

Istraživanje održivosti postojeće organizacije zračnog prostora Centra oblasne kontrole Zagreb

Brkić, Vedrana

Master's thesis / Diplomski 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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:623387>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-18**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Vedrana Brkić

ISTRAŽIVANJE ODRŽIVOSTI POSTOJEĆE ORGANIZACIJE ZRAČNOG PROSTORA CENTRA
OBLASNE KONTROLE ZAGREB

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2020.

Zagreb, 8. travnja 2020.

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

DIPLOMSKI ZADATAK br. 5654

Pristupnik: **Vedrana Brkić (0135238185)**
Studij: **Aeronautika**

Zadatak: **Istraživanje održivosti postojeće organizacije zračnog prostora Centra oblasne kontrole Zagreb**

Opis zadatka:

Uvodno definirati cilj i opseg diplomskog rada. Objasniti značajke oblasne kontrole zračnog prometa. Analizirati podjelu zračnog prostora. Simulirati prometne tokova i odrediti prometno opterećenje za najopterećeniji sektor u 2019. godini i 2020. Godini koristeći program NEST. Simulirati buduće teorijsko povećanje prometa i odrediti prometno opterećenje za najopterećeniji sector. Analizirati utjecaj povećanja prometne potražnje na najopterećeniji sektor u promatranom periodu. Dati zaključna razmatranja.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

izv. prof. dr. sc. Biljana Juričić

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

ISTRAŽIVANJE ODRŽIVOSTI POSTOJEĆE ORGANIZACIJE ZRAČNOG PROSTORA CENTRA
OBLASNE KONTROLE ZAGREB

RESEARCH OF THE EXISTING AIRSPACE ORGANIZATION SUSTAINABILITY OF AREA CONTROL
CENTRE ZAGREB

Mentor: izv. prof. dr. sc. Biljana Juričić

Student: Vedrana Brkić

JMBAG: 0135238185

Zagreb, rujan 2020.

ZAHVALA

Zahvaljujem svojoj mentorici izv. prof. dr. sc. Biljani Juričić na korisnim savjetima i pomoći u izradi ovog diplomskog rada.

Također, zahvaljujem Hrvatskoj kontroli zračne plovidbe na ustupljenim podacima bez kojih ovaj rad i analize ne bi bile moguće.

Posebne zahvale upućujem gđici Andrei Reščić, specijalistici za analize i simulaciju protoka zračnog prometa te gospodinu Davoru Crnogorcu, voditelju odjela upravljanja protokom zračnog prometa i organizacije zračnog prostora na izdvojenom vremenu i stručnim savjetima s kojima je ovaj rad dobio dodatnu vrijednost i kvalitetu.

SAŽETAK

Problematika zračnog prometa kreće od velike potražnje za istim. Da bi se omogućio siguran i kontinuiran protok prometa potrebno je analizirati postojeće tokove, sektorizacije i tehnološka rješenja te na temelju analiza pronalaziti nova rješenja koja će zadovoljiti prometnu potražnju u budućnosti. Učinkovitim rješenjima bi se trebala izbjeći preopterećenja sektora, smanjiti kašnjenja i održavati sigurno provođenje zračnog prometa. Jedno od rješenja je povećanje kapaciteta unutar kontroliranog zračnog prostora. Zadatak ovog diplomskog rada je analizirati opterećenost sektora unutar zračnog prostora centra oblasne kontrole Zagreb u analitičkom programu NEST te na taj način prikazati najopterećeniji sektor i njegovu održivost uz kontinuirani porast prometa koji je prognozirano kroz nadolazeće godine. Istraživanje će omogućiti predviđanje iskorištenosti kapaciteta sektora za efikasno i sigurno odvijanje zračnog prometa. Rezultati bi trebali pokazati kada bi proaktivno trebalo odrediti novu podjelu osnovnih sektora unutar ATCC Zagreb AoR, a sve u cilju što veće učinkovitosti odvijanja zračnog prometa.

KLJUČNE RIJEČI: prometna potražnja; podjela zračnog prostora; kapacitet

SUMMARY

The problem of air traffic starts with great demand for it. In order to enable safe and continuous traffic flow, it is necessary to analyze existing flows, sectorizations and technological solutions. New solutions that will satisfy traffic demand in the future are based on the analyzes. Effective solutions should avoid overloading the sector, reduce delays and maintain the safe conduct of air traffic. One solution is to increase capacity within controlled airspace. The task of this paper is to analyze the load of the sector within the airspace of area control centre Zagreb in the analytical program NEST and thus show the busiest sector and its sustainability with a continuous increase in traffic demand over the coming years. The research will make it possible to predict the utilization of the sector's capacity for efficient and safe air traffic. The results should show when the new division of basic sectors within the ATCC Zagreb AoR should be proactively determined, all with the aim of maximizing the efficiency of air traffic.

KEYWORDS: traffic demand; division of airspace; capacity

Sadržaj

1. UVOD.....	1
2. OBLASNA KONTROLA ZRAČNOG PROMETA	3
2.1. Zadaće oblasne kontrole (način rada).....	4
2.2. Radne pozicije u oblasnoj kontroli	5
2.2.1. Zadatci radarskog oblasnog izvršnog kontrolora.....	6
2.2.2. Zadatci radarskog oblasnog kontrolora planera.....	6
2.3. Separacija u oblasnoj kontroli	7
2.3.1. Vertikalna separacija.....	9
2.3.2. Radarska separacija	10
3. PODJELA ZRAČNOG PROSTORA	11
3.1. Vertikalna podjela zračnog prostora	15
3.2. Lateralna podjela zračnog prostora	18
3.3. Otvaranje i zatvaranje sektora	20
4. SIMULACIJA PROMETNIH TOKOVA I ODREĐIVANJE PROMETNOG OPTEREĆENJA ZA NAJOPTEREĆENIJI SEKTOR U 2019. GODINI	21
4.1. Proces dobivanja podataka u analitičkom programu NEST	22
4.2. Određivanje najopterećenijeg sektora u 2019. godini	29
5. SIMULACIJA BUDUĆEG TEORIJSKOG POVEĆANJA PROMETA I ODREĐIVANJE PROMETNOG OPTEREĆENJA ZA NAJOPTEREĆENIJI SEKTOR	33
5.1. Simulacija budućeg teorijskog povećanja prometa	33
5.2. Određivanje prometnog opterećenja za najopterećeniji sektor	37
6. ANALIZA UTJECAJA POVEĆANJA PROMETNE POTRAŽNJE NA NAJOPTEREĆENIJI SEKTOR U PROMATRANOM PERIODU.....	40
7. ZAKLJUČAK	44
LITERATURA	46
Popis slika.....	47

Popis tablica	48
Popis grafikona.....	49

1. UVOD

Do trenutka nastanka epidemiološke krize povezane s virusom COVID 19, zračni promet bilježi kontinuirani porast prometne potražnje. Uz kontinuirani porast prometne potražnje dolaze izazovi kao što su istraživanje načina povećanja kapaciteta kako bi ponuda pratila linearan rast potražnje. Povećanje kapaciteta cjelokupnog zračnog prostora ključno je za siguran i neometan protok zračnog prometa. Prilikom istraživanja dostatnosti kapaciteta, između ostalih, bitna su dva parametra: prometna potražnja u određenom zračnom prostoru uz prognozu buduće prometne potražnje te sami kapacitet tog zračnog prostora. Prometnu potražnju predstavljaju planirani letovi zrakoplova čije putanje u određenom međusobnom odnosu ulaze u promatrani dio zračnog prostora (sektora). Kapacitet se najčešće označava kao broj zrakoplova koji ulaze u definirani zračni prostor u određenom vremenskom razdoblju uzimajući u obzir vremenske uvjete, konfiguracije, raspoloživo osoblje, dostupnu opremu i sve druge čimbenike koji mogu utjecati na kompleksnost zadataka kontrolora letenja. Kapacitet je izražen kao maksimalni broj zrakoplova koji može biti primljen unutar jednog sata. Broj letova i njihove međusobne interakcije u sektoru odredit će kompleksnost zadataka, tj. zadaća kontrolora letenja.

Cilj ovog diplomskog rada je odrediti utjecaj povećanja prometne potražnje na kapacitete zračnog prostora centra oblasne kontrole Zagreb do 2025. godine korištenjem STATFOR prognoze (HIGH scenarij) i analitičkog programa NEST.

NEST omogućava detaljnu analizu proteklih, kao i kreiranje različitih scenarija budućih prometnih tokova. NEST kombinira mogućnosti dizajna zračnog prostora s funkcionalnostima analize kapaciteta. Temelji se na modeliranju scenarija za razne aktivnosti kao što su: planiranje i razvoj struktura zračnog prostora, predviđanje potrebnog kapaciteta, strateško planiranje te za razne analize u svrhu optimizacije raspoloživih resursa i poboljšanje učinkovitosti ATM mreže. Specifičnost ove analize je simulacija navedenog prometa kroz novo tehnološko rješenje HKZP-a - Central sektor.

U prvom dijelu rada opisana je oblasna kontrola zračne plovidbe, glavne zadaće oblasne kontrole i radne pozicije. Zatim je navedeno područje nadležnosti Hrvatske kontrole zračne plovidbe, granice i karakteristike područja. Detaljnije je opisana podjela zračnog prostora

koja se dijeli na vertikalnu i lateralnu podjelu te je objašnjeno otvaranje i zatvaranje sektora. U četvrtom poglavlju je opisan proces simulacije prometa i proces dobivanja simuliranih i stvarnih podataka o prometu, kao što su potražnja i kašnjenje unutar promatranog zračnog prostora. Istaknuti su najopterećeniji sektori u 2019. godini i njihov udio u ukupnom kašnjenju. U petom poglavlju je opisan proces simulacija budućeg teorijskog povećanja prometa za nadolazeće godine pomoću kojih su dobiveni podaci o budućoj potražnji, kašnjenju i opterećenju zračnog prostora, točnije sa fokusom na elementarne sektore. U šestom poglavlju napravljena je analiza utjecaja povećanja prometne potražnje na najopterećeniji sektor.

2. OBLASNA KONTROLA ZRAČNOG PROMETA

Hrvatska kontrola zračne plovidbe (HKZP) pruža operativne usluge u zračnom prometu (*Air Traffic Services - ATS*), a u suradnji s relevantnim državnim tijelima, korisnicima zračnog prostora i međunarodnim organizacijama sudjeluje u upravljanju zračnim prostorom (*Airspace Management - ASM*) i upravljanju protokom zračnog prometa (*Air Traffic Flow Management - ATFM*). U okviru operativnih usluga u zračnom prometu korisnicima zračnog prostora pružaju se usluge:

- kontrole zračnog prometa (*Air Traffic Control Services - ATC*) - u svrhu sprječavanja sudara između zrakoplova, između zrakoplova i prepreka na manevarskim površinama aerodroma, kao i u svrhu ubrzanja i održavanja redovitog protoka zračnog prometa,
- letnih informacija (*Flight Information Services - FIS*) - u svrhu pružanja savjeta i informacija potrebnih za sigurno, redovito i učinkovito obavljanje letova,
- uzbunjivanja (*Alerting Services - ALRS*) - u svrhu izvješćivanja nadležnih subjekata o zrakoplovu kojemu je potrebna pomoć potrage i spašavanja te po potrebi pružanja pomoći tim subjektima tijekom potrage i spašavanja zrakoplova. [1]

Kontrola zračnog prometa je operativna uslugakojosigurava siguran, ekspeditivan i redovit zračni promet. Usluge kontrole zračnog prometa obuhvaćaju usluge aerodromske kontrole (*Tower Control - TWR*), prilazne kontrole (*Approach Control - APP*) i oblasne kontrole (*Area Control - ACC*), a pružaju se za: sve instrumentalne (*Instrument Flight Rules - IFR*) i vizualne (*Visual Flight Rules - VFR*) letove u kontroliranom zračnom prostoru te sav aerodromski promet na kontroliranim aerodromima.

Kontrolirani let mora biti pod nadzorom samo jedne ATC jedinice u bilo kojem trenutku. Odgovornost za kontrolu i nadzor cjelokupnog prometa unutar određenog zračnog prostora (područje odgovornosti) je dodijeljena određenoj ATC jedinici. Što znači da od trenutka paljenja motora zrakoplova na aerodromu polijetanja do trenutka gašenja motora zrakoplova na aerodromu slijetanja, zrakoplov je u svakom trenutku leta kontroliran ukoliko leti unutar kontroliranog zračnog prostora. Dok se zrakoplov nalazi na aerodromu i dok ne poleti i popne se do određene visine koja je unaprijed određena između jedinica kontrole,

on je na frekvenciji aerodromskog kontrolora. Zatim aerodromski kontrolor predaje zrakoplov prilaznom kontroloru koji mu daje odobrenje za penjanje do iduće slobodne visine, koja je isto tako određena karakteristikama kontrolnog prostora u suradnji s jedinicom susjedne kontrole. Penjanjem zrakoplova do utvrđene gornje granice terminalne zone, prilazni kontrolor predaje zrakoplov na frekvenciju oblasnog kontrolora.

Ciljevi kontrole zračnog prometa su: sprečavanje sudara između zrakoplova; sprečavanje sudara između zrakoplova na manevarskom području i prepreka na tom području; ubrzavanje i održavanje pravilnog protoka zračnog prometa; pružati savjete i informacije korisne za sigurno i učinkovito obavljanje letova; obavijestiti odgovarajuće organizacije o zrakoplovima kojima je potrebna pomoć u potrazi i spašavanju i pružiti pomoć takvim organizacijama po potrebi. [2]

2.1. Zadaće oblasne kontrole (način rada)

Kao što je već rečeno, oblasni kontrolori zračnog prometa kontroliraju letove unutar određenog zračnog prostora, točnije prostora koji im je dodijeljen, a zove se područje odgovornosti/sektor kontrole (*Area of Responsibility* - AoR). Letovi koji lete unutar kontroliranog zračnog prostora zahtijevaju odobrenje za bilo kakvu promjenu u letu te se oni zovu kontrolirani letovi. ATC odobrenje (*ATC Clearance*) je dozvola za zrakoplov da krene po uvjetima koje određuje jedinica kontrole zračnog prometa. [3] Oblasni kontrolor zračnog prometa daje odobrenja zrakoplovima za sve promjene koje se razlikuju od onih koje su navedene u planu leta. To mogu biti promjene rute, tražene visine leta te promjene brzine. S odobrenjem pilot dobiva dozvolu za obavljanje leta pod određenim uvjetima. Prilikom usmjeravanja kretanja letova koji podliježu kontroli, nadležna ATC jedinica može detaljno utvrditi napredak leta, a posebno putanju leta i razinu leta (*Flight Level* - FL) kada izdaje odgovarajuće odobrenje. Odobrenja u zračnom prometu se izdaju za ubrzavanje i razdvajanje zračnog prometa, a moraju se temeljiti na poznatim prometnim uvjetima koji utječu na sigurnost u zrakoplovstvu. Jedinica ATC-a izdaje odobrenja za sprječavanje sudara, ubrzanje i održavanje sigurnog i ekspeditivnog protoka zračnog prometa. Pilotu nije dopušteno odstupiti od posljednje izdanog odobrenja sve dok nadležna ATC jedinica ne izda novo odobrenje. To se ne odnosi na izvanredne situacije koje zahtijevaju trenutnu odluku

pilota. U tim slučajevima pilot će bez odlaganja obavijestiti nadležnu kontrolu o novonastaloj situaciji i dobiti novo odobrenje.

Kada zrakoplov leti unutar jednog područja odgovornosti, kontrolor koji je zadužen za kontrolu nad tim zrakoplovom mora omogućiti zrakoplovu penjanje do tražene visine leta (*Requested Flight Level* - RFL) kao i let po ruti određenom putanjom kao što je već unaprijed ispunjeno u planu leta. Prilikom kontroliranja više zrakoplova unutar jednog područja, može doći do povećanja kompleksnosti kontrole. Razlozi mogu biti: zrakoplovi čije se rute sijeku u određenim segmentima, vremenske nepogode, aktivirane vojne zone itd. Kada se zrakoplov približava određeni aerodromu, oblasni kontrolor mora dati instrukcije i odobrenja koje će pomoći pri slaganju redoslijeda (*sequencing*) kako bi zrakoplov na vrijeme bio predan prilaznom kontroloru na frekvenciji, a kasnije i aerodromskom, sve u svrhu slijetanja bez kašnjenja i optimiziranja toka prometa. U trenutku kada se zrakoplov približava granici područja odgovornosti, kontrolor predaje zrakoplov susjednom kontrolnom centru. Taj proces se zove prijenos kontrole (*Transfer of control*). Susjedni kontrolni centar može biti ista kontrolna jedinica - oblasna ili prilazna kontrolna jedinica ukoliko zrakoplov ide na slijetanje. Kontrola nad zrakoplovom obično se prebacuje između dva područja odgovornosti ili na točkama prijenosa kontrole (*Transfer Control Points* - TCP), vremenima ili pak razinama leta dogovorenim između dvije kontrolne jedinice. Ovisno o promjenjivom protoku prometa, točke prijenosa kontrole koordiniraju se pojedinačno ili se utvrđuju posebnim sporazumimakoji su navedeni u dokumentima kao što su pisma slaganja (*Letters of Agreement* - LoA) i priručnik za lokalne operacije (*Local Operations Manual* - LOM). [2]

2.2. Radne pozicije u oblasnoj kontroli

Unutar oblasne kontrole rad na sektoru je organiziran tako da na jednom sektoru rade dva kontrolora. Jedan kontrolor je izvršni kontrolor koji sjedi na desnoj poziciji, a drugi kontrolor je planer kontrolor te on sjedi na lijevoj poziciji. Obje pozicije su opremljene identičnom opremom. Oblasni kontrolor je osposobljen za izvršnog kontrolora i planera kontrolora. Održavanje maksimalnog kapaciteta zračnog prostora ne bi bilo moguće bez skladnog i timskog rada između izvršnog i planerskog kontrolora. Stoga, oba kontrolora imaju unaprijed utvrđene zadatke za vrijeme rada na sektoru.

2.2.1. Zadaci radarskog oblasnog izvršnog kontrolora

Izvršni kontrolor je prvenstveno odgovoran za pružanje operativnih usluga generalnom zračnom prometu (*General Air Traffic - GAT*) unutar područja odgovornosti dodijeljenog sektora. U nekim slučajevima pružit će separaciju i za operativni zračni promet (*Operational Air Traffic - OAT*) prema statusu odgovornosti za donošenje odluka i prema posebnim sporazumima. Izvršni kontrolor pruža usluge letnih Informacija i uzbunjivanja za zrakoplove koji lete unutar njegovog područja odgovornosti. Ukoliko radarska usluga kontroliranja zrakoplova nije dostupna ili dođe do prekida rada radara, izvršni kontrolor će osigurati konvencionalne postupke (proceduralna separacija) prilikom kontroliranja zrakoplova. Izvršni kontrolor provodi opći plan koji je utvrđen od strane planerskog kontrolora, pritom može neke svoje zadatke prenijeti planeru, kao i preuzeti neke zadatke od njega. Izvršni kontrolor ima odlučujući autoritet nad planerom. Važno je da prilikom pružanja operativnih usluga izvršni kontrolor osigurava siguran i ekspeditivan tok prometa, pritom uzimajući u obzir procedure o smanjenju buke. [4]

Konkretni zadaci izvršnog kontrolora prilikom pružanja usluge radarske kontrole zrakoplovima su:

- identificiranje zrakoplova i održavanje identifikacije,
- pružanje radarskog vektoriranja u svrhu rješavanja potencijalnih konflikata i održavanja separacije,
- pružanje pomoći u navigaciji,
- izdavanje instrukcija i odobrenja koje će omogućiti konstantno održavanje separacijskih normi,
- dokumentiranje, a po potrebi i aktualiziranje odobrenja i instrukcija te kontroliranje namjera ažuriranjem računalnog sustava,
- monitoriranje svih zrakoplova u njegovoj nadležnosti,
- informiranje o bilo kakvom nepoznatom prometu ili vremenskoj situaciji. [2]

2.2.2. Zadaci radarskog oblasnog kontrolora planera

Funkcija planerske kontrolne pozicije obuhvaća obavljanje svih zadataka za koordinaciju između različitih kontrolnih jedinica, sektora ili radnih pozicija za cjelokupni

zračni promet unutar područja odgovornosti odgovarajućeg izvršnog kontrolora. Planer kontrolor utvrđuje opći plan protoka prometa kroz i kad god je potrebno izvan svog sektora. To se postiže raspodjelom razina leta i ako je moguće raspodjelom ruta. Planer određuje mjere koje su potrebne kako bi se ispunili uvjeti navedeni u planu leta, izvršava koordinaciju i unosi podatke prema potrebi. [4]

Konkretni zadatci planera kontrolora su:

- Prikupljanje i prenošenje informacija potrebnih za neometano i sigurno obavljanje usluga kontrole zračnog prometa,
- osiguranje koordinacije s odgovarajućim susjednim sektorima vezano za revizije, odobrenja i planirane razina leta, kao i unos novih dogovorenih podataka u sustav,
- izdavanje ulaznih odobrenja za ulaz u njegovu kontrolnu jedinicu,
- utvrđivanje i održavanje stvarne prometne slike (situacije) i, ako je potrebno, treba savjetovati izvršnog kontrolora o mogućem ugrožavanju sigurnosti,
- asistiranje izvršnom kontroloru prilikom uspostavljanja i održavanja proceduralne separacije tijekom prekida rada radarskog prikaza, kvara radara ili nedostupnosti radarske slike
- monitoriranje stanja opreme te informiranje nadležne osobe ako je došlo do degradacije ili kvara [2]

2.3. Separacija u oblasnoj kontroli

U pravilu, za potrebe razdvajanja zrakoplova primjenjuju se vertikalne ili radarske horizontalne procedure razdvajanja. Ako primjena radarskih procedura razdvajanja nije moguća, primjenjuju se procedure za vertikalno razdvajanje i/ili proceduralno. Pružanje operativnih usluga ovisi o klasi zračnog prostora unutar kojeg zrakoplov leti. U tablici 1 prikazane su klase zračnog prostora unutar područja letnih informacija (*Flight Information Region* - FIR) Zagreb i vrste operativnih usluga koje se pružaju u određenoj klasi prostora.

Tablica 1. Klase zračnog prostora unutar FIR Zagreb

KLASIFIKACIJA ZRAČNOG PROSTORA I PRUŽANJE USLUGA				
Klasa		Vrsta leta	Vrsta usluga	Vrsta razdvajanja
C	Kontrolirani zračni prostor	IFR	Usluga kontrole zračnog prometa	IFR od IFR IFR od VFR
		VFR	1) usluga kontrole zračnog prometa za razdvajanje od IFR; 2) VFR/VFR informacije o prometu (preporuka o izbjegavanju, na zahtjev)	VFR od IFR
D		IFR	Usluga kontrole zračnog prometa, uključujući informacije o prometu o VFR letovima i (preporuka o izbjegavanju na zahtjev)	IFR od IFR
		VFR	Informacije o prometu između VFR i IFR letova i (preporuka o izbjegavanju, na zahtjev)	Nil
Controlled zone D	Isti zahtjevi i propisi kao za klasu D zračnog prostora			
G	Nekontrolirani zračni prostor	samo VFR letovi	Usluga letnih informacija	Nil
Napomena: Prilikom pružanja usluga između različitih klasa zračnog prostora (na granicama) primjenjuju se zahtjevi manje ograničenog prostora (klasa G je manje ograničena).				

Izvor: [2]

Usluga razdvajanje zrakoplova se pruža između sljedećih letova:

- IFR letova unutar zračnog prostor klasa C i D,
- IFR i VFR letova u zračnom prostoru klase C,
- IFR i posebnih VFR letova (*Special Visual Flight Rules - SVFR*),
- SVFR letova.

Unutar kontroliranog zračnog prostora, separaciju treba održavati između IFR letova, VFR letova unutar zračnog prostora klase C, posebnih VFR letova i VFR letova noću i drugih područja, kao što su:

- granica vlastitog područja odgovornosti, odnosno nekontrolirani zračni prostor,
- zabranjena područja,
- ograničena područja uključujući (*Temporary Reserved Area* - TRA) i (*Temporary Segregated Area* - TSA),
- opasna područja. [2]

Ne smije se dati odobrenje za manevar zrakoplova koji bi narušio razmak između dva zrakoplova na udaljenost manju od najmanje dopuštene. Dodatne minimalne separacijske norme mogu se primijeniti na letove vlade, formacijske letove i u slučaju turbulencije.

2.3.1. Vertikalna separacija

Vertikalni separacijski minimum za zrakoplove iznosi:

- 1000ft između zrakoplova ispod FL290,
- 1000ft između zrakoplova opremljenih s uređajima za let sa smanjenim vertikalnim separacijskim minimumom (*Reduced Vertical Separation Minima* - RVSM) na i iznad FL290 do i uključujući FL410,
- 2000ft između zrakoplova iznad FL290 do FL410:
 - državni zrakoplov koji nije opremljen s RVSM-om i bilo kojeg drugog zrakoplova,
 - formacijski letovi državnih zrakoplova i bilo kojeg drugog zrakoplova,
 - zrakoplov koji ima kvar u komunikaciji ili kvar s RVSM opremom.
- 2000ft između zrakoplova iznad FL410. [2]

Kada pilot zrakoplova obavijesti kontrolora da napušta određenu razinu leta prilikom danog odobrenja za penjanje ili spuštanje, tada ta razina leta može biti dodijeljena drugom zrakoplovu. Pri primjeni ovog postupka uzimaju se u obzir različite brzine penjanja/spuštanja (*Rate Of Climb* – ROC / *Rate Of Descent* - ROD). Vertikalna separacija između zrakoplova koji

penju ili spuštaju može biti primijenjena tako što kontrolor da uvjetno odobrenje pilotima da zadrže određenu brzinu penjanja ili spuštanja uz uvjet da je vertikalna separacija konstantna ili da se povećava.

2.3.2. Radarska separacija

Radarski separacijski minimum iznosi 5NM. Kada dva zrakoplove lete na istoj razini leta, a radarska separacijska udaljenost između njih padne ispod 5NM, smatra se da je separacija narušena. Ukoliko održavanje radarskog separacijskog minimuma nije moguće, zrakoplove treba razdvojiti pomoću vertikalne separacije. U slučaju djelomične nedostupnosti radarskih podataka, kao što je kvar radara ili isprekidan signal kod komunikacije, nastavit će se pružati radarska kontrola zračnog prometa uz povećanu minimalnu radarsku separacijsku normu na 10NM. Minimalna radarska separacijska norma povećava se za 1NM za letove u formaciji. U slučaju gubitka identifikacije zrakoplova na više od 3 uzastopna osvježenja radarske slike, utvrđuje se drugi način separacije, kao što je vertikalna separacija. [2]

3. PODJELA ZRAČNOG PROSTORA

Radi jednostavnijeg i sigurnijeg upravljanja zračnim prometom, zračni prostor je podijeljen te se mijenja prema potražnji korisnika i potrebama pružatelja usluga zračnog prometa. Svjetski zračni prostor je podijeljen u seriju područja letnih informacija koji međusobno graniče. FIR je zračni prostor određenih dimenzija u kojemu se pružaju usluge letnih informacija i obavlja uzbuđivanje od strane pružatelja usluga u zračnoj plovidbi. Područje uključuje kontrolirane zračne prostore (*Controlled Airspace*), nekontrolirane zračne prostore (*Uncontrolled Airspace*) i posebno regulirane prostore (*Restricted Area*). [3]

Kao što je već spomenuto, klasom zračnog prostora određuje se vrsta operative usluge koja se unutar tog prostora pruža zrakoplovima. Unutar FIR Zagreb postoje klase C, D i G. Zračni prostor klase G proteže se od GND do 1000ft AGL (*Above Ground Level*) izvan kontroliranih zona (*Control Zone - CTR*) te je to nekontrolirani zračni prostor, odnosno sloj slobodnog letenja u kojem lete isključivo VFR letovi. Klase C i D su dodijeljene kontroliranim zračnim prostorima i završno kontroliranim područjima, dok je klasa D dodijeljena kontroliranim zonama. Kontrolirani zračni prostor dijeli se na:

- Kontrolirano područje (*Control Area - CTA*) - prostor određen horizontalnim i vertikalnim granicama koji sadrži zračne puteve i završno kontrolirana područja (*Terminal Control Area - TMA*). Donja granica je 1000ft AGL izvan TMA i CTR, a gornja FL660. Od 1000ft AGL do FL115 je D klasa zračnog prostora. Iznad FL115 do FL660 je C klasa. ATC jedinica odgovorna za pružanje operativnih usluga je oblasna kontrola.
- Završna kontrolirana područja (*Terminal Control Area - TMA*) - kontrolirano područje koje se u načelu utvrđuje oko mjesta slijetanja više ruta u okolici jednog ili više aerodroma. Donja granica je 1000ft AGL izvan CTR, a gornja granica je definirana zakonom te se ona može razlikovati za svako završno kontrolirano područje. Sva završna kontrolirana područja u FIR Zagreb su C i D klase zračnog prostora, osim Osijek TMA unutar kojeg je zračni prostor definiran D klasom. Vertikalne granice koje označavaju početak i kraj klase se razlikuju za svaki TMA. ATC jedinica odgovorna za pružanje operativnih usluga je prilazna kontrola.

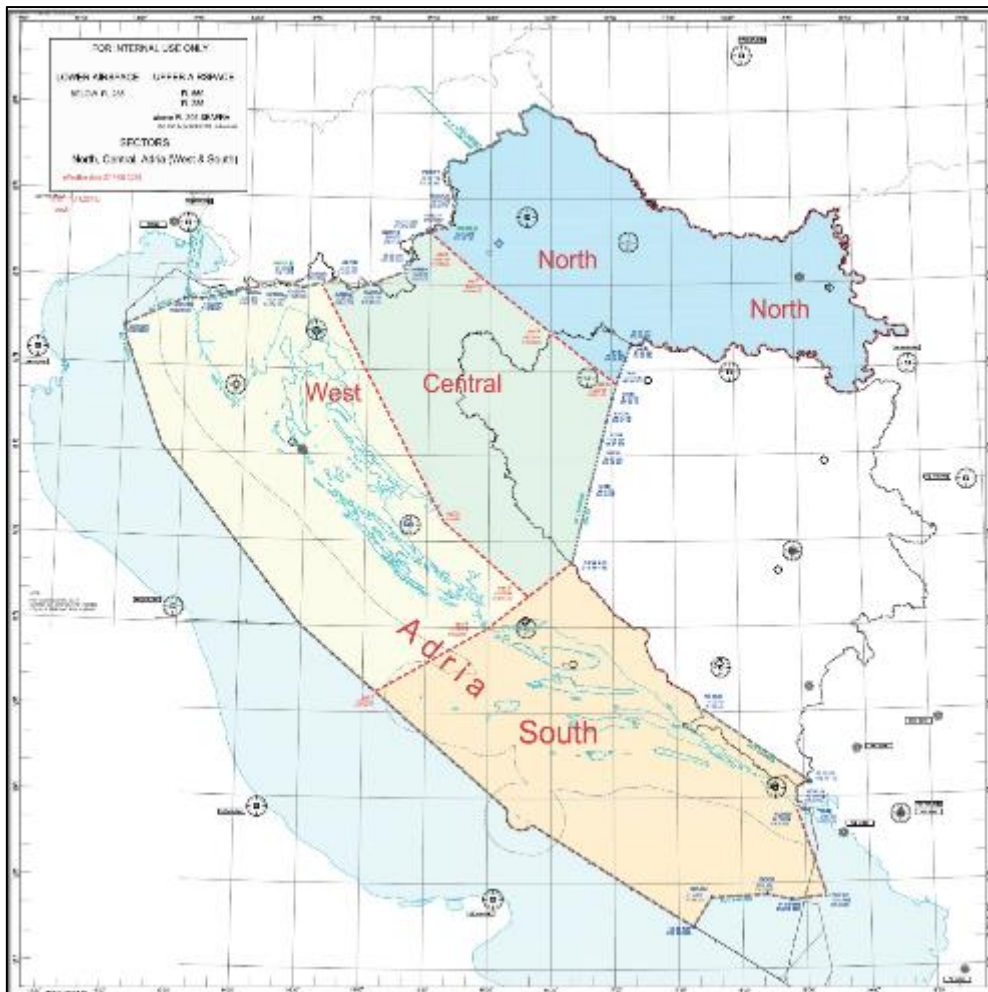
- Kontrolirana zona (*Control Zone - CTR*) - kontrolirani zračni prostor koji se prostire od Zemljine površine do određene gornje granice. Svi CTR-ovi u FIR Zagrebu su zračni prostori klase D. ATC jedinica odgovorna za pružanje operativnih usluga je toranjska kontrola. [5]

Prema zakonu o zračnom prometu, u Republici Hrvatskoj ministar nadležan za poslove zračnog prometa utvrđuje područje letnih informacija. Područje letnih informacija prostire se i izvan hrvatskoga zračnog prostora, do granica utvrđenih međunarodnim ugovorima koji obvezuju Republiku Hrvatsku. Ustroj i strukturu područja letnih informacija Republike Hrvatske, na prijedlog Hrvatske kontrole zračne plovidbe, utvrđuje ministar uz prethodno pribavljenu suglasnost ministra nadležnog za poslove obrane. [6]

Ukupno područje letnih informacija koje podrazumijeva zračni prostor unutar granica države kao i prostor koji je dodijeljen međunarodnim ugovorima naziva se *Area of Responsibility (AoR)*. HKZP ima ovlasti nad zračnim prostorom koji obuhvaća sljedeće:

- područje letnih informacija Zagreb (FIR Zagreb),
- zapadni dio zračnog prostora FIR-a Sarajevo definiran u skladu sa sporazumom o delegiranju ATS usluga između Republike Hrvatske i Bosne i Hercegovine (od 9500ft MSL - *Mean Sea Level* do FL660). [4]

U nekim slučajevima FIR-ovi se dijele okomito na donji (*lower*) i gornji (*upper*) zračni prostor. Donji dio se i dalje naziva FIR, dok se gornji zove *Upper Information Region (UIR)*. [3] Na slici 1 prikazano je područje odgovornosti HKZP-a koje se dijeli na *lower* zračni prostor do FL285 i *upper* zračni prostor od FL285 do FL660. Zapadni dio zračnog prostora FIR-a Sarajevo koji je dodijeljen HKZP-u određen je KOMAR linijom izuzimajući područja nadležnosti prilazne kontrole u Mostaru, Sarajevu, Tuzli i Banja Luci.

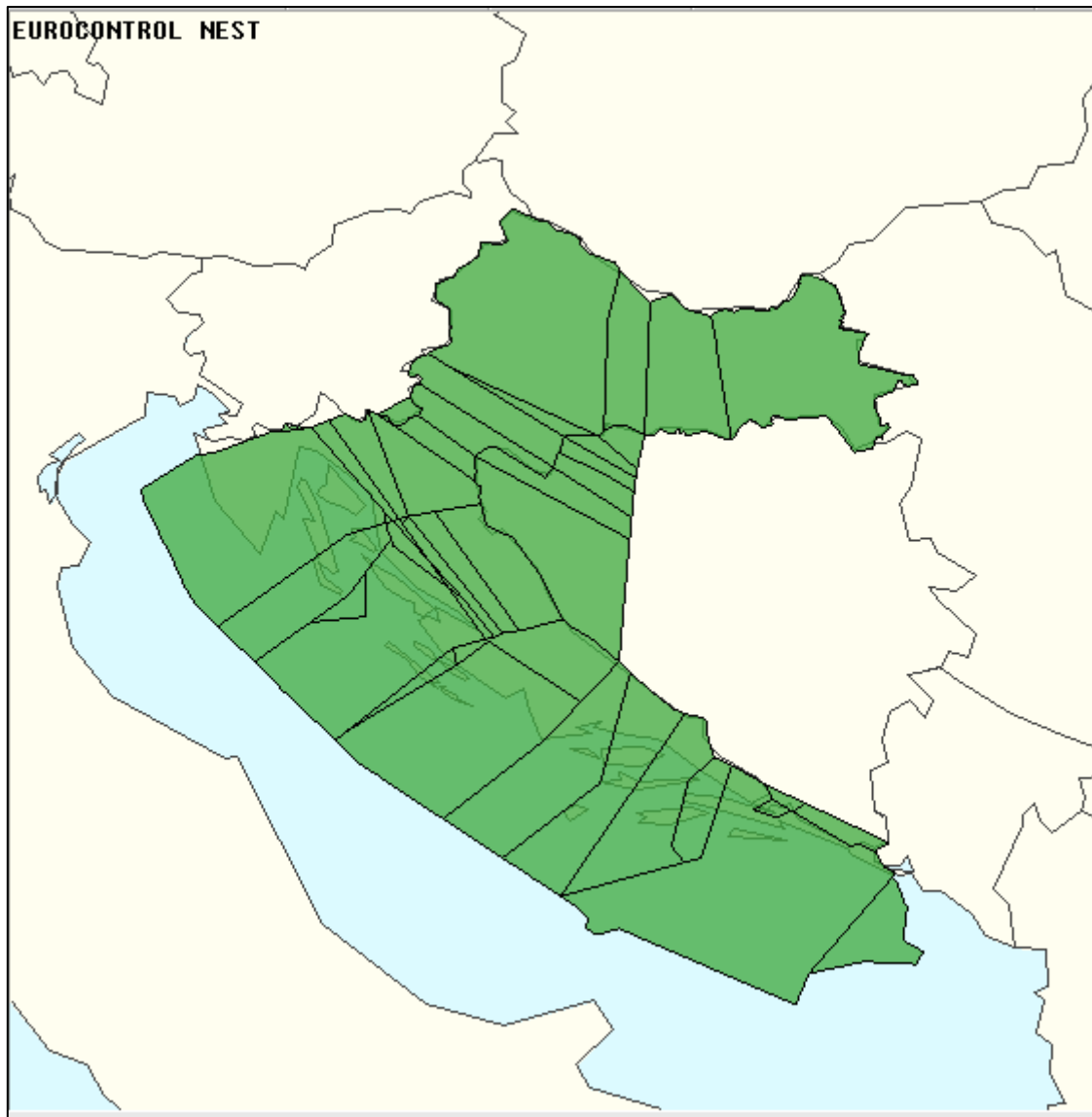


Slika 1. Područje odgovornosti HKZP-a, [4]

Kontrolirani zračni prostor unutar FIR se može podijeliti na manje volumene zračnog prostora, koji se zovu sektori. Sektor je zračni prostor kojeg omeđuju dvije visine i horizontalne granice. Sektori se mogu spajati i dijeliti prema potrebama najčešće kontrolora zračnog prometa s obzirom na obujam i kompleksnost prometa te težine održavanja sigurnosti pri kontroliranju, a taj postupak se naziva sektorizacija. Svaki otvoreni sektor ima svoju zasebnu frekvenciju i izvršnog kontrolora koji kontrolira zrakoplove unutar tog sektora te kontrolora planera. U trenutku kada broj zrakoplova unutar jednog sektora premašuje ili će pod pretpostavkom potražnje prometa premašiti maksimalan dopušteni broj zrakoplova pod nadležnosti jednog kontrolora, taj sektor se dijeli na dva nova. Takvim postupkom se smanjuje radno opterećenje kontrolora koji je radio na sektoru unutar kojeg se u određenom trenutku pojavljuje veći broj zrakoplova od maksimalno dopuštenog. Sektorizaciju određuje šef smjene zajedno sa FMP (*Flow Management Position*) kontrolorom

ovisno o prometnoj potražnji i kompleksnosti prometa. Svakom novom sektorizacijom potrebno je preraspodijeliti kontrolore po sektorima, odnosno što je veći broj otvorenih sektora potreban je veći broj dostupnih kontrolora. Što znači da broj potrebnih kontrolora ovisi o količini prometa. U Hrvatskoj, ukupan broj zrakoplova unutar jednog dana koji leti unutar FIR Zagreb ovisi o periodu godine, odnosno postoji sezonalnost prometa. Tijekom zime FIR Zagreb bilježi znatno manji broj zrakoplova koji lete kroz njega, nego što je to tijekom ljeta (sezone). Što znači da je tijekom sezone potreban veći broj dostupnih kontrolora kako bi se omogućilo otvaranje većeg broja sektora.

Na slici 2 prikazana je osnovna konfiguracija "c1" koja se sastoji samo od *Basic* sektora te on pokriva cijeli zračni prostor FIR Zagreb. Takav sektor otvoren je 24 sata dnevno, 7 dana u tjednu te se on nikada ne zatvara. Tijekom noći najčešće je otvoren samo taj jedan sektor osim ako prometna situacija ne zahtijeva drukčije. Tijekom dana, u odnosu na prometnu potražnju, *Basic* sektor se dijeli na više sektora. Broj otvorenih sektora se kreće povećavati u rano jutarnjim satima sve do kasnih večernjih sati kada se broj otvorenih sektora smanjuje te je opet otvoren najčešće samo *Basic* sektor ("c1" konfiguracija).



Slika 2. Osnovna konfiguracija "c1" - Basic sektor

U HKZP-u je moguće otvoriti 16 sektora u normalnim operacijama uključujući i Central sektor. FIR Zagreb je podijeljen vertikalno i lateralno u manje volumene zračnog prostora.

3.1. Vertikalna podjela zračnog prostora

Kao što je već spomenuto, FIR Zagreb se dijeli na donji zračni prostor od 1000ft AGL iznad gornjih granica CTR i TMA do FL285 i na gornji zračni prostor od FL285 do FL660. Prostor slobodnih ruta SECSI FRA se proteže od FL205 do FL660. [5]

Sektori unutar FIR Zagreb su podijeljeni vertikalno kako slijedi:

a) LOWER sektor:

- od zemljine površine do FL325
- unutar Zagreb FIR izvan područja odgovornosti FIC Zagreb (kada je operativan), izvan područja gdje je pružanje operativnih usluga zračnog prometa delegirano drugom pružatelju i izvan granica TMA

b) UPPER sektor:

- od FL325 do FL355 / FL365
- izvan područja gdje je pružanje operativnih usluga zračnog prometa delegirano drugom pružatelju

c) HIGH sektor:

- od FL355 / FL365 do FL375
- izvan područja gdje je pružanje operativnih usluga zračnog prometa delegirano drugom pružatelju

d) TOP sektor:

- od FL375 do FL660
- izvan područja gdje je pružanje operativnih usluga zračnog prometa delegirano drugom pružatelju [4]

NM	C		WM	S
NV		WV		
TN	TC		TW	TS
	TCN	TCW		
HN37	HC37		HW37	HS37
	HCN37	HCW37		
HN36	HC36		HW36	HS36
	HCN36	HCW36		
UN	UC		UW	US
	UCN	UCW		
LN	LC		LW	LS
	LCN	LCW		
Q			AM	
			AV	
			AC	
			Z	
QW				

Slika 3. Osnovna sektorizacija ACC Zagreb, [4]

Na slici 3 su prikazane kratice za elemente koji sačinjavaju elementarne sektore i ključ za kolapsirane sektore - više elementarnih spojenih u jedan sektor je kolapsirani. Naprimjer LC (LOWER CENTRAL) je nedjeljiv. LCN (LOWER CENTRAL NORTH) i LCW (LOWER CENTRAL WEST) su dva elementa od kojih se sastoji elementarni sektor LC. Isti takav nedjeljivi elementarni sektor je LS (LOWER SOUTH). Također se može vidjeti osnovna sektorizacija ACC Zagreb s pomaknutom razdjelnom razinom leta (*Divison Flight Level - DFL*). Sektori s pomaknutom razdjelnom razinom leta služe kako bi se lakše re-sektorizirala podjela zračnog prostora, odnosno smanjilo radno opterećenje sektora, tako što se određeni dio zračnog prostora (jedan level - FL350 ili FL360) dodjeli već otvorenom sektoru koji u tom trenutku nije pod opterećenjem. Konkretni primjer je kada su otvoreni sektori LOWER UPPER (UL) WEST - upper limit je FL355 i HIGH TOP (TH) WEST - lower limit je FL355. U trenutku kada kontrolor na sektoru TH WEST kontrolira 5 zrakoplova više od maksimalnog kapaciteta, a kontrolor na sektoru ispod - UL WEST kontrolira broj zrakoplova koji je ispod maksimalnog kapaciteta sektora. Ukoliko bi se FL360 dodijelio sektoru UL WEST te broj zrakoplova koji leti na tom FL zajedno s ostalim prometom unutar tog sektora ne bi prelazio preko maksimalnog dopuštenog, radi se re-sektorizacija. S takvim postupkom smanjilo se radno opterećenje na sektoru TH WEST bez razdvajanja sektora na HIGH WEST i TOP WEST,

odnosno bez otvaranja novog sektora za koji su potrebni još dva kontrolora. Iz navedenog razloga UPPER sektor ima dvije gornje granice.

3.2. Lateralna podjela zračnog prostora

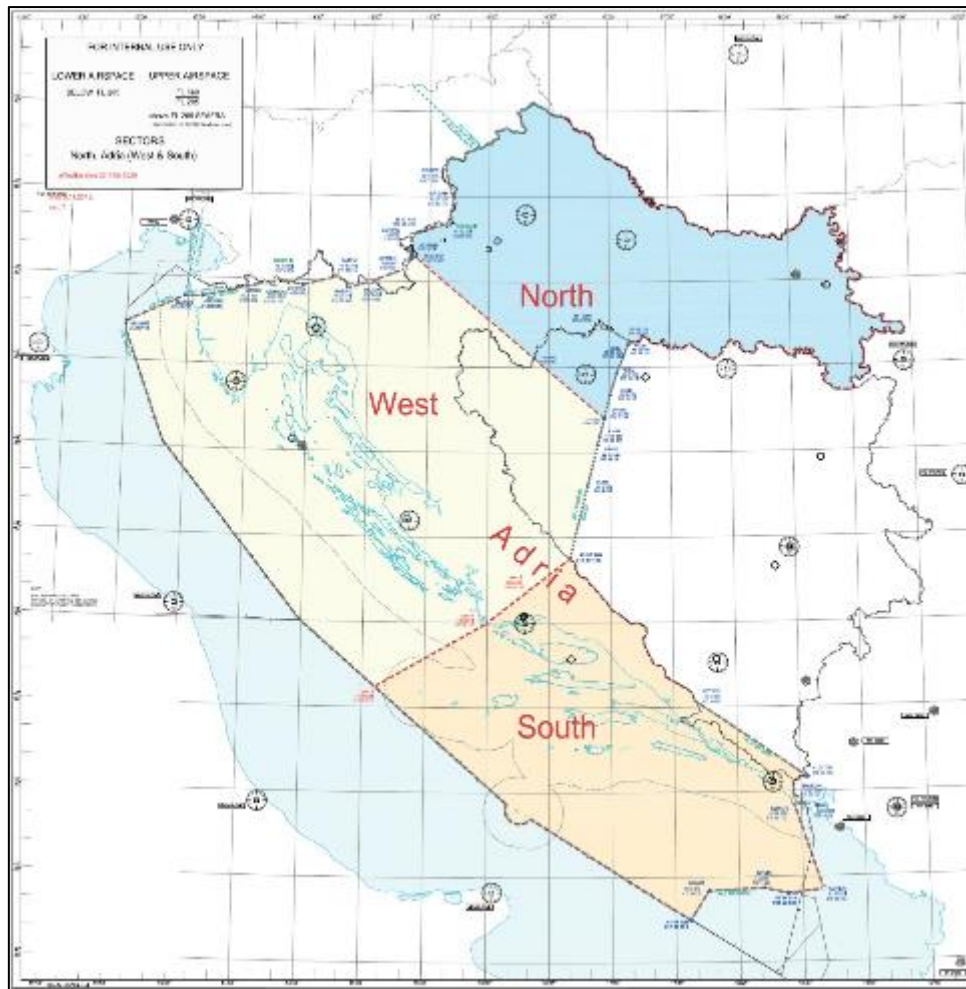
FIR Zagreb lateralno se dijeli na iduće osnovne sektore:

- WEST (W)
- NORTH (N)
- SOUTH (S)
- CENTRAL (C) / NORTHNORTH (NN) / WESTWEST (WW)
- izvan područja gdje su usluge zračnog prometa delegirane drugom pružatelju. [4]

Na slici 1 također je prikazana lateralna podjela FIR Zagreb s integriranim CENTRAL sektorom. Kada je otvoren CENTRAL sektor, sektori NORTH i WEST dobivaju naziv NORTH mali (NM) i WEST mali (WM).

Kada promatramo lateralnu podjelu FIR Zagreb sa sektorima NORTH, WEST i SOUTH, što se može vidjeti na slici 4, sektori NORTH i WEST dobivaju naziv NORTH veliki (NV) i WEST veliki (WV). Kada su WEST i SOUTH spojeni, takvom sektoru se dodjeljuje naziv ADRIA.

Radi se zapravo o dva ACC-a unutar istog prostora, jedan je podijeljen na 3 lateralna sektora (NV, WV i S), a drugi na 4 lateralna sektora (NM, WM, C i S). Dijelovi od N i W sektora se od istih odvajaju (npr. LCN i LCW) i spajaju zajedno u CENTRAL sektor. Ovakva organizacija je zapravo rijetka i ukazuje na veliku dinamiku promjena u svakodnevnom radu. Plan za sezonu 2021. godine je da se napusti kompletno 3 - lateralna organizacija i pređe isključivo na organizaciju sa 4 lateralna sektora i dinamičkim DFL 355-365.



Slika 4. Lateralna podjela FIR Zagreb bez CENTRAL sektora, [4]

Za lakše razumijevanje podjele zračnog prostora FIR Zagreb, u tablici 2 prikazana je vertikalna i lateralna (geografska) podjela. Pomoću tablice može se zaključiti da je unutar FIR Zagreb moguće otvoriti 16 elementarnih sektora.

Tablica 2. Vertikalna i lateralna podjela FIR Zagreb

		LATERALNA PODJELA			
		ADRIA		CENTRAL	
		SOUTH	WEST	NORTH	
VERTIKALNA PODJELA	TOP	TS	TW	TC	TN
	HIGH	HS	HW	HC	HN
	UPPER	US	UW	UC	UN
	LOWER	LS	LW	LC	LN

Izvor: [4]

3.3. Otvaranje i zatvaranje sektora

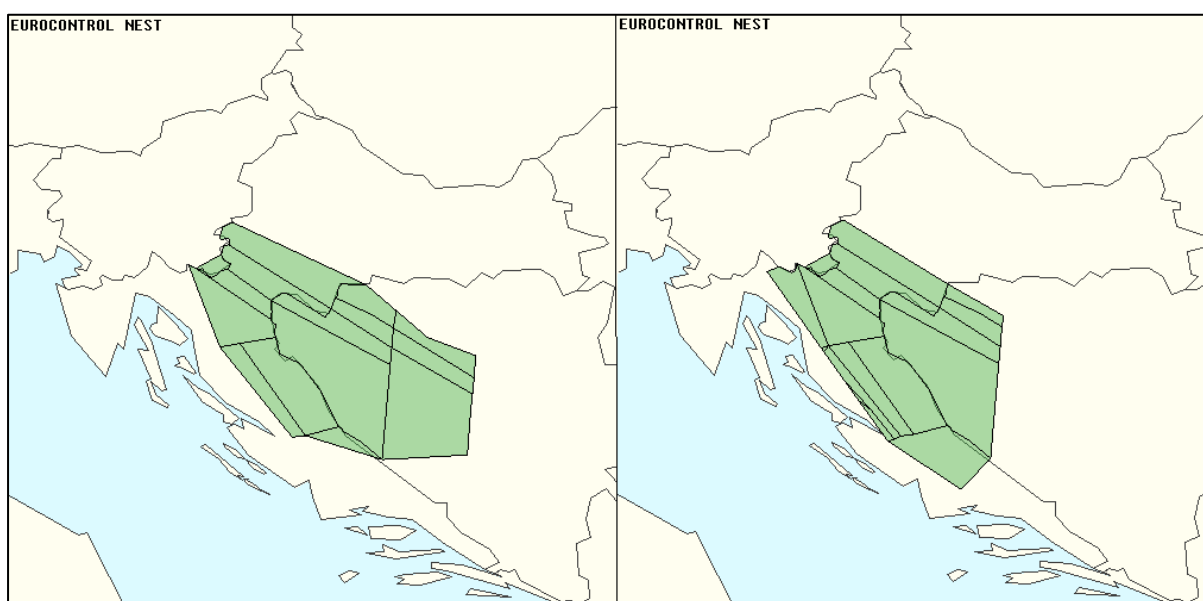
Otvaranje i zatvaranje sektora je postupak kojim se radi re-sektorizacija već aktivnih sektora. Postupak re-sektorizacije podrazumijeva dijeljenje jednog sektora na dva nova prilikom prelaženja maksimalnog broja zrakoplova unutar tog sektora ili spajanje dva sektora u jedan ukoliko se broj zrakoplova dovoljno smanji unutar ta dva sektora da ne prelazi maksimalan dopušteni. Svaki sektor ima zasebni kapacitet. Šef smjene u koordinaciji s FMP kontrolorom donosi odluke o otvaranju i zatvaranju sektora. To podrazumijeva:

- donošenje odluka o primjeni *Air Traffic Flow and Capacity Management (ATFCM)* mjera,
- praćenje prometnog opterećenja kako bi se pravilno odredilo upravljanje prometnih tokova,
- aktivaciju potrebnih sektorskih konfiguracija uzimajući u obzir trenutna i očekivana prometna opterećenja te tok prometa,
- u uskoj suradnji s FMP kontrolorom ističe područja nedovoljnog kapaciteta ATC-a.

Prilikom planiranja potrebnih sektorskih konfiguracija važno je uzeti u obzir nepredviđene događaje kao što su: manjak operativnog osoblja, kvar opreme, povećana razina prometa nakon poremećaja uslijed vremenski nepogoda, povećana razina prometa uslijed toka prometa vezanog za turizam, međunarodni sportski događaji ili vojne aktivnosti,... FMP kontrolor procjenjuje potražnju prometa prema prikupljenim podacima koje uspoređuje s kapacitetima kritičnih sektora te procjenjuje moguću opterećenost sektora. Na osnovu procjene preporučuje šefu smjene aktivaciju/deaktivaciju određenih sektora ili izmjenu plana konfiguracije sektora. [4]

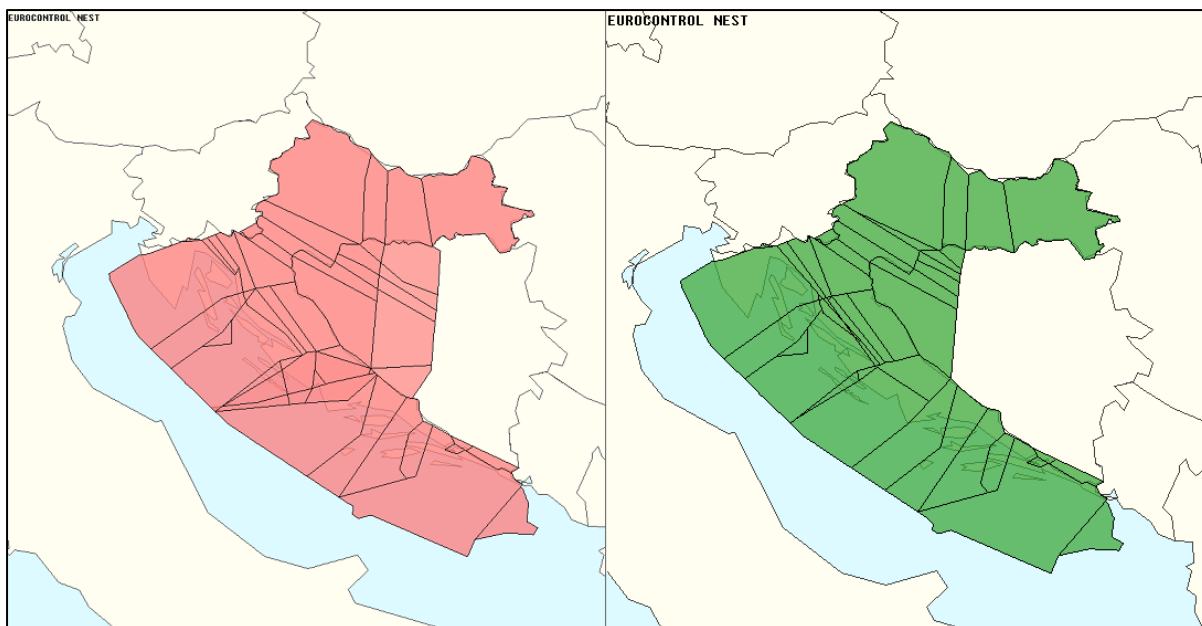
4. SIMULACIJA PROMETNIH TOKOVA I ODREĐIVANJE PROMETNOG OPTEREĆENJA ZA NAJOPTEREĆENIJI SEKTOR U 2019. GODINI

U 2019. godini podjela zračnog prostora se razlikovala od trenutno aktualne. Integrirani CENTRAL sektor se prostirao samo od FL355 do FL660 te se geografski razlikuje od novog koji je uveden 27.02.2020. godine. Geografska razlika CENTRAL sektora može se vidjeti na slici 5, gdje je na lijevoj strani slike prikazan CENTRAL sektor do 27.02.2020., a na desnoj od 27.02.2020. godine.



Slika 5. Usporedba geografskog položaja CENTRAL sektora

HKZP je do 5.12.2019. godine imao nadležnost nad prostorom FIR Sarajevo od BOSNA linije do KOMAR linije iznad FL325. Na slici 6 je prikazano područje odgovornosti FIR Zagreb prije 5.12.2019. godine (lijeva strana slike) i poslije (desna strana slike).

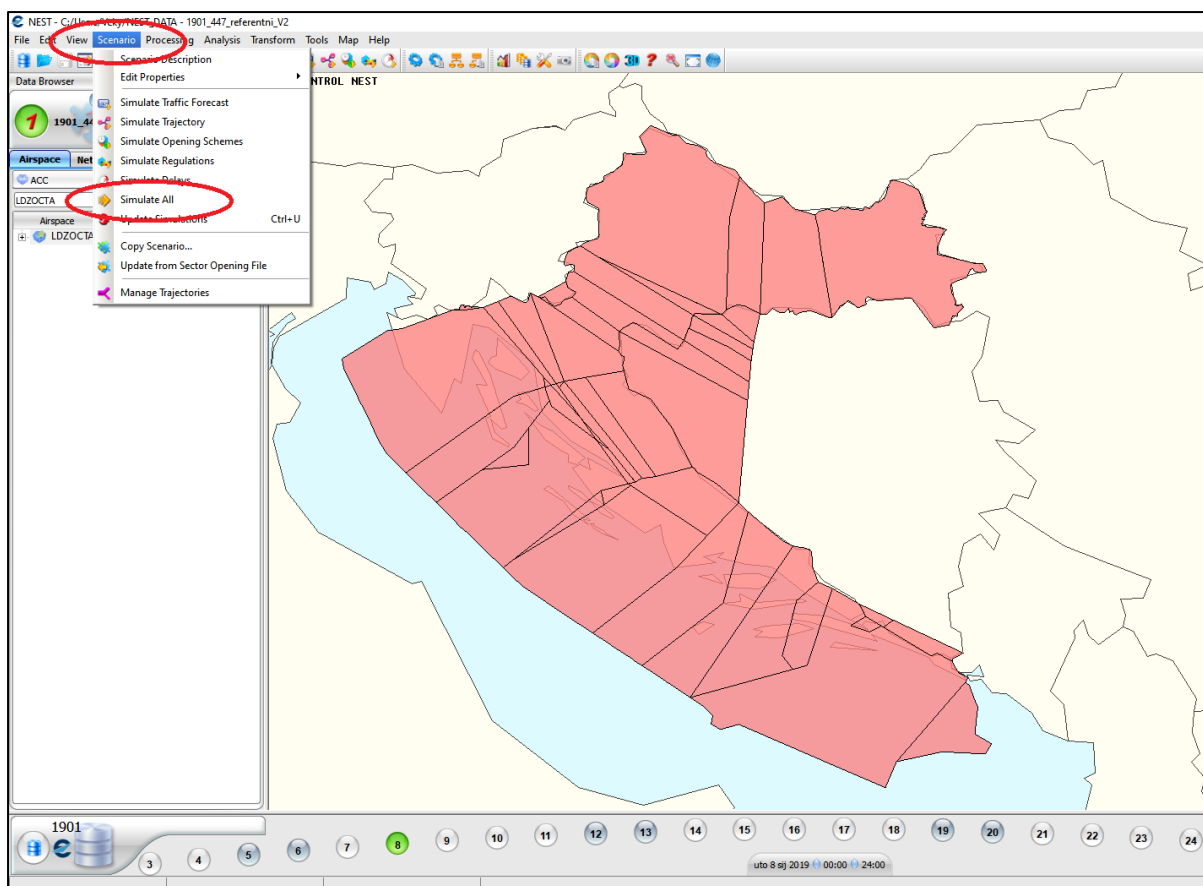


Slika 6. Usporedba područja odgovornosti HKZP-a

U simulaciji prometnih tokova i određivanju prometnog opterećenja za najopterećeniji sektor u 2019. godini simulirat će se promet kroz tada aktualnu podjelu zračnog prostora kako bi se prikazalo stvarno stanje i opterećenje unutar AoR u 2019. godini.

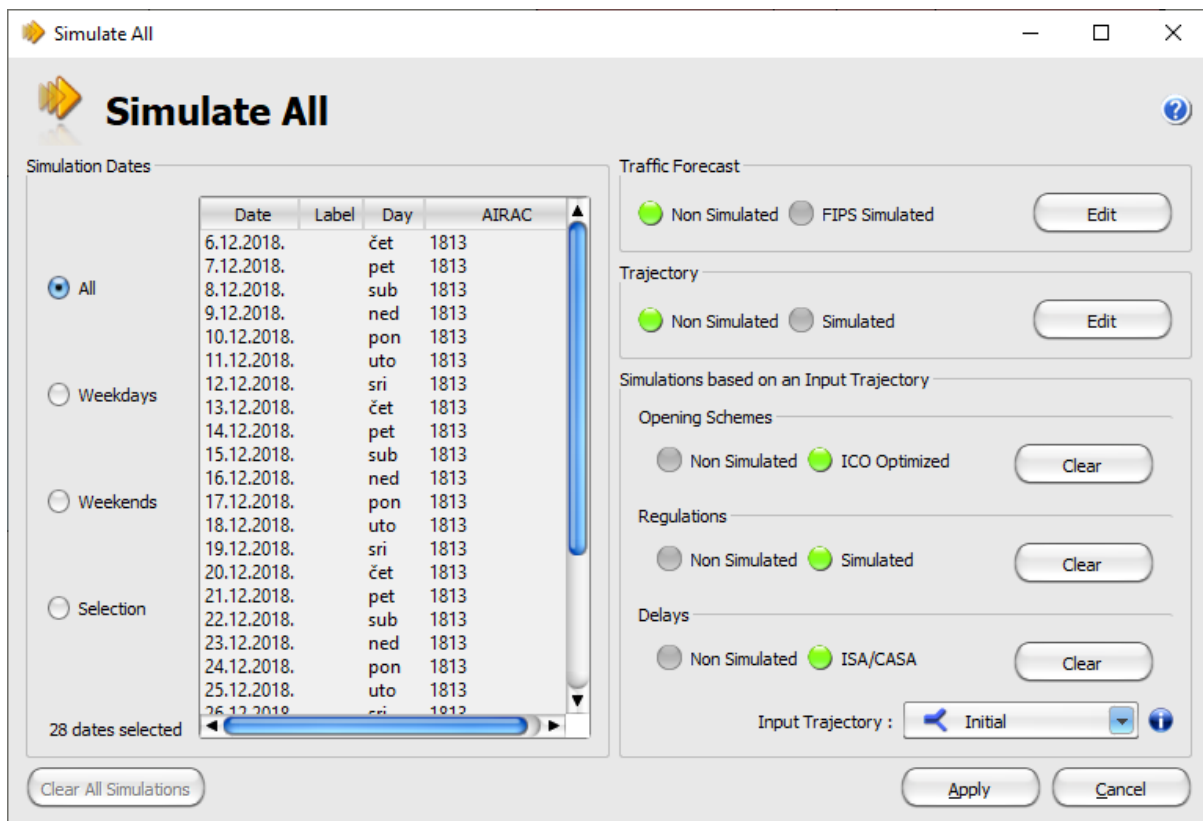
4.1. Proces dobivanja podataka u analitičkom programu NEST

Za mogućnost analiziranja prometne potražnje i usporedbe podataka svih godina, potrebno je simulirati prometne tokove u 2019. godini kako bi se simulirani podaci uspoređivali sa simuliranim, inače usporedba ne bi bila relevantna. Simulacija prometnih tokova se u programu NEST može napraviti pomoću opcije „Scenario“ i sučelja „Simulate All“ (slika 7).



Slika 7. Prikaz opcije simulacije u programu NEST

Simulaciju je potrebno napraviti za sve AIRAC cikluse unutar jedne godine. Stoga je prvi korak izabrati prvi AIRAC ciklus (1813), nakon toga 1901 i tako sve do 1913. Klikom na „*Simulate All*“ otvara se izbornik u kojem se mogu izabrati datumi unutar AIRAC ciklusa koji je otvoren te napraviti izmjene u filtrima. Prvi AIRAC ciklus 1813 sadrži dva dana iz 2019. godine te se za taj ciklus selektivno odabiru ta dva datuma. Na isti način treba selektivno odabrati u AIRAC ciklusu 1913 sve datume do kraja 2019. godine. Za ostale AIRAC cikluse treba označiti sve datume („*All*“). Izbornik „*Simulate All*“ sa mogućim filtrima prikazan je na slici 8.

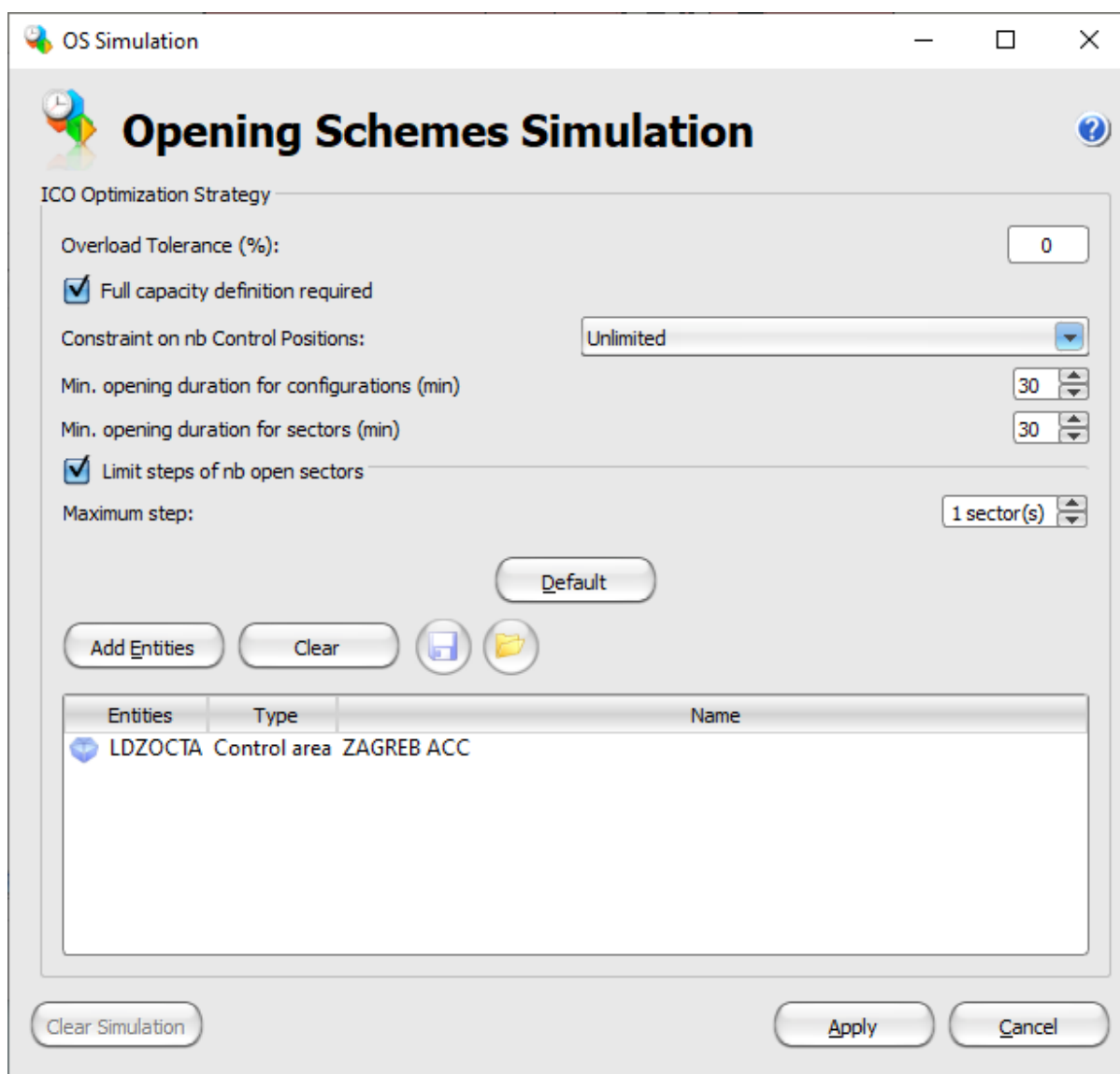


Slika 8. Izbornik „Simulate All“ za 2019. godinu

Filtri omogućavaju izmjene vezano za:

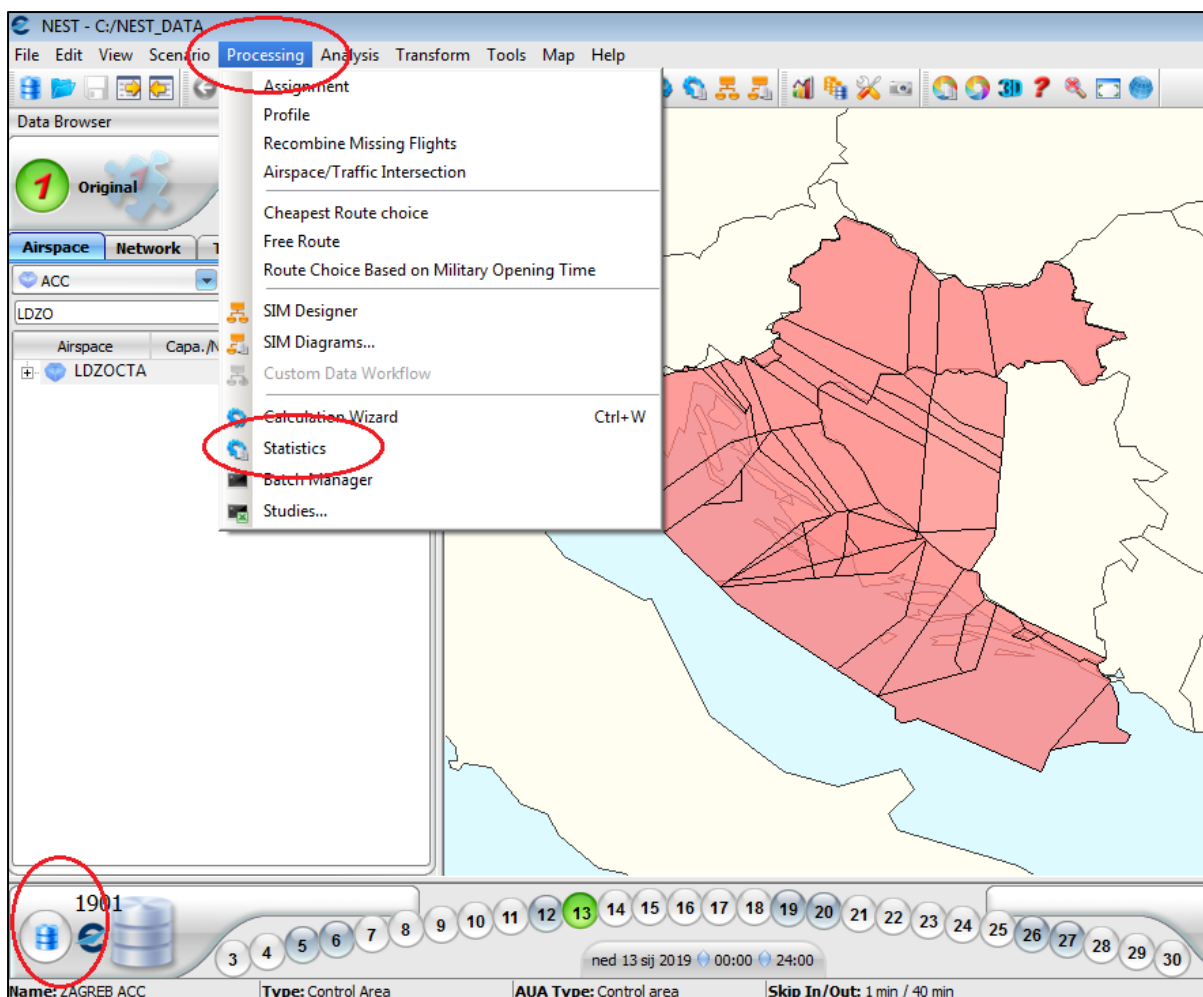
- prognozu prometa („*Traffic Forecast*“)
- shemu otvaranja sektora („*Opening schemes*“)
- regulacije („*Regulations*“)
- kašnjenje („*Delays*“)

Za simulaciju prometa u 2019. godini nije korišten filter prognoza prometa, jer se simulira protekla godina. U filteru shema otvaranja sektora mogu se definirati tolerancija preopterećenja, da li je potreban potpuni kapacitet, trajanje konfiguracija i sektora, način otvaranja sektora i zračni prostor promatranja. U ovom slučaju je označen filter potpuni kapacitet, označeno je da sektori i konfiguracije moraju trajati minimalno 30 minuta, da se sektori otvaraju jedan po jedan i prostor promatranja LDZOCTA (slika 9). U filteru „*Regulations*“ unesen je ponovno prostor promatranja LDZOCTA te je u „*Delays*“ označeno „*Apply*“ kako bi dobili podatke vezano za kašnjenje.



Slika 9. Shema otvaranja sektora

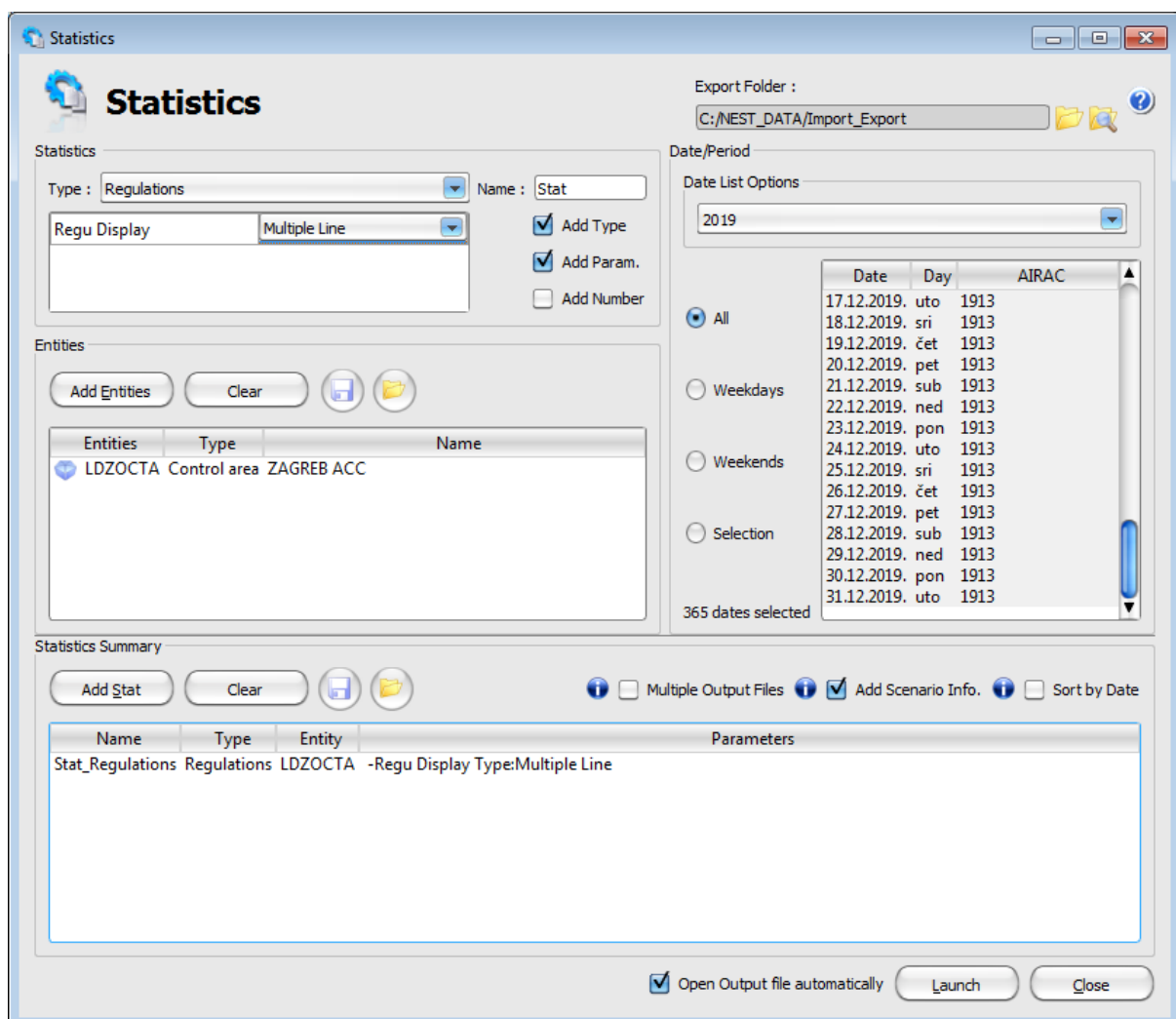
Nakon simulacije AIRAC ciklusa za cijelu 2019. godinu, sljedeći korak je učitavanje traženih podataka. Analitički program NEST pomoću opcije "*Processing*", u kojoj se nalazi višestruki izbor analize podataka, omogućuje generiranje tekstualnih datoteka sa statističkim podacima za bilo koji prostor u dostupnim datumima godine koji se nazivaju AIRAC ciklusi. Potreban AIRAC datum, ovisno o periodu godine koji se promatra, može se izabrati u donjem lijevom kutu unutar programa.



Slika 10. Prikaz opcija analize podataka u programu NEST

Za potrebe određivanja najopterećenijeg sektora u 2019. godini korištena je opcija "Statistics". Izbornik "Processing" i "Statistics" prikazane su na slici 10 zajedno sa opcijom izbora AIRAC ciklusa. Odabirom "Statistics" otvara se izbornik paket statistika koje definira korisnik po potrebama analize. Ovo sučelje omogućuje korisnicima definiranje, spremanje i učitavanje statističkih paketa i pokretanje na bilo koji datum iz dostupnih AIRAC ciklusa. Statistike se mogu zapisati u Excel datoteke ili tekstualne datoteke, ovisno o ekstenziji imena izlazne datoteke (.xls ili .txt). Za lakšu analizu izlaznih podataka korištena je Excel datoteka. Podaci, pomoću kojih se može analizirati promet unutar promatranog perioda te izdvojiti najopterećeniji sektori, dostupni su pomoću odabira više opcija unutar već spomenutog sučelja. Kako bi program NEST zabilježio potrebne podatke za obradu najopterećenijeg sektora unutar 2019. godine, potrebno je označiti tip statistike, u ovom slučaju to je „Regulations“ (Regulacije). Na taj način u izlaznoj datoteci će biti dostupni

podaci vezano za kašnjenje, regulacije, trajanje regulacija i razlog kašnjenja. Moguće je učitavanje podataka za jedan po jedan AIRAC ciklus ili za cijelu godinu odjednom. Za potrebe ovog diplomskog rada nužno je analizirati sve AIRAC cikluse unutar 2019. godine kako bi se izdvojili sektori s najvećim brojem minuta kašnjenja te izračunao njihov udio od ukupnog (godišnjeg) broja minuta kašnjenja. Stoga je izabrano u opciji popisa datuma cijela 2019. godina. Također je potrebno označiti zračni prostor unutar kojeg se analiziraju podaci. Kratica LDZOCTA označuje prostor nadležnosti HKZP-a (promatrani prostor za analizu podataka prometa). Sve navedene opcije izabrane u sučelju "Statistics" prikazane su na slici 11.



Slika 11. Sučelje "Statistics" u programu NEST

Za izračun koliko je bilo minuta kašnjenja po letu potrebno je u sučelju „Statistics“ izabrati tip statistike „Demand“. Tim korakom se može dobiti uvid u potražnju prometa kroz promatrani period.

Nakon definiranja uvjeta analize, naredba "Launch" učitava sve odabrane filtre i ispisuje podatke u Excel datoteku (tablicu). Izgled takve tablice prikazan je na slici 12.

	A	B	C	D	E	F	G	H
14	Scenario 13	AIRAC :	1913	Scenario :	Original	Monitoring Mode :	Entries, Integ 20, Sliding 10, hourly capas / 3, skip All	NM Regulations :
15	date	Scenario	ID	airspace type	Stat name	regu ID	TV ID	Ref. Loc. ID
16	17.4.2019	Scenario 4	LDZOCTA	ACC	Stat_Regulations	LDULWX17	LDULWX	LDZOULW
17	17.4.2019	Scenario 4	LDZOCTA	ACC	Stat_Regulations	LDULNX17	LDULNX	LDZOULN
18	27.4.2019	Scenario 5	LDZOCTA	ACC	Stat_Regulations	LDNX27	LDNX	LDZON
19	28.4.2019	Scenario 5	LDZOCTA	ACC	Stat_Regulations	LDHAX28M	LDHAX	LDZOHA
20	5.5.2019	Scenario 5	LDZOCTA	ACC	Stat_Regulations	LDULAX05	LDULAX	LDZOULA
21	5.5.2019	Scenario 5	LDZOCTA	ACC	Stat_Regulations	LDULAX05	LDULAX	LDZOULA
22	5.5.2019	Scenario 5	LDZOCTA	ACC	Stat_Regulations	LDHWX05	LDHWX	LDZOHW
23	12.5.2019	Scenario 5	LDZOCTA	ACC	Stat_Regulations	LDUWX12M	LDUWX	LDZOUW
24	23.5.2019	Scenario 6	LDZOCTA	ACC	Stat_Regulations	LDHWX23	LDHWX	LDZOHW
25	25.5.2019	Scenario 6	LDZOCTA	ACC	Stat_Regulations	LDHULX25	LDHULSX	LDZOHULSX
26	25.5.2019	Scenario 6	LDZOCTA	ACC	Stat_Regulations	LDHULX25	LDHULSX	LDZOHULSX
27	26.5.2019	Scenario 6	LDZOCTA	ACC	Stat_Regulations	FL1LDH26	FL1LDH	LDZOTH
28	26.5.2019	Scenario 6	LDZOCTA	ACC	Stat_Regulations	LDULA26A	LDULAX	LDZOULA
29	27.5.2019	Scenario 6	LDZOCTA	ACC	Stat_Regulations	LDHWX27M	LDHWX	LDZOHW
30	28.5.2019	Scenario 6	LDZOCTA	ACC	Stat_Regulations	LDLAX28	LDULAX	LDZOULA
31	28.5.2019	Scenario 6	LDZOCTA	ACC	Stat_Regulations	LDLAX28	LDULAX	LDZOULA
32	29.5.2019	Scenario 6	LDZOCTA	ACC	Stat_Regulations	LDHAX29	LDHAX	LDZOHA
33	29.5.2019	Scenario 6	LDZOCTA	ACC	Stat_Regulations	LDULAX29	LDULAX	LDZOULA
34	31.5.2019	Scenario 6	LDZOCTA	ACC	Stat_Regulations	LDHWX31	LDHWX	LDZOHW
35	1.6.2019	Scenario 6	LDZOCTA	ACC	Stat_Regulations	LDUW01A	LDUWX	LDZOUW
36	1.6.2019	Scenario 6	LDZOCTA	ACC	Stat_Regulations	LDHWX01E	LDHWX	LDZOHW
37	1.6.2019	Scenario 6	LDZOCTA	ACC	Stat_Regulations	LDHWX01E	LDHWX	LDZOHW
38	1.6.2019	Scenario 6	LDZOCTA	ACC	Stat_Regulations	LDULWX01	LDULWX	LDZOULW

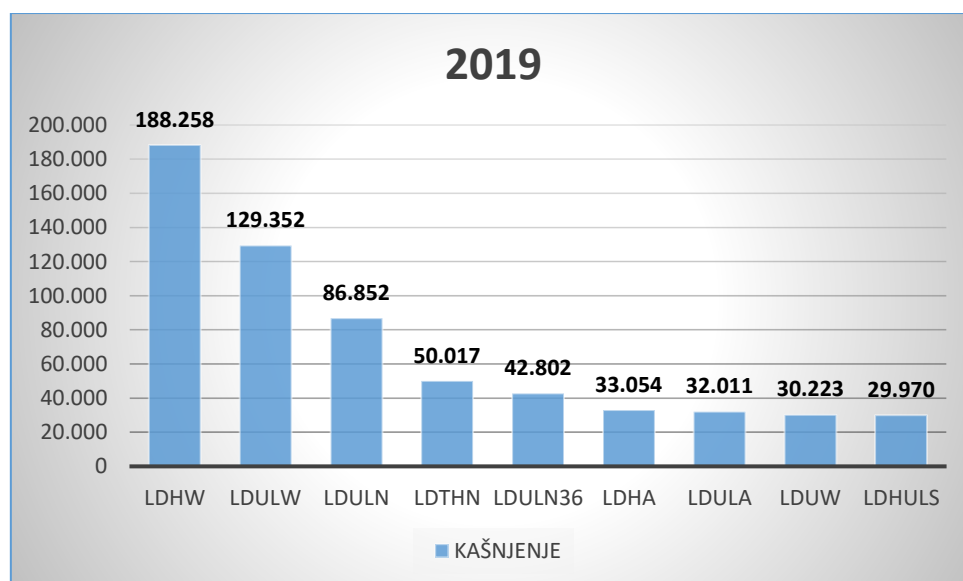
Slika 12. Primjer Excel datoteke s rezultatima sučelja "Statistics"

U procesu analize dobivenih podataka pomoću zaokretne tablice izdvojeni su potrebni podaci za određivanje najopterećenijeg sektora, kao što su: "TV ID" (naziv sektora) i "Total delay" (ukupno kašnjenje). Jedan od indikatora opterećenosti sektora je kašnjenje (delay), izraženo u minutama, koje je zabilježeno kroz taj sektor u promatranom periodu. Kašnjenje zrakoplova unutar određenog zračnog prostora/sektora može biti rezultat više faktora. Jedan od njih su meteorološki uvjeti (weather), ATC kapacitet (ATC Capacity),... Kada je ATC kapacitet razlog kašnjenja to znači da pružatelj usluga u tom zračnom prostoru nije mogao primiti veći broj zrakoplova od trenutnog zbog maksimalnog kapaciteta određenog sektora i/ili zbog manjka broja dostupnih kontrolora od potrebnog kako bi se otvorilo što više sektora. Točnije potražnja je veća od ponude. Broj dostupnih kontrolora utječe na maksimalni mogući broj operativnih sektora u tom satu/danu. Postupak je

ponovljen dva puta. Jedan put za dobivanje podataka stvarnog prometa iz 2019. godine, a drugi put za simulirane podatke.

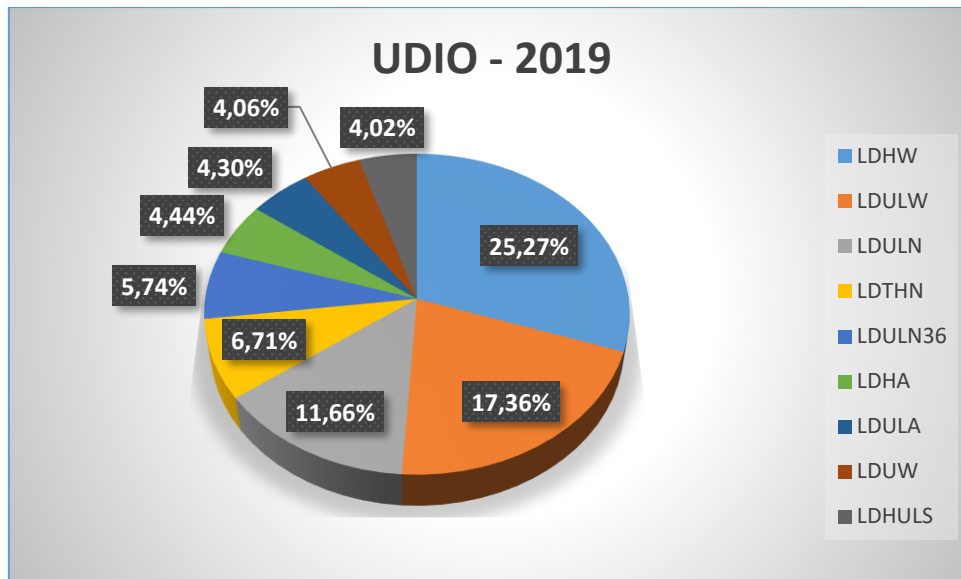
4.2. Određivanje najopterećenijeg sektora u 2019. godini

Prema dobivenim podacima za stvarni promet u 2019. godini analizirano je opterećenje sektora, odnosno izdvojeni su sektori s najvećim kašnjenjem, a koji imaju udio u ukupnom kašnjenju 4 i više posto. Ukupan broj minuta kašnjenja u 2019. godini iznosi 745.114 po stvarnom prometu, od čega je elementarni sektor HIGH WEST (HW) imao 188.258 minuta te tako zauzima prvo mjesto po opterećenosti. Na drugom mjestu je LOWER UPPER WEST (ULW) s 129.352 minuta kašnjenja. Prvih devet najopterećenijih sektora u 2019. godini su prikazani na grafikonu 1.



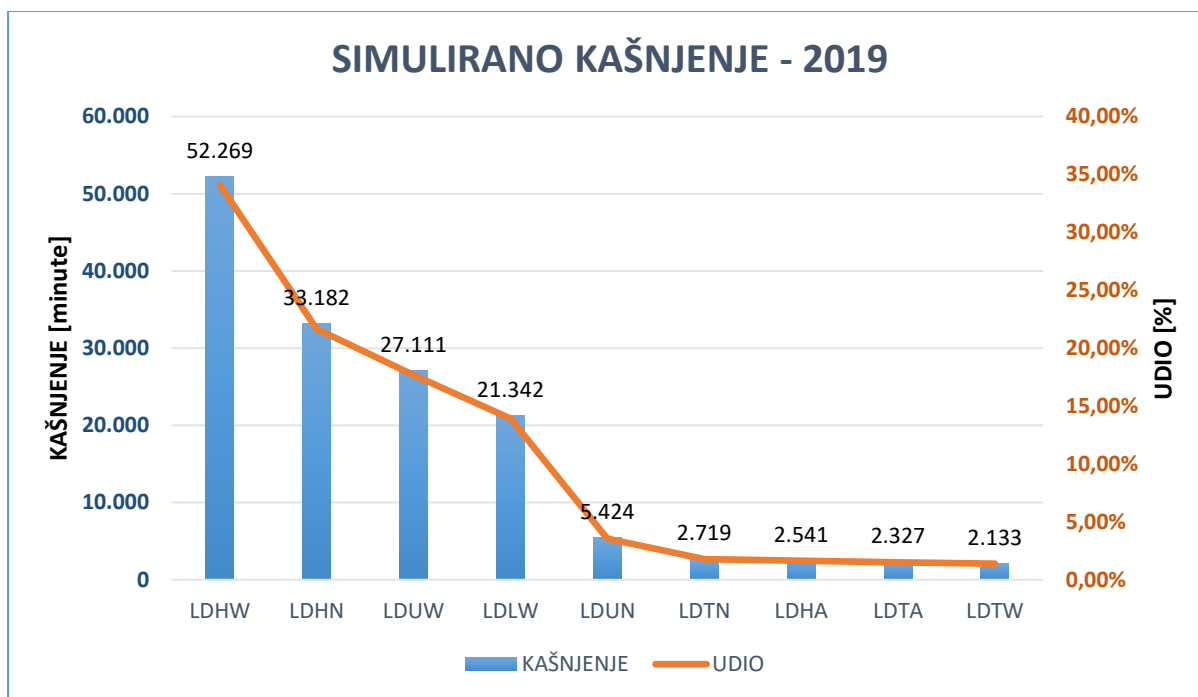
Grafikon 1. Najopterećeniji sektori u 2019. godini po stvarnom prometu

Udio zabilježenih minuta kašnjenja u HW sektoru od ukupnog broja je 25,27%. Idući je ULW s 17,36%. Udio minuta kašnjenja izdvojenih sektora od ukupnog broja prikazan je na grafikonu 2. U 2019. godini je 656.307 letova prošlo kroz FIR Zagreb. Što znači da je bilo 1,13 minuta kašnjenja po letu u toj godini.



Grafikon 2. Udio kašnjenja najopterećenijih sektora po stvarnom prometu

Na grafikonu 3 su prikazani podaci dobiveni simulacijom 2019. godine. Na lijevoj (primarnoj) okomitoj osi se nalaze vrijednosti kašnjenja izražene u minutama, dok se na desnoj (sekundarnoj) okomitoj osi nalazi udio od ukupnog broja minuta kašnjenja izražen kao postotak. U simuliranom scenariju, u 2019. godini zabilježeno je 153.298 minuta kašnjenja te je najopterećeniji sektor bio također HW s 34,10% udjela kašnjenja od ukupnog broja minuta. Iduća dva najopterećenija sektora su HIGH NORTH (HN) s 33.182 minute kašnjenja i UPPER WEST (UW) s 27.111 minuta. Razlika u ukupnom broju minuta kašnjenja simuliranog prometa i stvarnog nastaje zbog toga što NEST u svoju analizu ne može uračunati kašnjenja koja nastaju zbog utjecaja vremenskih uvjeta, vojnih vježbi (otvaranje vojnih zona) i ostalih razloga.



Grafikon 3. Najopterećeniji sektori u simuliranoj 2019. godini

Visoki udio kašnjenja unutar samo jednog elementarnog sektora (HW) te veliki broj minuta kašnjenja po letu, su bili indikatori da se moraju napraviti promjene vezane za osnovnu podjelu sektora. Zato se uvodi novi CENTRAL sektor koji preuzima dio prostora, a i zrakoplova koji su trebali pripadati WEST i NORTH sektoru. Cilj je da se promjenom granica WEST sektora smanji opterećenje, odnosno potražnja unutar njega, na način da se preraspodijeli potražnja (broj zrakoplova) na WEST i CENTRAL sektor.

Cilj ovog diplomskog rada je testirati održivost ove nove organizacije zračnog prostora sa primijenjenim STATFOR povećanjem (prije COVID 19 krize). Dogovoreno je da će se za okidač ponovne potrebe za revizijom zračnog prostora koristiti isti omjer, dakle kada bilo koji elementarni sektor bude uzrok više od 25% ukupnog kašnjenja zaključit će se da je potrebna revizija organizacije zračnog prostora. Razlog tome je nedjeljivost elementarnih sektora pa je promjena u prostoru zapravo jedino rješenje za takav odnos. Daljnjom simulacijom budućeg prometa prema STATFOR prognozi i analizom dobivenih podataka može se izdvojiti godina koja će po povećanoj potražnji, a time i većim ukupnim brojem minuta kašnjenja, prekoračiti nove kapacitete dobivene ovom preraspodjelom sektora u 2019. godini. Pomoću analize utjecaja povećanja prometa i predviđanja iskorištenosti

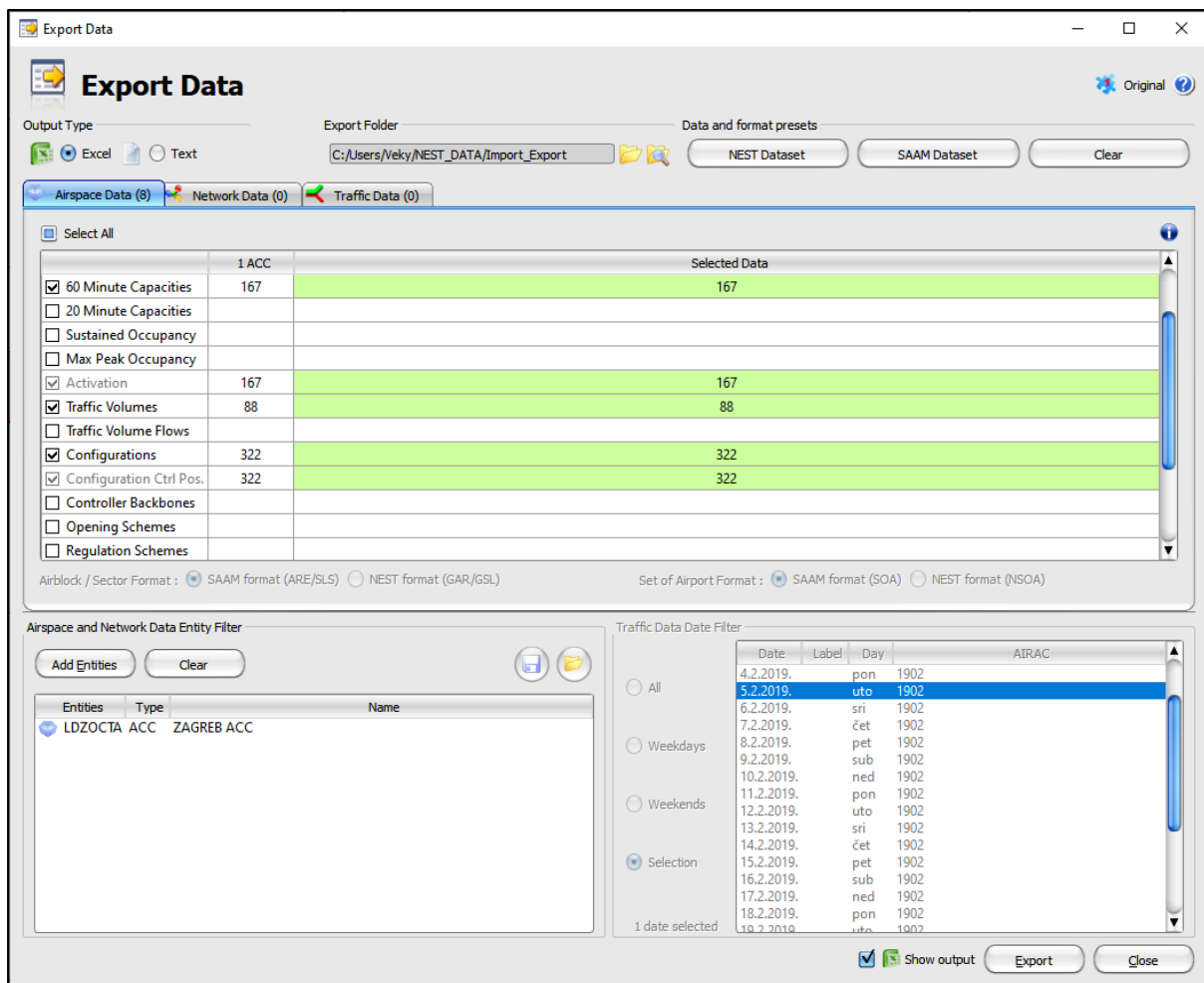
kapaciteta sektora moguće je proaktivno planiranje preraspodjele osnovnih sektora unutar FIR Zagreb kako bi se kapaciteti, odnosno ponuda prilagodila potražnji. Trenutna kriza uzrokovana COVID 19, a nakon nje i ekonomskom krizom sigurno će odgoditi potrebu za novim rješenjem, ali ono je strateški neupitno.

5. SIMULACIJA BUDUĆEG TEORIJSKOG POVEĆANJA PROMETA I ODREĐIVANJE PROMETNOG OPTEREĆENJA ZA NAJOPTEREĆENIJI SEKTOR

S obzirom na trenutno epidemiološko stanje vezano za COVID 19 koje je pogodilo cijeli svijet, a samim time i zračni promet, EUROCONTROL STATFOR u 2020. godini do trenutka izrade ovog diplomskog rada nije objavio novu prognozu. Stoga će se za potrebe određivanja utjecaja povećanja prometne potražnje na kapacitete i trenutnu podjelu zračnog prostora unutar FIR Zagreb koristiti zadnje objavljene prometne prognoze i to iz veljače i rujna 2019. godine, dakle prije COVID 19 krize.

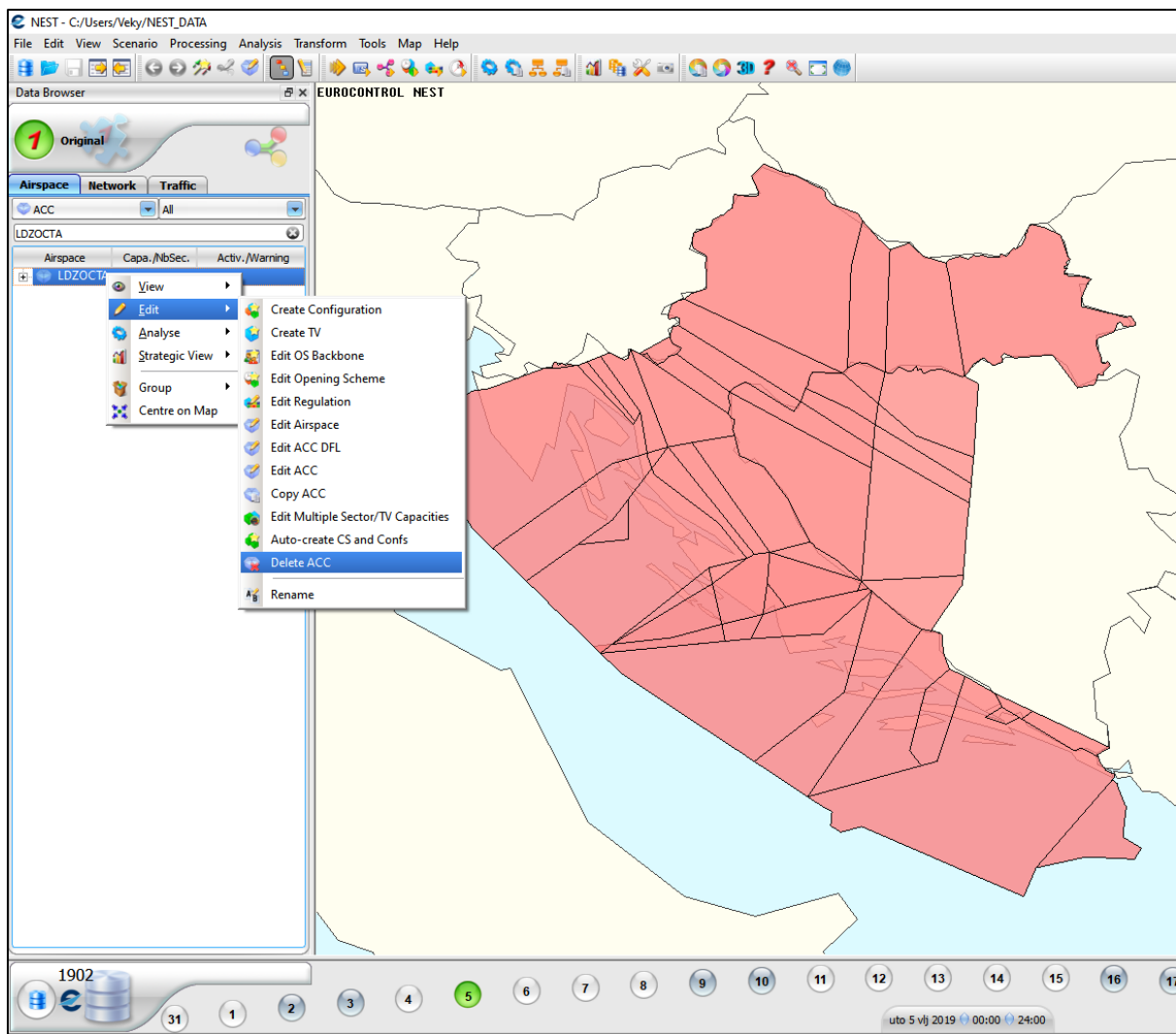
5.1. Simulacija budućeg teorijskog povećanja prometa

Prije same simulacije prometnih tokova moguće je postaviti određene postavke koje definiraju simulaciju. Da bi simulirali promet kroz aktualni zračni prostor potrebno je napraviti izmjenu prostora ukoliko je promjena nastala između dvije promatrane godine. To je moguće na način da se iz novog AIRAC ciklusa u kojem su promjene već implementirane naredbom „*Export Data*“ kopiraju karakteristike zračnog prostora u Excel datoteku. Klikom na „*File*“ i odabirom opcije „*Export Data*“ otvara se prozor prikazan na slici 13. Važno je da se označe filtri: 60 minutni kapaciteti, prometni volumeni i konfiguracije te da u „*Network Data*“ i „*Traffic Data*“ piše oznaka (0) jer su to podaci koji za kopiranje prostora nisu potrebni. Također treba označiti prostor koji se kopira (LDZOCTA).



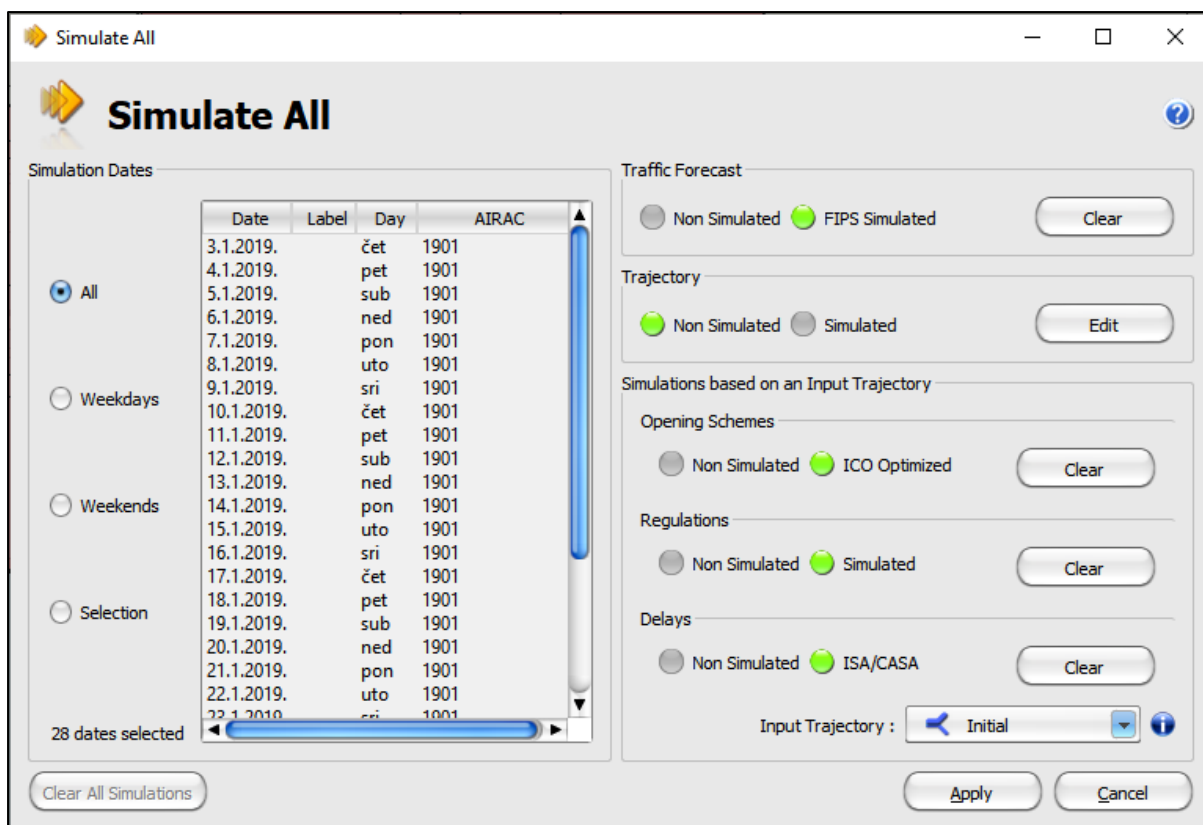
Slika 13. Kopiranje karakteristika prostora

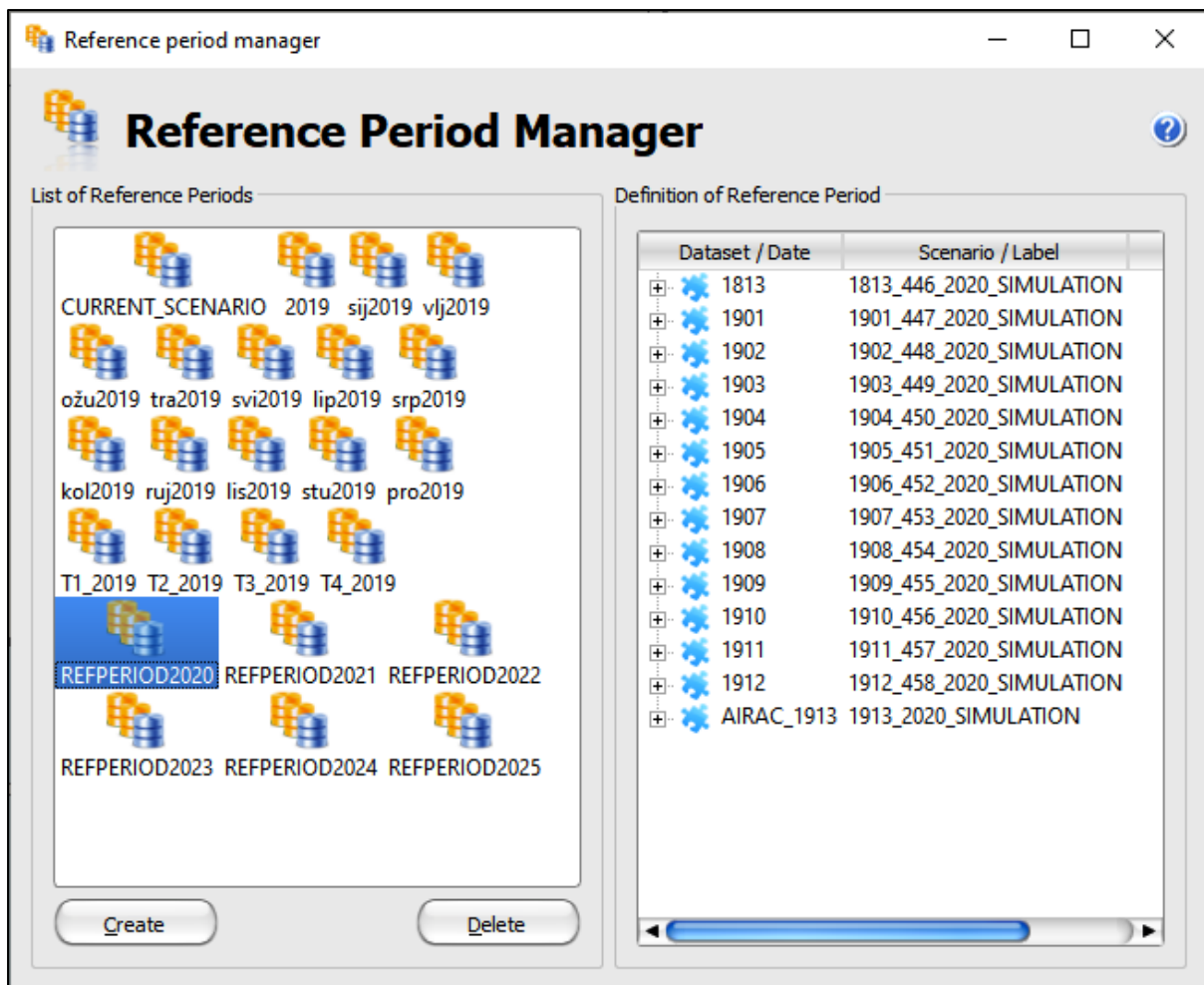
Nakon što su podaci spremljeni u Excel datoteci, u donjem lijevom kutu programa treba otvoriti Originalni scenarij (npr. 1901 Original) koji se sprema kao referentni (npr. 1901_447_referentni) od kojeg se uvijek kreće prilikom nove simulacije prognoze za svaku godinu, jer se unutar njega rade izmjene koje vrijede za sve simulacije. U referentnom scenariju treba izbrisati cijeli prostor koji se analizira i njegove sektore (slika 14). Opcijom „Import Data“ se uvodi ta ista datoteka koja sadrži sve potrebne podatke o novoj podjeli zračnog prostora. Taj proces potrebno je ponoviti za sve AIRAC cikluse promatranog perioda, u ovom slučaju cijela 2019. godina.



Slika 14. Prikaz brisanja zračnog prostora

Za simulaciju budućeg toka prometa korištena je opet opcija „*Simulate All*“. Korišteni filtri za simulaciju budućeg toka prometa su isti kao i za simulaciju 2019. godine (slika 16). Jedina razlika je što se za simulaciju budućeg prometa treba odabrati prognoza za svaku godinu promatranja.





Slika 16. Sučelje „Reference Period Manager“

Da bi dobili podatke vezane za buduću prometnu potražnju i kašnjenje, potrebno je također napraviti odvojene dvije Excel datoteke, jedna za prometnu potražnju (tip statistike „Demand“) i jedna za kašnjenje (tip statistike „Regulations“). Stoga je idući korak u procesu dobivanja podataka ponovno korištenje sučelja „Statistics“ sa svim karakteristikama kao i za potrebe određivanja najopterećenijeg sektora u 2019. godini, ali za simulaciju budućeg toka prometa potrebno je u opciji popisa datuma odabrati referentni period scenarija napravljen u prethodnom koraku.

5.2. Određivanje prometnog opterećenja za najopterećeniji sektor

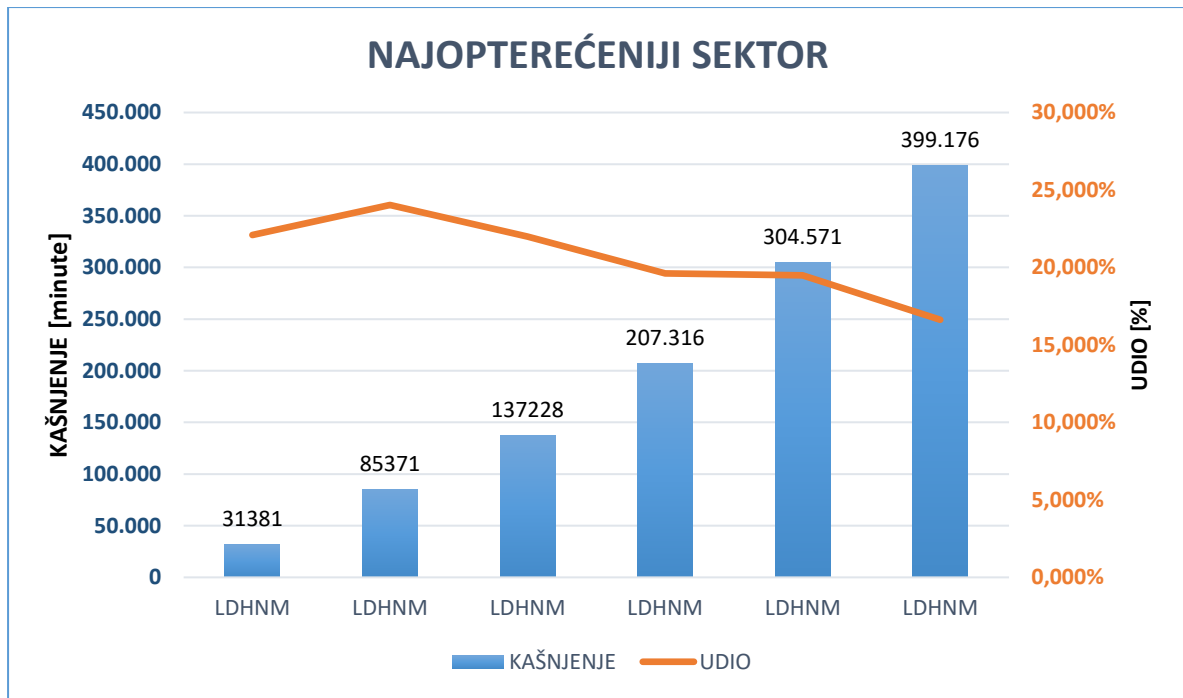
Nakon simulacije dostupne STATFOR prognoze svih AIRAC ciklusa za sve godine te učitavanja podataka po referentnim periodima dobivene su Excel datoteke s potrebnim

podacima. Za lakšu analizu podataka napravljena je jedna tablica u kojoj su kopirani svi podaci o kašnjenju unutar elementarnih sektora od 2020. do 2025. godine. Podaci su prikazani u tablici 3.

Tablica 3. Kašnjenje unutar elementarnih sektora od 2020. do 2025. godine

	2020	2021	2022	2023	2024	2025
TV	KAŠNJENJE	KAŠNJENJE	KAŠNJENJE	KAŠNJENJE	KAŠNJENJE	KAŠNJENJE
LDHNM	31.381	85.371	137.228	207.316	304.571	399.176
LDUNM	20.191	45.906	80.633	116.484	171.980	238.174
LDHWM	4.840	12.984	31.914	65.027	97.987	162.872
LDHC	2.742	7.101	23.680	49.418	76.531	129.710
LDUC	1.333	5.154	11.034	18.675	29.260	42.242
LDHS	883	2.695	6.011	11.749	16.282	30.214
LDUWM	1.129	1.775	4.222	7.790	15.366	25.361
LDLWM	274	451	700	1.798	4.319	6.157
LDUS		289	103	632	3.813	6.082
LDLS				456		

Prema dobivenim podacima iz simulacija od 2020. do 2025. godine može se zaključiti da je najopterećeniji sektor HIGH NORTH MALI (HNM) za sve godine. Iduća dva najopterećenija sektora su UPPER NORTH MALI (UNM) i HIGH WEST MALI (HWM). Podaci o kašnjenju pokazuju da se implementacijom CENTRAL sektora drugačijih vertikalnih i geografskih granica smanjilo opterećenje u WEST sektoru. Na grafikonu 4 prikazano je kašnjenje generirano u najopterećenijem sektoru (HNM) i njegov udio u ukupnom kašnjenju kroz sve godine promatranja. Iz grafikona 4 može se iščitati da udio u kašnjenju HNM sektora iznosi maksimalno 24,03% do 2022. godine, nakon čega se isti smanjuje.



Grafikon 4. Najopterećeniji sektor i njegov udio 2020. – 2025. godine

Promatra se kašnjenje unutar elementarnih sektora jer su to sektori koji se ne mogu podijeliti više od onog kako su trenutno podijeljeni. Kolapsirani sektori su kombinacija više elementarnih. Primjeri kolapsiranih sektora:

- ADRIA - spoj SOUTH i WEST sektora,
- LOWER UPPER SOUTH / WEST / NORTH / CENTRAL,
- LOWER UPPER HIGH,
- HIGH TOP.

ADRIA, SOUTH, WEST i NORTH se zovu ADRIA MALA (AM), SOUTH MALI (SM), WEST MALI (WM) i NORTH MALI (NM) u slučaju kada su aktivni u trenutku kada je i CENTRAL sektor otvoren. U suprotnom se zovu VELIKI.

6. ANALIZA UTJECAJA POVEĆANJA PROMETNE POTRAŽNJE NA NAJOPTEREĆENIJI SEKTOR U PROMATRANOM PERIODU

U tablici 4 su prikazani podaci kašnjenja svih elementarnih sektora i njihovi udjeli kašnjenja kao i ukupno kašnjenje generirano u LDZOCTA (zbroj kašnjenja elementarnih sektora i kolapsiranih). Kao što je već spomenuto, udio najopterećenijeg sektora HWM opada nakon 2021. godine, također i udio drugog najopterećenijeg sektora UNM. U 2022. godini počinje rasti udio ostalih sektora.

Tablica 4. Opterećenje elementarnih sektora 2020. – 2025. godine

TV	2020		2021		2022		2023		2024		2025	
	KAŠNJENJE	UDIO	KAŠNJENJE	UDIO	KAŠNJENJE	UDIO	KAŠNJENJE	UDIO	KAŠNJENJE	UDIO	KAŠNJENJE	UDIO
LDHNM	31.381	22,09%	85.371	24,03%	137.228	22,00%	207.316	19,61%	304.571	19,49%	399.176	16,63%
LDUNM	20.191	14,21%	45.906	12,92%	80.633	12,93%	116.484	11,02%	171.980	11,01%	238.174	9,92%
LDHWM	4.840	3,41%	12.984	3,66%	31.914	5,12%	65.027	6,15%	97.987	6,27%	162.872	6,78%
LDHC	2.742	1,93%	7.101	2,00%	23.680	3,80%	49.418	4,68%	76.531	4,90%	129.710	5,40%
LDUC	1.333	0,94%	5.154	1,45%	11.034	1,77%	18.675	1,77%	29.260	1,87%	42.242	1,76%
LDHS	883	0,62%	2.695	0,76%	6.011	0,96%	11.749	1,11%	16.282	1,04%	30.214	1,26%
LDUWM	1.129	0,79%	1.775	0,50%	4.222	0,68%	7.790	0,74%	15.366	0,98%	25.361	1,06%
LDLWM	274	0,19%	451	0,13%	700	0,11%	1.798	0,17%	4.319	0,28%	6.157	0,26%
LDUS		0,00%	289	0,08%	103	0,02%	632	0,06%	3.813	0,24%	6.082	0,25%
LDLS							456	0,04%				
LDZOCTA	142.055	100,00%	355.235	100,00%	623.751	100,00%	1.057.055	100,00%	1.562.386	100,00%	2.400.832	100,00%

Razlog smanjenja udjela najopterećenijeg sektora može biti to što se potražnja za prometom nakon 2021. godine počinje raspoređivati ravnomjernije kroz dan. Do sada je opterećenost tijekom dana bila najveća od 10h do 12h zatim od 13h do 15h, tako je i za simulirani period od 2020. do 2023. godine (tablica 5). U 2022. i 2023. godini veća prometna potražnja se nastavlja do 16h, ali ne u količini kao u 2024. i 2025. godini.

Tablica 5. Prometna potražnja po satima 2020. – 2023. godine

	8:00-9:00	9:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	20:00-21:00	21:00-22:00	22:00-23:00	23:00-0:00
2020.																
LDZOCTA	38.845	44.426	50.094	46.584	40.481	42.225	44.558	40.568	39.382	34.903	32.009	28.294	26.656	21.310	13.971	7.639
2021.																
LDZOCTA	41.059	47.106	52.514	48.535	42.291	43.932	46.140	42.490	41.576	36.466	33.960	29.576	28.187	22.332	14.663	8.051
2022.																
LDZOCTA	42.644	48.920	54.793	50.340	43.741	45.601	47.813	44.166	43.232	38.079	35.234	30.972	29.404	23.305	15.163	8.270
2023.																
LDZOCTA	44.221	50.474	56.307	52.125	45.425	47.325	49.631	45.610	44.637	39.344	36.227	32.096	30.436	24.287	15.596	8.622

Iz tablice 6 za prometnu potražnju u 2024. i 2025. godini može se vidjeti kako je opterećenje prema potražnji najveće od 10h do 12h te opet od 13h do čak 17h. Simulacija budućeg teorijskog uvećanog prometa raspoređuje potražnju po tokovima prometa i parovima gradova prema STATFOR prognozi. Otvaranjem većeg broja sektora i ravnomjernijom prometom potražnjom smanjuje se opterećenost na prva dva sektora, ali se povećava udio kašnjenja u ostalim sektorima.

Tablica 6. Prometna potražnja po satima 2024. – 2025. godine

	8:00-9:00	9:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	20:00-21:00	21:00-22:00	22:00-23:00	23:00-0:00
2024.																
LDZOCTA	45.527	51.625	57.925	54.133	47.062	49.074	51.361	47.269	46.162	40.851	37.365	33.373	31.679	25.171	15.989	8.834
2025.																
LDZOCTA	47.039	53.225	59.911	55.874	48.476	50.441	53.165	49.547	48.007	42.078	38.710	34.545	32.841	26.074	16.794	9.240

Iako najopterećeniji elementarni sektor nije dosegao 25% udjela od ukupnog broja minuta kašnjenja, sljedeći indikator da su potrebne promjene vezano za osnovnu podjelu zračnog prostora je broj minuta kašnjenja po letu. EUROCONTROL je u 2019. godini objavio dokument vezano za operativni plan rada (European Network Operations Plan 2019-2024). To je dokument koji po trenutnom stanju svakog pružatelja usluga objavljuje kratkoročne i srednjoročne izgleda kako će ATM mreža (*Air Traffic Management Network*) funkcionirati kako bi se poboljšali kapaciteti i performanse svih pružatelja usluga u zračnom prometu. [7] Među svim podacima koje dokument pruža, bitni su i podaci minuta kašnjenja po letu za nadolazeće godine. Radi se o referentnim vrijednostima kašnjenja koje je zadao *Network Management* (NM), točnije Europska komisija. Te vrijednosti bi svaki pružatelj usluga trebao postaviti kao cilj. Prema tom dokumentu HKZP bi do 2022. godine trebao imati porast u minutama kašnjenja po letu (maksimalno 0,33), a nakon toga smanjenje na 0,15 minuta po letu (tablica 7). Ove vrijednosti po godinama se trenutno razmatraju i revidiraju u okviru *Performance Plan*-a radi COVID 19 krize. [1]

Tablica 7. Broj minuta kašnjenja po letu 2019. – 2024. godine

		2019	2020	2021	2022	2023	2024
EUROCONTROL	Referentna vrijednost (min/letu)	0.24	0.33	0.33	0.25	0.15	0.15

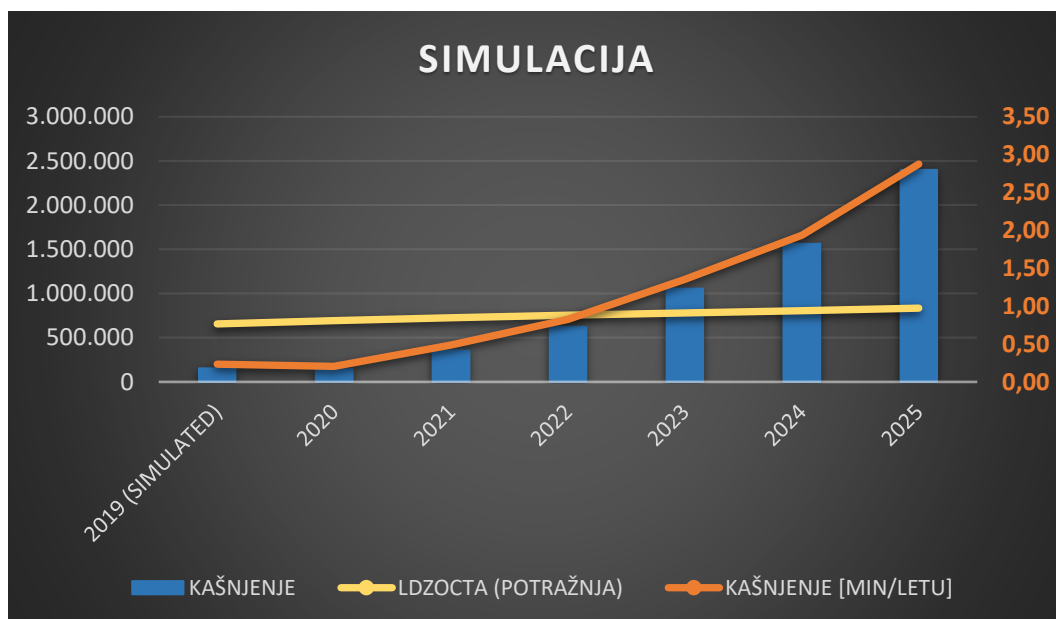
Izvor: [7]

Prema istraživanju trenutnog stanja prometne potražnje te analiziranju prognoza prometa, prije same simulacije i iščitavanja podataka, očekivalo se da će prometna potražnja rasti, a s tim i kašnjenje unutar najopterećenijih elementarnih sektora do slične vrijednosti kao što je bilo u 2019. godini po stvarnom prometu (oko 25% udio kašnjenja elementarnog sektora od ukupnog). Takva pretpostavka se pokazala točnom. U tablici 8 su istaknuti podaci kao što su: potražnja prometa kroz promatrane godine, ukupno kašnjenje u promatranom zračnom prostoru, kašnjenje izraženo kao broj minuta po letu te u drugom dijelu tablice najopterećeniji sektor u svakoj godini s brojem minuta kašnjenja i udjelom u ukupnom broju.

Tablica 8. Podaci simuliranog prometa 2019. – 2025. godine

	2019 (SIMULATED)	2020	2021	2022	2023	2024	2025
LDZOCTA (DEMAND)	656.307	691.749	725.605	754.439	780.141	807.098	834.743
KAŠNJENJE	153.298	142.055	355.235	623.751	1.057.055	1.562.386	2.400.832
KAŠNJENJE [MIN/LETU]	0,23	0,21	0,49	0,83	1,35	1,94	2,88
NAJOPTEREĆENIJI SEKTOR							
NAZIV	LDHW	LDHNM	LDHNM	LDHNM	LDHNM	LDHNM	LDHNM
KAŠNJENJE	52.269	31.381	85.371	137.228	207.316	304.571	399.176
UDIO	34,10%	22,091%	24,03%	22,00%	19,61%	19,49%	16,63%

Kako prometna potražnja raste iz godine u godinu, tako se povećava i broj minuta kašnjenja generiran u cijelom zračnom prostoru, jer su kapaciteti i podjela zračnog prostora isti kroz cijeli period promatranja. Da bi analiza podataka bila relevantna, kao što je već spomenuto, uspoređuje se simulirani promet (podaci) sa simuliranim. Zato su u tablici 8 navedeni podaci kašnjenja za simuliranu 2019. godinu. Tako je u 2025. godini izračunato da je broj minuta kašnjenja po letu 2,88 što je daleko iznad prihvatljivog/dopuštenog. Već u 2023. godini ta brojka prelazi 1 min/letu.



Grafikon 5. Odnos ponude i potražnje

Na grafikonu 5 je prikazan odnos ponude i potražnje, tj. odnos onoga što centar oblasne kontrole (ATCC) Zagreb može pružiti naspram onoga što korisnici zračnog prostora traže. Uočljivo je da broj minuta kašnjenja po letu ima veći rast od potražnje. Zaključeno je da ovakva podjela zračnog prostora generira sve veće kašnjenje s porastom prometne potražnje te da ATCC Zagreb ne može ispuniti zahtjeve Europske komisije prema *Network Operations Plan* (NOP).

Potrebno je raditi na istraživanju načina nove podjele zračnog prostora. Jedan način može biti uvođenje petog lateralnog sektora koji bi preuzeo dio prometne potražnje te na taj način smanjio kašnjenje u već opterećenim sektorima, kao što je CENTRAL sektor bio mitigacija za velika kašnjenja generirana u WEST sektoru. Postoji mogućnost uvođenja većeg broja sektora s pomaknutom razdjelnom razinom leta. Na taj način bi se omogućilo lakše manipuliranje s otvaranjem sektora, a ujedno i ljudskim resursima. Za pružatelja usluga koji ima ograničavajući faktor što se tiče broja maksimalno otvorenih sektora u satu radi broja dostupnih kontrolora jednostavnije je dodati nekom sektoru dodatnu razinu leta, a da u tom trenutku taj sektor ne prekoračuje svoj kapacitet, nego otvarati novi sektor te tako koristiti još tri kontrolora.

7. ZAKLJUČAK

Pružatelji usluga konstantno istražuju i unaprjeđuju sustav kontrole zračnog prometa. Podjela zračnog prostora centra oblasne kontrole Zagreb na četiri lateralna dijela je analizirana kroz program NEST u više varijanti vertikalnog razvoja, pa je prvotno četvrti lateralni sektor (CENTRAL) definiran i implementiran samo iznad FL355. Povećanjem tehnoloških mogućnosti te ljudskih resursa CENTRAL sektor je, uz manje geografske preinake, u veljači 2020. godine implementiran i u donjem i u gornjem zračnom prostoru. Trenutna epidemiološka kriza ima veliki utjecaj na potražnju u zračnom prometu. Promet u 2020. godini bilježi znatan pad potražnje, a time se naravno smanjio i broj minuta kašnjenja. Usprkos krizi nova tehnološka rješenja će biti potrebna prije ili kasnije.

Simulacijom prometa u analitičkom programu NEST i analizom dobivenih podataka određen je utjecaj povećanja prometne potražnje kroz godine. Analizom prometa u 2019. godini ukazano je na problematiku opterećenja elementarnih sektora te je određen najopterećeniji sektor, a to je bio HW. Broj minuta kašnjenja po letu unutar promatranog područja, kao i udio kašnjenja HW sektora, je bio daleko iznad očekivanih vrijednosti te je to bio indikator da se moraju napraviti promjene u podjeli zračnog prostora. Implementacijom novog CENTRAL sektora smanjeno je opterećenje na HW sektoru, što je i bio osnovni cilj. Daljnjom analizom budućeg toka prometa i povećanjem potražnje u zračnom prometu prema STATFOR prognozama proaktivno je određena godina, odnosno količina potražnje koja prouzrokuje kašnjenje koje po očekivanjima Europske komisije nije u granicama dopuštenog. Povećanjem prometne potražnje povećava se i ukupan broj minuta kašnjenja u promatranom periodu od 2020. do 2025. godine. Slijedom navedenoga potrebno je otvarati veći broj sektora za sigurno i efikasno odvijanje zračnog prometa. Dogovoreno je da će se za okidač ponovne potrebe za revizijom zračnog prostora koristiti isti omjer, odnosno trenutak kada će bilo koji elementarni sektor biti uzrok više od 25% ukupnog kašnjenja. Najveći postotak udjela od ukupnog kašnjenja zabilježen je u 2021. godini, ali on ne prelazi dogovorenih 25%. Unatoč tome što se u svakom sektoru povećava broj minuta kašnjenja, posljedica otvaranja više sektora je rasterećenje najopterećenijeg, što je vidljivo u padu postotka udjela najopterećenijeg sektora (HNM) nakon 2021. godine. Idući okidač, odnosno indikator da je potrebno napraviti promjene vezano za osnovnu podjelu zračnog prostora je

broj minuta kašnjenja po letu. Već u 2023. godini se pojavljuje prvi put sljedeći indikator (broj minuta kašnjenja po letu) koji prema Europskoj komisiji ukazuje da je potrebno napraviti promjene vezane za osnovnu podjelu zračnog prostora unutar centra oblasne kontrole Zagreb te on iznosi 1,35 minuta po letu.

LITERATURA

- [1] Hrvatska kontrola zračne plovidbe, <https://www.crocontrol.hr/> (pristupljeno: rujan 2020. godine)
- [2] Priručnik za pružanje operativnih usluga u zračnom prometu ATSOM (eng. Air traffic services operations manual)
- [3] SKY BRARY, https://www.skybrary.aero/index.php/Main_Page#operational-issues (pristupljeno rujan 2020. godine)
- [4] ATCC Zagreb Local operations manual, LOM
- [5] Aeronautical Information Publication, AIP CROATIA
- [6] Zakon o zračnom prometu, dio sedmi: „UPRAVLJANJE ZRAČNIM PROMETOM I USLUGE U ZRAČNOJ PLOVIDBI“, Narodne novine (2014. godina)
- [7] EUROCONTROL, European Network Operations Plan 2019-2024, <https://www.eurocontrol.int/publication/european-network-operations-plan-2019-2024> (pristupljeno: rujan 2020. godine)

Popis slika

Slika 1. Područje odgovornosti HKZP-a, [4]	13
Slika 2. Osnovna konfiguracija "c1" - <i>Basic</i> sektor	15
Slika 3. Osnovna sektorizacija ACC Zagreb, [4]	17
Slika 4. Lateralna podjela FIR Zagreb bez CENTRAL sektora, [4]	19
Slika 5. Usporedba geografskog položaja CENTRAL sektora	21
Slika 6. Usporedba područja odgovornosti HKZP-a	22
Slika 7. Prikaz opcije simulacije u programu NEST	23
Slika 8. Izbornik „ <i>Simulate All</i> “ za 2019. godinu	24
Slika 9. Shema otvaranja sektora	25
Slika 10. Prikaz opcija analize podataka u programu NEST	26
Slika 11. Sučelje " <i>Statistics</i> " u programu NEST	27
Slika 12. Primjer Excel datoteke s rezultatima sučelja " <i>Statistics</i> "	28
Slika 13. Kopiranje karakteristika prostora	34
Slika 14. Prikaz brisanja zračnog prostora	35
Slika 16. Izbornik „ <i>Simulate All</i> “ za budući promet	36
Slika 17. Sučelje „ <i>Reference Period Manager</i> “	37

Popis tablica

Tablica 1. Klase zračnog prostora unutar FIR Zagreb.....	8
Tablica 2. Vertikalna i lateralna podjela FIR Zagreb.....	19
Tablica 3. Kašnjenje unutar elementarnih sektora od 2020. do 2025. godine.....	38
Tablica 4. Opterećenje elementarnih sektora 2020. – 2025. godine	40
Tablica 5. Prometna potražnja po satima 2020. – 2023. godine	40
Tablica 6. Prometna potražnja po satima 2024. – 2025. godine	41
Tablica 7. Broj minuta kašnjenja po letu 2019. – 2024. godine.....	41
Tablica 8. Podaci simuliranog prometa 2019. – 2025. godine.....	42

Popis grafikona

Grafikon 1. Najopterećeniji sektori u 2019. godini po stvarnom prometu	29
Grafikon 2. Udio kašnjenja najopterećenijih sektora po stvarnom prometu.....	30
Grafikon 3. Najopterećeniji sektori u simuliranoj 2019. godini.....	31
Grafikon 4. Najopterećeniji sektor i njegov udio 2020. – 2025. godine	39
Grafikon 5. Odnos ponude i potražnje.....	43



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

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

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

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

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu _____ diplomskog rada
pod naslovom **Istraživanje održivosti postojeće organizacije zračnog prostora**

Centra oblasne kontrole Zagreb

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

U Zagrebu, 17.9.2020

Student/ica:

V. Brkić
(potpis)