	10	9	14	10
20.7.	8	24	16	9	19	8
21.7.	3	13	11	10	16	7
22.7.	3	17	10	8	8	7
23.7.	9	22	12	7	18	9
24.7.	9	24	15	6	15	11
25.7.	7	29	15	13	16	9
26.7.	9	19	11	7	15	7
27.7.	5	23	11	8	11	9
28.7.	2	16	12	13	16	8
29.7.	4	24	14	6	16	8
30.7.	7	22	13	7	18	12
31.7.	9	26	12	12	16	13
1.8.	5	23	13	10	15	8
2.8.	8	24	15	5	12	6
3.8.	7	22	14	9	16	7
4.8.	6	19	10	13	17	14
5.8.	6	19	15	9	16	9
6.8.	7	22	18	8	13	10
7.8.	7	21	10	9	16	10
8.8.	8	13	6	9	10	7
9.8.	10	20	13	14	18	17
10.8.	5	20	12	6	19	15
11.8.	4	16	10	10	21	8
12.8.	2	23	15	10	15	14
13.8.	8	3	5	6	11	7
14.8.	8	10	9	4	15	6
15.8.	7	26	18	9	16	5
Broj preleta:	183	568	345	246	428	261

Datum	VEBAL	VBA	TEBLI	RUDIK	NIVES	KOTOR
19.7.	1	13	15	3	1	15
20.7.	1	17	15	5	8	19
21.7.	1	9	9	10	3	10
22.7.	1	6	8	2	6	15
23.7.	0	17	15	6	5	13
24.7.	1	18	16	0	3	20
25.7.	0	16	15	3	3	6
26.7.	4	14	11	2	1	10

27.7.	3	20	14	4	6	14
28.7.	0	9	16	11	3	12
29.7.	0	7	15	5	3	14
30.7.	1	16	19	5	4	14
31.7.	2	11	15	2	3	15
1.8.	0	12	12	2	6	15
2.8.	3	13	14	1	2	10
3.8.	0	14	11	2	5	12
4.8.	2	8	10	11	4	13
5.8.	0	12	13	1	4	15
6.8.	0	17	20	4	7	12
7.8.	2	14	20	2	3	19
8.8.	2	19	13	3	5	9
9.8.	1	15	17	3	2	10
10.8.	0	14	16	1	5	21
11.8.	0	9	11	5	2	13
12.8.	1	8	14	5	3	13
13.8.	0	20	5	4	5	10
14.8.	1	12	12	3	3	10
15.8.	1	15	13	2	3	13
Broj preleta:	28	375	384	107	108	372
Ukupan broj preleta: 3405						

Izvor: [11]

6 OBRADA PROMETNIH POKAZATELJA ZA ODREĐENI AIRAC CIKLUS ZA 2019. GODINU

Obrada podataka za AIRAC 1908 unutar simulacijskog programa NEST 1.7 odvija se za dio sedmog i dio osmog mjeseca u 2019. godini unutar terminalnog prostora TMA Zagreb. U toj bazi podataka su obrađeni podaci o stvarnom prometu iz vremenskog razdoblja od 18. srpnja do 14. kolovoza.

Broj letova za referentnu 2019. godinu prikazan je u tablici 13 za definirani AIRAC ciklus te pokraj svakog datuma stoji njegov pripadajući broj letova odnosno podatak koliko je zrakoplova ušlo u prostor LDZATMA. Na kraju tablice zapsan je ukupan broj letova i prosjek broja letova. Prosječni broj letova tijekom ciklusa iznosi 178 letova. Maksimum i minimum su jedan iza drugog. Maksimum od 200 letova 19.7. iza čega 20.7. slijedi minimum od 149 letova. Za vikende i u ovom AIRAC ciklusu promet doživljava pad, s obzirom na prosjek od nekih 20 letova. Ukupan broj letova koji je prošao kroz sektor LDZATMA je 4991 let.

Tablica 13. Broj letova Zagreb APP za AIRAC 1908

Datum	Broj letova	Datum	Broj letova
18.7.	178	1.8.	182
19.7.	200	2.8.	188
20.7.	149	3.8.	154
21.7.	156	4.8.	159
22.7.	184	5.8.	173
23.7.	187	6.8.	195
24.7.	197	7.8.	191
25.7.	176	8.8.	183
26.7.	200	9.8.	198
27.7.	154	10.8.	160
28.7.	151	11.8.	165
29.7.	179	12.8.	194
30.7.	186	13.8.	181
31.7.	187	14.8.	184
Ukupan broj letova: 4991			
Prosjek broja letova: 178			

Izvor: [11]

Kašnjenje povezano sa svakim danom unutar AIRAC ciklusa 1908 prikazano je u tablici 14. Izraženo je u minutama te se na kraju tablice vidi prosječno i ukupno kašnjenje u tom periodu unutar LDZATMA. U prosjeku se kašnjenje kreće oko 1038 minuta u ciklusu AIRAC 1908. Maksimalno kašnjenje unutar promatranog razdoblja je 2322 minute za datum 27.7., a minimalno kašnjenje je 447 minuta za datum 13.8. Odstupanje se vidi za promatrani datum

kada je za pad prometa u subotu 27.7. uočeno maksimalno kašnjenje. Razlika između maksimalnog i minimalnog kašnjenja iznosi 1875 minuta.

Tablica 14. Kašnjenje Zagreb APP za AIRAC 1908

Datum	Kašnjenje [min]	Datum	Kašnjenje [min]
18.7.	810	1.8.	1025
19.7.	893	2.8.	2159
20.7.	953	3.8.	862
21.7.	922	4.8.	759
22.7.	723	5.8.	465
23.7.	898	6.8.	889
24.7.	835	7.8.	1647
25.7.	755	8.8.	1032
26.7.	1948	9.8.	1343
27.7.	2322	10.8.	661
28.7.	1152	11.8.	602
29.7.	970	12.8.	1075
30.7.	691	13.8.	447
31.7.	1201	14.8.	1038
Ukupno kašnjenje: 29 077 min			
Prosječno kašnjenje: 1038,46 min			

Izvor: [11]

Pregled prosječnih prijeđenih udaljenosti može se vidjeti u tablici 15 za 2019. godinu, AIRAC ciklus 1908. Udaljenost je izražena u nautičkim miljama te se na kraju tablice vidi prosjek prosječnih prijeđenih udaljenosti. Prosjek prijeđenih udaljenosti po letu iznosi 47,85 nautičkih milja te su maksimalna i minimalna vrijednost blizu prosjeka. Maksimum je 51,8 nautičkih milja za 12.8., a minimum 3.8. ima vrijednost od 43,6 nautičkih milja. Ukupna prijeđena udaljenost je 1338,8 nautičkih milja za AIRAC 1908. Ukupna prijeđena udaljenost se smanjila u odnosu na prethodne dvije godine, bez obzira na rast prometne potražnje odnosno povećanje letova kroz prostor. Jedan od razloga za to je implementacija prostorne navigacije.

Tablica 15. Prosječna prijeđena udaljenost Zagreb APP za AIRAC ciklus 1908

Datum	Prijeđena udaljenost [NM]	Datum	Prijeđena udaljenost [NM]
18.7.	48,3	1.8.	48,7
19.7.	48,1	2.8.	47,9
20.7.	48,5	3.8.	43,6
21.7.	44,7	4.8.	45,2
22.7.	49,3	5.8.	50,1
23.7.	48,9	6.8.	49,2
24.7.	47,7	7.8.	49,1

25.7.	47,6	8.8.	47,1
26.7.	48,7	9.8.	51,6
27.7.	45,8	10.8.	47,6
28.7.	45,2	11.8.	44,5
29.7.	49,6	12.8.	51,8
30.7.	48,1	13.8.	47,6
31.7.	47,8	14.8.	47,5
Ukupna prijeđena udaljenost: 1338,8 NM			
Prosječna prijeđena udaljenost: 47,85 NM			

Izvor: [11]

Ukupno je 430 letova preletjelo takozvane putne točke (engl. *Waypoints*) unutar TMA Zagreb nakon implementacije već spomenute prostorne navigacije. RNAV rute su definirane sa putnim točkama koje su ustanovljene kao geografske koordinate. Leteći preko ruta prostorne navigacije, svaki od tih letova „uštedio“ je na prijeđenoj udaljenosti. Kada bi se navigacijska ruta odnosno prijeđena udaljenost smanjila za samo jednu nautičku milju po zrakoplovu, to bi dalo smanjenje od 430 nautičkih milja. U 2019. godini s obzirom na 2018. godinu udaljenost se smanjila za 44,4 NM što znači da se rute na temelju prostorne navigacije smanjuju, ali puno manje od 1 NM. Međutim, treba uzeti u obzir da je 1 NM jednaka 1,852 kilometra. Prema tome, prostorna navigacija uvelike poboljšava učinkovitost TMA Zagreb. U tablici je detaljan prikaz broja letova preko RNAV ruta definiranih za putne točke GODLA, EKSON I TAFNI za AIRAC ciklus 1908.

Tablica 16. Prikaz broja letova koji su letjeli RNAV rutama

Datum	GODLA	EKSON	TAFNI
18.7.	2	3	3
19.7.	4	8	4
20.7.	0	1	0
21.7.	0	2	2
22.7.	1	2	6
23.7.	0	4	10
24.7.	3	9	8
25.7.	2	4	10
26.7.	3	5	8
27.7.	0	3	0
28.7.	2	3	8
29.7.	6	13	5
30.7.	8	10	12
31.7.	5	5	6
1.8.	3	4	7
2.8.	2	10	7
3.8.	5	8	6

4.8.	3	7	6
5.8.	1	4	3
6.8.	0	5	0
7.8.	0	2	1
8.8.	5	9	10
9.8.	3	8	9
10.8.	3	11	5
11.8.	5	9	10
12.8.	5	10	4
13.8.	4	9	7
14.8.	7	13	10
Ukupan broj letova:	82	181	167

Izvor: [11]

Prosječno vrijeme zadržavanja unutar sektora LDZATMA izraženo u minutama prikazano je u tablici 16 za definirani ciklus AIRAC 1908. Na kraju tablice prikazan je prosjek i ukupno prosječno vrijeme zadržavanja unutar sektora. Prosječno vrijeme zadržavanja unutar sektora je oko 12 minuta. Maksimalna vrijednost prosječnog vremena zadržavanja zrakoplova u sektoru odgovara maksimalnoj prijedenoj udaljenosti za 12.8. kada je vrijeme iznosilo 14,7 minuta. Datum 28.7. odgovara minimalnoj vrijednosti vremena koja je 11,2 minute.

Tablica 17. Prosječno vrijeme zadržavanja unutar sektora LDZATMA za AIRAC ciklus 1908

Datum	Prosječno vrijeme unutar sektora [min]	Datum	Prosječno vrijeme unutar sektora [min]
18.7.	13,3	1.8.	12,8
19.7.	13,3	2.8.	12,8
20.7.	12,1	3.8.	11,3
21.7.	11,3	4.8.	11,3
22.7.	13,4	5.8.	13,0
23.7.	13,2	6.8.	13,1
24.7.	12,2	7.8.	12,9
25.7.	12,9	8.8.	12,8
26.7.	12,9	9.8.	14,6
27.7.	11,6	10.8.	12,0
28.7.	11,2	11.8.	11,4
29.7.	12,4	12.8.	14,7
30.7.	12,5	13.8.	12,6
31.7.	11,7	14.8.	12,7
Ukupno vrijeme zadržavanja unutar sektora: 352 min			
Prosječno vrijeme zadržavanja unutar sektora: 12,57 min			

Izvor: [11]

Tablica 17 prikazuje prosječnu promjenu visine za 1000 stopa po letu zrakoplova unutar sektora LDZATMA, te zastupljenost pojedinih režima leta. Prikazani su krstarenje, spuštanje i penjanje u postotcima. Na dnu tablice prikazani su prosjeci navedenih vrijednosti. Prosječna promjena visine kao i u prethodna dva AIRAC ciklusa iznosi u prosjeku 13 promjena. Unutar sektora LDZTMA najzastupljeniji režim leta je spuštanje koje iznosi polovinu svih promatranih letova, dok je sljedeće penjanje sa 46%, a krstarenje sa svega 4%.

Tablica 18. Prosječna promjena visine i režimi leta u TMA Zagreb za AIRAC 1908

Datum	Prosječna promjena visine	Krstarenje	Spuštanje	Penjanje
18.7.	14,2	4%	51%	45%
19.7.	12,9	7%	47%	47%
20.7.	13,9	3%	54%	44%
21.7.	13,9	2%	50%	48%
22.7.	13,7	5%	47%	47%
23.7.	13,3	6%	47%	48%
24.7.	13,1	6%	48%	47%
25.7.	13,6	5%	49%	46%
26.7.	12,9	6%	50%	45%
27.7.	13,2	3%	53%	44%
28.7.	13,9	3%	50%	47%
29.7.	14,0	5%	47%	48%
30.7.	13,2	6%	48%	46%
31.7.	13,7	4%	52%	44%
1.8.	13,8	4%	49%	49%
2.8.	13,1	4%	51%	45%
3.8.	13,2	3%	55%	42%
4.8.	13,7	4%	52%	44%
5.8.	14,2	5%	49%	46%
6.8.	14,0	4%	51%	45%
7.8.	13,7	5%	52%	44%
8.8.	14,0	3%	51%	46%
9.8.	12,7	7%	49%	46%
10.8.	12,9	4%	53%	43%
11.8.	13,4	1%	51%	48%
12.8.	13,0	6%	52%	44%
13.8.	13,6	5%	50%	46%
14.8.	13,4	5%	48%	46%
Prosjeci:	13,5	4%	50%	46%

Izvor: [11]

Opterećenje pojedinih točaka je prikazano u tablici 18. Navedene točke su točke obaveznog javljanja koje su ulazne, izlazne ili ulazno-izlazne. Prema podacima iz tablice najopterećenija točka je izlazna točka OBUTI sa čak 477 preleta, dok je neposredno iza nje točka koja spaja hrvatski zračni prostor, KOTOR sa 429 preleta. Dalje slijede VBA, TEBLI pa PODET sve sa preko 300 preleta. Preko dvjesto imaju PETOV i MAGAM, dok su RUDIJK, KOPRY i NIVES između 100 i 200 preleta. Napokon, VEBAL sa 80 preleta kao najmanje opterećena točka unutar TMA Zagreb za AIRAC ciklus 1908.

Tablica 19. Opterećenost pojedinih točaka u TMA Zagreb AIRAC 1908

Datum	MAGAM	PODET	PETOV	OBUTI	KOPRY
18.7.	9	10	7	14	6
19.7.	8	11	14	26	3
20.7.	4	3	8	12	5
21.7.	3	5	10	17	3
22.7.	6	16	7	14	2
23.7.	11	19	10	11	6
24.7.	7	20	14	23	3
25.7.	11	16	8	17	7
26.7.	9	16	13	22	2
27.7.	4	7	6	14	8
28.7.	4	9	12	18	4
29.7.	8	15	6	13	4
30.7.	12	16	10	19	6
31.7.	7	9	10	15	3
1.8.	10	13	16	14	9
2.8.	7	11	12	16	3
3.8.	6	5	7	17	8
4.8.	4	12	7	19	5
5.8.	6	7	4	12	2
6.8.	13	13	10	16	6
7.8.	8	8	16	14	5
8.8.	6	18	12	14	5
9.8.	8	11	10	24	8
10.8.	5	4	7	20	7
11.8.	4	14	14	18	4
12.8.	7	15	13	14	6
13.8.	7	13	9	23	6
14.8.	8	16	10	21	3
Broj preleta:	202	332	282	477	139

Datum	VEBAL	VBA	TEBLI	RUDIK	NIVES	KOTOR
18.7.	3	14	10	2	2	15
19.7.	1	20	12	7	5	16
20.7.	1	11	6	9	4	10
21.7.	2	8	10	5	4	14
22.7.	2	17	16	8	4	16
23.7.	4	11	15	8	3	10
24.7.	2	14	19	6	5	11
25.7.	4	11	13	4	3	16
26.7.	1	11	19	5	2	17
27.7.	2	8	5	11	5	10
28.7.	3	7	11	6	0	11
29.7.	6	17	14	4	3	17
30.7.	2	9	13	8	3	14
31.7.	3	18	14	5	7	13
1.8.	6	12	15	8	3	12
2.8.	3	11	9	6	4	24
3.8.	0	5	8	9	6	19
4.8.	5	9	9	3	2	15
5.8.	3	17	6	9	5	14
6.8.	2	14	11	9	7	20
7.8.	3	19	10	5	5	18
8.8.	4	12	13	6	2	18
9.8.	2	19	14	8	2	24
10.8.	3	8	10	13	4	15
11.8.	1	8	14	5	4	14
12.8.	4	20	19	6	4	18
13.8.	2	11	14	4	4	16
14.8.	6	16	13	9	3	12
Broj preleta:	80	357	342	188	105	429
Ukupan broj preleta: 2933						

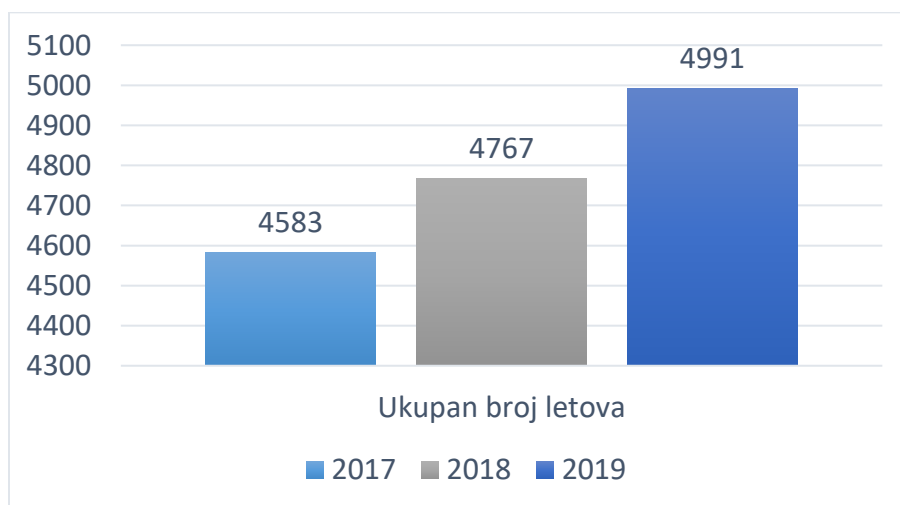
Izvor: [11]

7 USPOREDBA PODATAKA O PROMETU

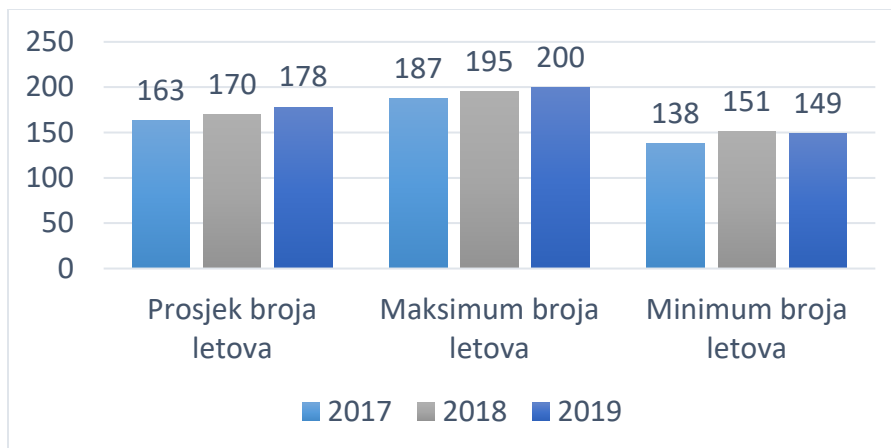
Nakon obrade i analize podataka iz petog poglavlja ovog završnog rada slijedi usporedba ključnih pokazatelja kako bi se na temelju njihovih razlika mogli izvući zaključci o zračnom prometu unutar prostora Jedinice prilazne kontrole Zagreb, LDZATMA. Usporedba odgovara na pitanja poput da li je stanje u zračnom prometu u trendu rasta ili pada, kakva je situacija između ponude i potražnje, da li se optimalno upravlja kapacitetom prostora, gdje su najkritičniji segmenti, da li je usluga kvalitetna i da li upravljanje zračnim prostorom potiče dugoročna poboljšanja izvedbe pritom osiguravajući sigurnosne ciljeve...

7.1 Broj letova

U referentnom periodu promatranja od tri godine u kojem se promatra 2017., 2018. i 2019. godina može se zaključiti da se unutar prostora Jedinice prilazne kontrole događa trend prometnog rasta. Iz godine u godinu broj letova povećava se za prosjek od 200 letova, u 2018. godini broj letova se povećao za točno 184 leta, a u 2019. se s obzirom na 2018. povećao se za 224 leta. To je povećanje prometa od 4% za 2018. godinu, a za 2019. je povećanje od 4,6%. Posljedično, prosjek broja letova kao i maksimum broja letova za pojedine godine doživljavaju porast. Minimum broja letova u 2018. godini u odnosu na 2017. doživljava porast, dok u 2019. godini u odnosu na 2018. doživljava pad od 2 leta. Podaci su prikazani grafički u grafikonima jedan i dva.



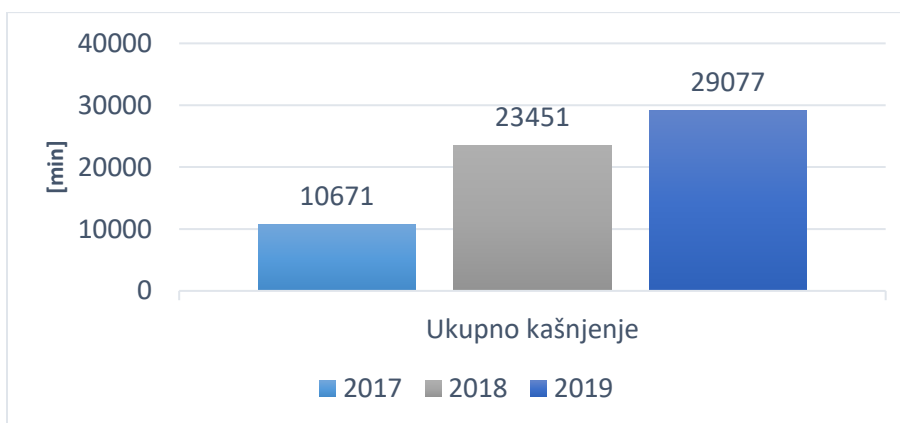
Grafikon 1. Broj letova za period od 2017. do 2019. godine
Izvor: [11]



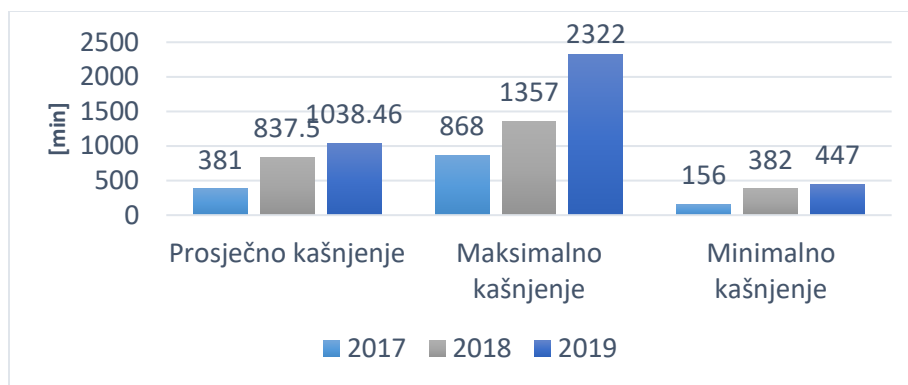
Grafikon 2. Usporedba podataka o broju letova za period od 2017. do 2019 godine
Izvor: [11]

7.2 Kašnjenje

S obzirom da su broj letova i kašnjenje u proporcionalnom odnosu nije čudo da s obzirom na trend rasta prometa raste i kašnjenje. Uvode se regulacije kako ne bi došlo do preopterećenja sektora pa se s time stvara kašnjenje. Tijekom 2018. godine ukupno kašnjenje se povećalo za 12780 minuta što bi značilo da je došlo do povećanja od 120%. U 2019. se stanje jako popravilo jer se kašnjenje povećalo za 5626 minuta u odnosu na 2018. što bi dalo povećanje od 24%, u odnosu na prethodnih 120%. Analogno, prosječno kašnjenje unutar definiranih AIRAC ciklusa raste kao i ukupno, te se isti trend očituje i kod podataka o maksimalnom i minimalnom kašnjenju unutar ciklusa. Podaci su vidljivi u grafikonima tri i četiri.



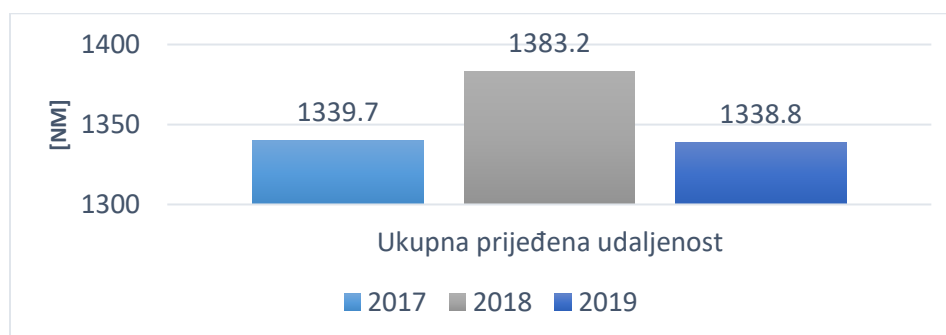
Grafikon 3. Kašnjenje za period od 2017. do 2019. godine
Izvor: [11]



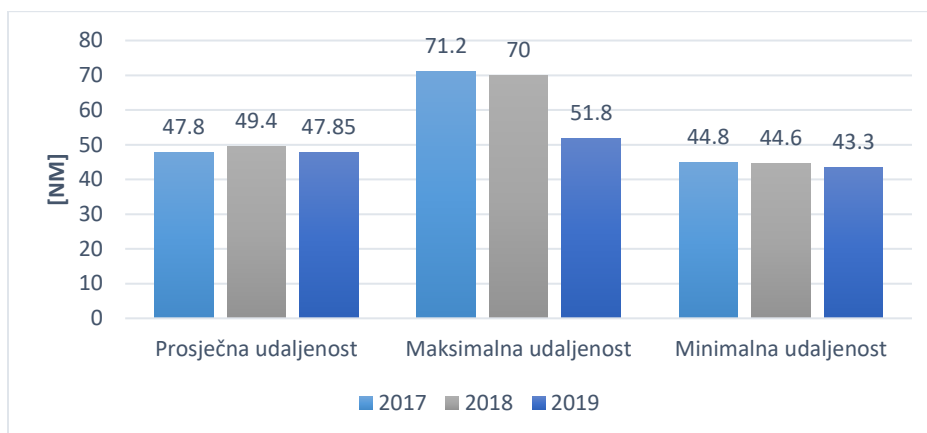
Grafikon 4. Usporedba podataka o kašnjenju za period od 2017. do 2019. godine
Izvor: [11]

7.3 Prosječna prijeđena udaljenost i vrijeme provedeno unutar sektora

Ukupna prijeđena udaljenost je u 2018. godini porasla za 43,5 nautičkih milja što odgovara povećanju od 3,2%. Godinu poslije u 2019. se smanjila u odnosu na 2018. za 44,4 nautičke milje što odgovara smanjenju od 3,2%. Upotreba prostorne navigacije je vidno smanjila prijeđenu udaljenost u 2019. godini u odnosu na 2018. godinu. To je zbog toga što su rute postale direktnije i kraće te se uz prostornu navigaciju postigla fleksibilnost ruta. Prosječna udaljenost po letu se zapravo i ne razlikuje previše unutar perioda od tri godine, no ono što se može primijetiti jest razlika između maksimalne i minimalne prijeđene udaljenosti unutar definiranih ciklusa za pojedinu godinu. Naime, za 2017. i 2018. godinu ta razlika je nešto veća u odnosu na 2019. i iznosi 26,4 NM za 2017. godinu i 25,4 NM za 2018. godinu. U 2019. godini razlika iznosi 7,7 NM što je značajno smanjenje u odnosu na prethodne dvije godine. Zbog tih razlika ukupna prijeđena udaljenost za 2019. godinu manja je u odnosu na 2018. godinu za 44,4 NM. To se dakako pozitivno očituje jer svako smanjenje znači manje ispušnih plinova zbog izgaranja goriva u atmosferi i okolišu. Procedure kontinuiranog spuštavanja su značajne u smanjenju buke koju zrakoplovi proizvode tijekom polijetanja, jer iako su im motori i sustavi puno tiši no prije, to je i dalje glasno za populaciju pokraj aerodroma. Podaci u grafičkom obliku na grafikonima pet i šest.

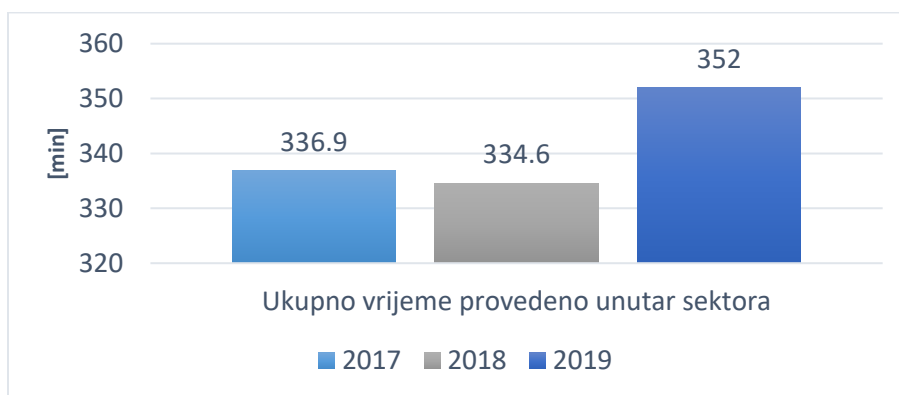


Grafikon 5. Prijеđena udaljenost za period od 2017. do 2019. godine
Izvor: [11]

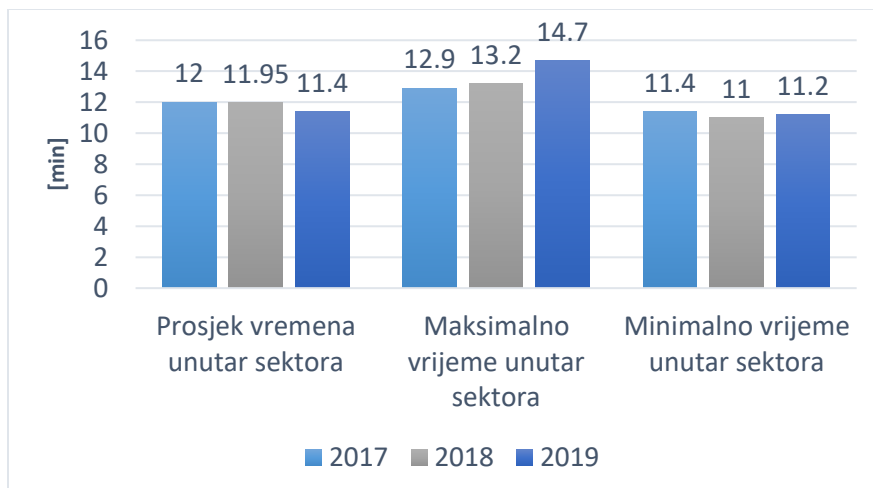


Grafikon 6. Usporedba podataka o prijeđenoj udaljenosti za period od 2017. do 2019. godine
Izvor: [11]

Prosječno vrijeme provedeno unutar sektora je relativno konstantno. U 2018. godini je došlo do smanjenja vremena provedenog unutar sektora za 2,3 minute što čini manje od 1%, dok je u 2019. godini došlo do povećanja u odnosu na 2018. godinu za 17,4 minute što čini 5,2%. Prosjek vremena provedenog unutar sektora je u padu sa 12 minuta u 2017. na 11,4 minute u 2019. Ukupno vrijeme unutar sektora u 2019. godini je poraslo što bi se trebalo okarakterizirati kao odstupanje s obzirom da su vrijeme i prijeđena udaljenost u proporcionalnom odnosu, a udaljenost se smanjila upravo zbog tehnoloških i proceduralnih poboljšanja unutar TMA Zagreb. Na grafikonima sedam i osam se može vidjeti grafički prikaz podataka.



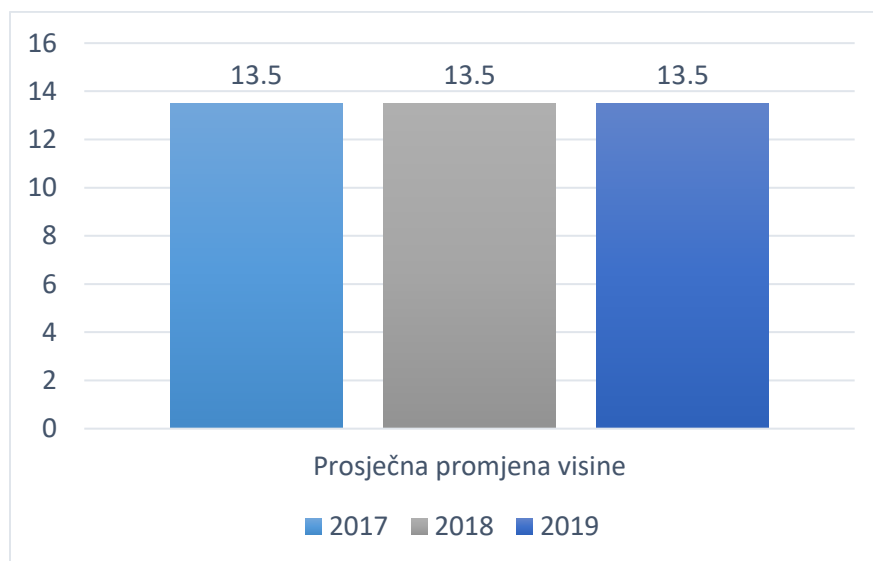
Grafikon 7. Ukupno vrijeme provedeno unutar sektora za period od 2017. do 2019. godine
Izvor: [11]



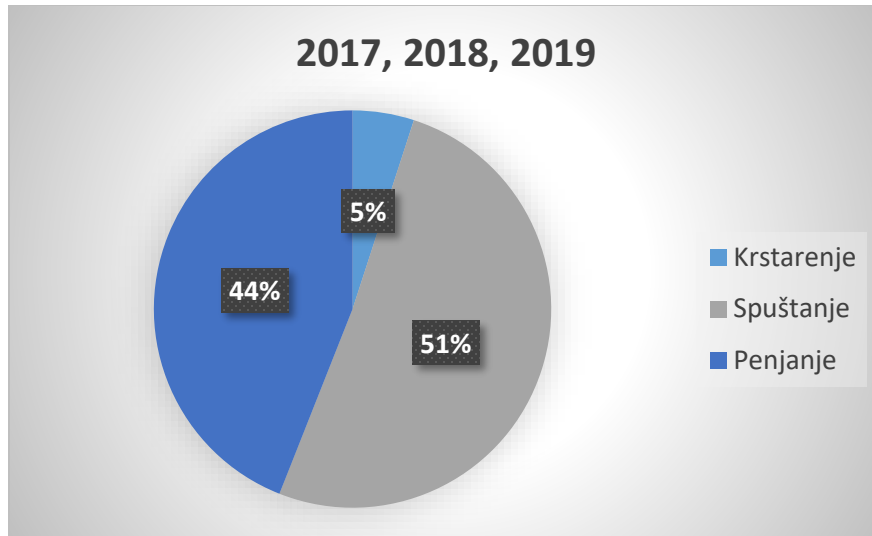
Grafikon 8. Usporedba podataka o vremenu unutar sektora za period od 2017. do 2019. godine
Izvor: [11]

7.4 Prosječna promjena visine i zastupljenost pojedinih režima leta

Za sve tri referentne godine prosjek, dnevnih prosječnih promjena visine, kreće se oko 13 promjena. Promjena visine direktno utječe na zastupljenost režima leta unutar prostora Jedinice prilazne kontrole Zagreb. Unutar LDZATMA najmanje se krstari, u prosjeku za sve tri godine 5%, spuštanje i penjanje zauzimaju ostalih 95%, spuštanje sa 51% zastupljenosti, a penjanje sa 44%. Podaci su vidljivi u grafikonima devet i deset.



Grafikon 9. Prosječna promjena visine za period od 2017. do 2019. godine
Izvor: [11]



Grafikon 10. Zastupljenost režima leta za period od 2017. do 2019. godine
Izvor: [11]

7.5 Opterećenje točaka

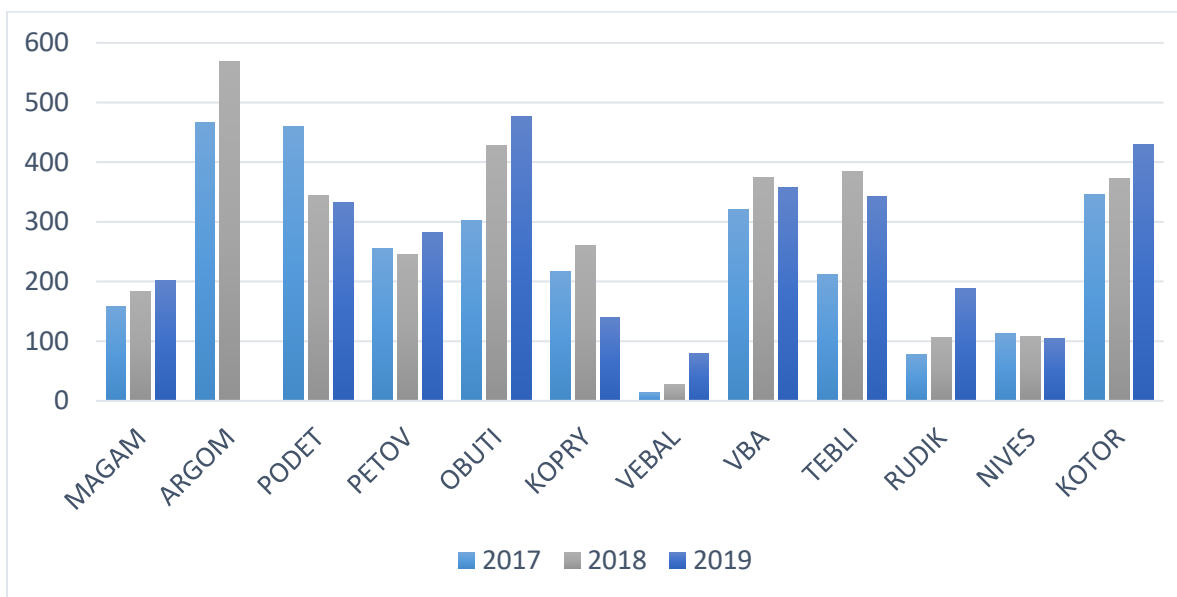
Točke ARGOM, PODET, OBUTI, VBA i KOTOR su točke za koje možemo reći da su najkritičnije jer imaju daleko najviše preleta tijekom promatranog ciklusa. ARGOM je u između 2017. i 2018. godine povećao promet za 102 leta. To bi odgovaralo povećanju od 22%. Nadalje, PODET kojeg prati prometni pad u promatranom periodu i dalje broji preko 300 preleta svake godine. Između 2017. i 2018. godine PODET doživljava prometni pad od 25%. Trend se nastavlja i u 2019. godini koja s obzirom na 2018. godinu ima pad prometa od 3%. Točku OBUTI prati trend prometnog rasta u sve 3 godine. Između 2017. i 2018. broj letova se povećao za 125 letova što čini 41%. Između 2018. i 2019. godine promet raste za 49 letova što je ukupno povećanje od 10%. Tijekom trogodišnjeg perioda OBUTI uvijek ima preko 300 preleta unutar ciklusa. Točka VBA je relativno konstantna. Prometni porast od 51 leta ili 17% bilježi se u 2018. u odnosu na 2017. godinu, no već u 2019. u odnosu na 2018. godinu bilježi se prometni pad od 18 letova što bi bilo nekih 5%. Zadnja od najkritičnijih točaka koje su spomenute je točka KOTOR. Trend rasta prometa jasno je vidljiv u promatranom periodu. Između 2017. i 2018. događa se povećanje prometa od 26 letova što je 7%, a u 2019. u odnosu na 2018. godinu za 57 letova što odgovara povećanju od 15%. Može se primijetiti da je vrijednost povećanja dvostruko veća za 2019. godinu u odnosu na 2018. od povećanja između 2017. i 2018. godine.

Točke koje, za sve tri promatrane godine 2017., 2018. i 2019. godinu, uvijek broje više do 200 preleta su PETOV i TEBLI. PETOV između 2017. i 2018. godine doživljava pad prometa za 10 letova to jest za 4%, no onda u 2019. u odnosu na 2018. broji 26 letova više to jest prometni porast od 10%. Točka TEBLI s druge strane u 2018. u odnosu na 2017. godinu bilježi prometni porast od 174 leta što bi značilo porast od 81%, a onda prometni pad za 42 leta u 2019. u odnosu na 2018. godinu, što je pad do 10%.

Sljedeće po broju preleta su točke MAGAM i KOPRY. Točka MAGAM je u promatranom razdoblju od tri godine dobivala sve više prometa odnosno preleta nad njom. U prosjeku promet je rastao za 20 letova, što bi odgovaralo povećanju od 15% u 2018. u odnosu na 2017., te povećanje od 10% u 2019. u odnosu na 2018. godinu. Točka KOPRY između 2017. i 2018. godine ima povećanje za 45 preleta što odgovara povećanju od 20%. U 2019. godini promet se drastično smanjio za gotovo polovinu. Pad od 122 leta odgovara smanjenju od 46%.

Točke s najmanje preleta za koje se može reći da su najmanje kritični segmenti prostora Jedinice prilazne kontrole Zagreb, LDZATMA su VEBAL, RUDIK i NIVES. Točka VEBAL ima najmanje prometa od svih promatranih točaka. U 2019. bilježi najveći promet od 80 letova koji je u odnosu na 2018. godinu veći za 52 leta odnosno 185%. Između 2017. i 2018. također dolazi do prometnog rasta za 14 letova odnosno 100%. Točka RUDIK bilježi prometni porast između 2017. i 2018. godine za 29 letova što odgovara povećanju od 37%. Također, između 2018. i 2019. godine povećanje od 81 leta odgovara povećanju od 75%. Zadnja obrađena točka je točka NIVES, koja bilježi malen ali ipak pad prometa u sve tri godine. Između 2017. i 2018. godine pad se očituje u 5 letova manje u 2018. godini što daje smanjenje od 4%, a u 2019. u odnosu na 2018. godinu pad od tri leta znači smanjenje od svega 2%. Za točku NIVES može se reći da je gotovo konstantna. Na grafikonu 11 prikazan je broj preleta za svaku točku u periodu od tri referentne godine, a na grafikonu 12 može se vidjeti ukupan broj preleta iznad točaka za svaku pojedinu godinu.

Od promatranih točaka, prema vrsti operacija koje se događaju nad njima, u odlazne točke spadaju MAGAM, PODET, OBUTI i NIVES. Dolazne točke su ARGOM, PETOV, VEBAL i RUDIK. Naposljetku, odlazno-dolazne točke iznad kojih preleti mogu biti u dolaznom ili odlaznom smjeru su KOPRY, VBA, TEBLI i KOTOR.



Grafikon 11. Opterećenje točaka za period od 2017. do 2019. godine
Izvor: [11]

8 ZAKLJUČAK

Sustavu upravljanja zračnim prometom je u interesu razvoj zračne industrije optimizacijom prometa. Kontinuirano povećanje zračnog prometa unutar prostora TMA Zagreb rezultiralo je zahtjevima za optimizacijom zračnog prostora i naglasilo potrebu povećanja kapaciteta. Potrebno je osigurati optimalan omjer između ponude i potražnje koju dionici u zračnom prometu mogu pružiti svojim korisnicima, misleći na razinu efikasnosti upravljanja zračnim prometom i raspoloživosti kapaciteta zračnog prostora. Glavni cilj je siguran i jako učinkovit zračni promet te modernizacija i unaprjeđenje sustava upravljanja zračnim prometom. Načini poboljšanja obuhvaćaju istraživanja utjecaja povećanja prometne potražnje na sigurnost, redovitost, efikasnost i održivost zračnog prometa.

Kako bi se specificirali problemi, a potom i rješenja nastala su ključna područja izvedbe. Uključuju sigurnost, kapacitet, okoliš i troškovnu učinkovitost. Ta četiri područja predstavljaju najvažnije smjerove istraživanja i analize kako bi se moglo doći do ciljnih rješenja. Da se omogući praćenje parametara i varijabli koji definiraju ova područja, ustanovljena su dva prometna pokazatelja, a to su ključni pokazatelj izvedbe i pokazatelj praćenja. Na razini države određuje se, prati i vrednuje zračni promet kako bi se mogao kasnije mijenjati i usavršavati.

U ovom radu obrađivao se i analizirao period od tri godine od 2017. do 2019. godine za Jedinicu prilazne kontrole Zagreb unutar zračnog prostora LDZATMA. Promatrali su se izabrani pokazatelji zračnog prometa sa ciljem uvida u njihove razlike za pojedine godine. Upravo te razlike ukazuju na stanje zračnog prometa i uz pomoć njih se dolazi do rješenja kako bi se zračni promet dalje razvijao.

Prostor Jedinice prilazne kontrole Zagreb, LDZATMA, bilježi prometni porast u periodu od 2017. do 2019. godine. Povećanje prometa prvo za 4%, a onda za 4,6% povuklo je za sobom i povećanje u kašnjenju. Nakon provedene analize može se primijetiti da postoji povezanost između povećanja broja letova i kašnjenja. Na prvo povećanje prometa, može se zaključiti da Jedinica prilazne kontrole Zagreb i sustav upravljanja zračnim prometom nisu optimalno organizirali kapacitete prostora i osoblja jer je došlo do povećanja kašnjenja za čak 120%. Međutim, već u sljedećoj godini, referentnoj 2019. povećanje prometa od 4,6 % prati povećanje kašnjenja od 24%.

Sljedeća dva pokazatelja za koje se može primijetiti da između njih postoji povezanost su prijeđena udaljenost i ukupno vrijeme provedeno unutar sektora. Udaljenost se bitno smanjila zbog uvođenja najnovijih procedura iz projekta SESAR. Uvođenje prostorne navigacije rezultiralo je s povećanjem kapaciteta zračnog prostora te optimizacijom prometa. Unutar istog prostora moglo se smjestiti više putanja letova na način da su sigurnosni ciljevi zadržani ili povećani. Dolazi do smanjenja udaljenosti, a time i ispuštanja štetnih plinova tijekom izgaranja goriva koje ostavlja negativne posljedice na okoliš i atmosferu. Prosječna udaljenost po letu unutar LDZATMA je 48 NM, a provedeno vrijeme je 12 minuta gledano za sve tri definirane godine.

Prostor prilazne kontrole je prostor u kojem su zrakoplovi u prijelazu između aerodromske i oblasne kontrole letenja. Dakle, u tom prostoru se događa najviše penjanja i spuštanja, a onda naravno i promjena visine. Analizom je utvrđeno da su u referentnom periodu od tri godine, unutar prostora LDZATMA, promjene visine kao i zastupljenost pojedinih režima leta gotovo identični. Promjene visine se kreću oko brojke od 13 promjena dok je zastupljenost pojedinog režima leta redom spuštanje sa 51%, penjanje sa 44% i krstarenje sa 5% zastupljenosti.

Kako bi se došlo do odgovora na pitanje koji su najopterećeniji segmenti prostora prilazne kontrole s obzirom da se događa trend prometnog rasta, napravljena je analiza opterećenja ulazno-izlaznih točaka. Zaključak je da su redom od najopterećenije do najmanje opterećene točke, ovako poredane: OBUTI, KOTOR, PODET, VBA, ARGOM, TEBLI, PETOV, KOPRY, MAGAM, RUDIK, NIVES i VEBAL.

Popis literature

- [1] ICAO Annex 11. *Air Traffic Services*. Preuzeto s: <https://www.theairlinepilots.com/forumarchive/quickref/icao/annex11.pdf> [Pristupljeno: 1. kolovoza 2020.]
- [2] Juričić B.: *Teorija kontrole zračnog prometa I.* – Autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu; 2018.
- [3] Jerinić K. *Utjecaj promjene vertikalne granice CTR Lučko na pokazatelje zračnog prometa u TMA Zagreb*. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2018. Preuzeto s: file:///C:/Users/Lenovo/AppData/Local/Temp/jerinic_kristina_fpz_2018_diplo_sveuc.pdf [Pristupljeno: 1. kolovoza 2020.]
- [4] Forjan D. *Utjecaj rada prilaznog kontrolora na protok zračnog prometa*. Završni rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2015. Preuzeto s: file:///C:/Users/Lenovo/AppData/Local/Temp/forjan_dario_fpz_2015_zavrs_sveuc.pdf [Pristupljeno: 2. kolovoza 2020.]
- [5] EU. *COMMISSION IMPLEMENTING REGULATION (EU) 923/2012*. European Union; 2012.
- [6] Juričić B. *Teorija kontrole zračnog prometa II.* – Autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu; 2018.
- [7] Jazić A. *Prilazni simulator*. – Autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu; 2020.
- [8] Crocontrol. *eAIP*. Preuzeto s: <https://www.crocontrol.hr/UserDocsImages/AIS%20produkti/eAIP/2020-08-13-AIRAC/html/index-en-HR.html> [Pristupljeno: 4. kolovoza 2020.]
- [9] EU. *COMMISSION IMPLEMENTING REGULATION (EU) 2019/317*. European Union; 2019.
- [10] Juričić B. *Upravljanje protokom zračnog prometa*. – Autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu; 2019.
- [11] *NEST 1.7*.
- [12] Valenčić L. *Usporedba zračnog prometa u Republici Hrvatskoj za ljetni period 2017. i 2018. godine*. Završni rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2019. Preuzeto s: <file:///C:/Users/Toni/AppData/Local/Temp/0135248963.pdf> [Pristupljeno: 9. rujna 2020.]

- [13] Hačić M. *Analiza zračnog prometa u Hrvatskoj za ljetnu sezonu 2014.godine*. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2016. Preuzeto s: file:///C:/Users/Toni/AppData/Local/Temp/hacic_mato_fpz_2016_diplo_sveuc.pdf [Pristupljeno: 9. rujna 2020.]
- [14] Robinson J, Kamgarpour M. *Benefits of Continuous Descent Operations in High-Density Terminal Airspace Considering Scheduling Constraints*. Fort Worth: Aerospace research central; 2012. Preuzeto s: <https://arc.aiaa.org/doi/10.2514/6.2010-9115> [Pristupljeno: 5. rujna 2020.]
- [15] EUROCONTROL. *Croatia Local Single Sky Implementation*. 2020. Preuzeto s: <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2020-03/eurocontrol-Issip-2019-croatia-level1.pdf> [Pristupljeno: 5. rujna 2020]
- [16] Skybrary. *Continuous Descent*. Preuzeto s: https://www.skybrary.aero/index.php/Continuous_Descent [Pristupljeno: 5. rujna 2020]
- [17] Novak D. *Zrakoplovna prostorna navigacija*. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu; 2014

Popis slika

Slika 1. Područje odgovornosti jedinice prilazne kontrole Zagreb, [3]	4
Slika 2. Prostor TMA Zagreb, [3]	5
Slika 3. Klasifikacija TMA Zagreb, [6]	6
Slika 4. CTR Zagreb, [3]	7
Slika 5. CTR Lučko, [3]	8
Slika 6. Prikaz prostora TMA Zagreb s točkama i radionavigacijskim sredstvima, [7]	9
Slika 7. SID za uzletno-sletnu stazu 04, [8]	10
Slika 8. SID za uzletno-sletnu stazu 22, [8]	11
Slika 9. STAR za uzletno-sletnu stazu 04, [8]	12
Slika 10. STAR za uzletno-sletnu stazu 22, [8]	13
Slika 11. MRVA unutar TMA Zagreb, [7]	14
Slika 12. Dnevno prometno opterećenje TMA Zagreb za 15. kolovoza 2018. godine, [11]	19
Slika 13. Prikaz podatka o kašnjenju za 15. kolovoza 2018. godine	20
Slika 14. RNAV SID rute za uzletno-sletnu stazu 04, [8]	22
Slika 15. RNAV STAR RUTE za uzletno-sletnu stazu 04, [8]	23
Slika 16. Prikaz podataka iz ACC Complexity Analyser-a za 15. kolovoza 2018. godine, [11]	24
Slika 17. Primjer prikaza prometa kroz točku i prostor za 15. kolovoza 2018. godine, [11]	25

Popis tablica

Tablica 1. Broj letova Zagreb APP za AIRAC 1708.....	26
Tablica 2. Kašnjenje Zagreb APP za AIRAC 1708.....	27
Tablica 3. Prosječna prijeđena udaljenost Zagreb APP za AIRAC ciklus 1708	27
Tablica 4. Prosječno vrijeme zadržavanja unutar sektora LDZATMA za AIRAC ciklus 1708.....	28
Tablica 5. Prosječna promjena visine i režimi leta u TMA Zagreb za AIRAC 1708.....	29
Tablica 6. Opterećenost pojedinih točaka u TMA Zagreb AIRAC 1708	30
Tablica 7. Broj letova Zagreb APP za AIRAC 1808.....	32
Tablica 8. Kašnjenje Zagreb APP za AIRAC 1808.....	33
Tablica 9. Prosječna prijeđena udaljenost Zagreb APP za AIRAC ciklus 1808	33
Tablica 10. Prosječno vrijeme zadržavanja unutar sektora LDZATMA za AIRAC ciklus 1808.....	34
Tablica 11. Prosječna promjena visine i režimi leta u TMA Zagreb za AIRAC 1808	35
Tablica 12. Opterećenost pojedinih točaka u TMA Zagreb AIRAC 1808	36
Tablica 13. Broj letova Zagreb APP za AIRAC 1908.....	38
Tablica 14. Kašnjenje Zagreb APP za AIRAC 1908.....	39
Tablica 15. Prosječna prijeđena udaljenost Zagreb APP za AIRAC ciklus 1908	39
Tablica 16. Prikaz broja letova koji su letjeli P-RNAV rutama	40
Tablica 17. Prosječno vrijeme zadržavanja unutar sektora LDZATMA za AIRAC ciklus 1908.....	41
Tablica 18. Prosječna promjena visine i režimi leta u TMA Zagreb za AIRAC 1908	42
Tablica 19. Opterećenost pojedinih točaka u TMA Zagreb AIRAC 1908	43

Popis grafikona

Grafikon 1. Broj letova za period od 2017. do 2019. godine	45
Grafikon 2. Usporedba podataka o broju letova za period od 2017. do 2019. godine	46
Grafikon 3. Kašnjenje za period od 2017. do 2019. godine	46
Grafikon 4. Usporedba podataka o kašnjenju za period od 2017. do 2019. godine.....	47
Grafikon 5. Prijedena udaljenost za period od 2017. do 2019. godine	47
Grafikon 6. Usporedba podataka o prijedenoj udaljenosti za period od 2017. do 2019. godine	48
Grafikon 7. Ukupno vrijeme provedeno unutar sektora za period od 2017. do 2019. godine....	48
Grafikon 8. Usporedba podataka o vremenu unutar sektora za period od 2017. do 2019. godine	49
Grafikon 9. Prosječna promjena visine za period od 2017. do 2019. godine	49
Grafikon 10. Zastupljenost režima leta za period od 2017. do 2019. godine	50
Grafikon 11. Opterećenje točaka za period od 2017. do 2019. godine	51



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj _____ završni 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 _____ završnog rada

pod naslovom **Usporedba pokazatelja dolaznog i odlaznog prometa unutar**

Jedinice prilazne kontrole Zagreb od 2017. do 2019. godine

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

Student/ica:

U Zagrebu, 9/9/2020 _____

(potpis)