

Analiza arhitekture zračnog prostora u Europi

Andrašić, Helena

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:119:876598>

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

Helena Andrašić

ANALIZA ARHITEKTURE ZRAČNOG PROSTORA
U EUROPI

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2020. godine

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT

Zagreb, 1. travnja 2020.

Zavod: **Zavod za zračni promet**
Predmet: **Upravljanje zračnom plovidbom**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 5928

Pristupnik: **Helena Andrašić (0135236890)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Zračni promet**

Zadatak: **Analiza arhitekture zračnog prostora u Europi**

Opis zadatka:

Diplomski rad obrađuje trenutačnu arhitekturu zračnog prostora u Europi. S obzirom na povećanje broja letova iz godine u godinu, dolazi do prekapacitiranosti sustava koji u budućnosti sa sobom nosi velika kašnjenja pojedinačnih letova, prepotrećenost sustava upravljanja zračnim prometom i visokim financijskim kaznama. Kako bi se izbjegla velika kašnjenja, EUROCONTROL u suradnji sa Europskim Parlamentom izrađuje i implementira studiju pod nazivom "Airspace Architecture Study" koja razrađuje kritična područja unutar trenutačne arhitekture zračnog prostora te razrađuje moguća rješenja u dvije skupine. Svrha diplomskog rada je istražiti i analizirati trenutačnu arhitekturu zračnog prostora i odrediti područja koja su kritična za unaprijeđeni rad sustava pri broju zahtjeva koji se očekuje do 2035. godine. Cilj istraživanja je istražiti i analizirati najbolja rješenja za prilagodbu zračnog prostora i sustava upravljanja zračnim prometom eksponencijalnom povećanju broja zahtjeva u narednim godinama.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

izv. prof. dr. sc. Tomislav Mihetec

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

ANALIZA ARHITEKTURE ZRAČNOG PROSTORA U EUROPI

EUROPEAN AIRSPACE ARCHITECTURE ANALYSIS

Mentor: Izv. prof. dr. sc. Tomislav Mihetec

Studentica: Helena Andrašić
JMBAG: 0135236890

Zagreb, rujan 2020. godine

Sažetak

Diplomski rad obrađuje trenutačnu arhitekturu zračnog prostora u Europi. S obzirom na povećanje broja letova iz godine u godinu, dolazi do prekapacitiranosti sustava koji u budućnosti sa sobom nosi velika kašnjenja pojedinačnih letova, preopterećenost sustava upravljanja zračnim prometom i visokim financijskim kaznama. Kako bi se izbjegla velika kašnjenja, EUROCONTROL u suradnji sa Europskim Parlamentom izrađuje i implementira studiju pod nazivom "Airspace Architecture Study" koja razrađuje kritična područja unutar trenutačne arhitekture zračnog prostora, te razrađuje moguća rješenja u dvije skupine. Svrha diplomskog rada je istražiti i analizirati trenutačnu arhitekturu zračnog prostora i odrediti područja koja su kritična za unaprijeđeni rad sustava pri broju zahtjeva koji se očekuje do 2035. godine. Cilj istraživanja je istražiti i analizirati najbolja rješenja za prilagodbu zračnog prostora i sustava upravljanja zračnim prometom eksponencijalnom povećanju broja zahtjeva u narednim godinama.

Ključne riječi: arhitektura zračnog prostora; kapacitet; jedinstveno europsko nebo; implementacija; kritična područja

Summary

This master's thesis describes the current European airspace architecture. Given the fact that the number of flights increases year by year, the system operates in a state of overcapacity, which results in long delays of flights and big financial sanctions in the future. To avoid long delays, EUROCONTROL is working in cooperation with the European Parliament in implementing a study under the name "Airspace Architecture Study", which analyses the critical areas of the current airspace architecture and divides possible solutions into two groups. The purpose of this master's thesis is to see into and analyse the current airspace architecture and define the areas which are paramount for the improvement of the current system, planned to be fully implemented by the year 2035. The goal of this research is to examine and analyse the best possible solutions for adapting the airspace and air traffic management systems to an exponential increase in the number of requests in the coming years.

Key words: airspace architecture; capacity; single european sky; implementation; critical areas

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Arhitektura zračnog prostora u Europi	4
2.1. Klase zračnog prometa	4
2.2. Operativna podjela zračnog prostora	7
2.2.1. Horizontalna podjela zračnog prostora	7
2.2.1.1. Kontrolirani zračni prostor	7
2.2.1.2. Zračni prostor u kojem je letenje posebno regulirano	14
2.2.1.3. Nekontrolirani zračni prostor	16
2.2.2. Vertikalna podjela zračnog prostora	17
3. Kritična područja unutar strukture arhitekture zračnog prostora	19
3.1. Trenutačna organizacija sustava upravljanja zračnim prometom	19
3.2. Ograničavajući čimbenici za kapacitete	24
3.2.1. Ograničena uporaba podatkovne komunikacije	25
3.2.2. Ograničenja u automatizaciji kao pomoć kontrolorima zračnog prometa	26
3.3. Ograničavajući čimbenici otpornosti i prilagodljivosti kapaciteta	26
3.3.2. Ograničeno dijeljenje informacija i interoperabilnost	27
3.3.3. Ograničenja fleksibilnosti u korištenju resursa kontrolora zračnog prometa u jedinicama oblasne kontrole zračnog prometa	28
3.3.4. Geografska ograničenja pružanja usluga u zračnom prometu	29
3.4. Pregled faktora koji ograničavaju kapacitet	29
4. Moguća rješenja u svrhu optimiziranja sustava arhitekture zračnog prostora	31
4.1. Nova predložena arhitektura	35
4.2. Područje fokusa 1: Zračni prostor i kapacitet	37
4.2.1. Operativna harmonizacija	38
4.2.2. Alati za automatizaciju i produktivnost	39
4.3. Područje fokusa 2: Prilagodljivost i otpornost	41
4.3.1. Virtualizacija	42

4.3.2.	Dinamičko upravljanje zračnim prostorom	43
4.3.3.	Operacije orijentirane na let	44
4.2.1.	Poboljšanja za komunikacijsku, navigacijsku i nadzornu opremu	45
4.4.	Uvjeti za uspjeh	46
4.4.1.	Usluga kapaciteta na zahtjev	46
4.4.2.	ATM podatkovne usluge.....	48
4.5.	Implementacija nove arhitekture zračnog prostora	50
4.5.1.	Regulatorni čimbenici	52
4.5.1.1.	Usluga kapaciteta na zahtjev	52
4.5.1.2.	Pružanje podatkovnih ATM usluga	54
4.5.2	Procjena utjecaja prelaska na novu arhitekturu zračnog prostora.....	54
4.5.2.1.	Kapacitet	56
4.5.2.2.	Okoliš	57
4.5.2.3.	Efikasnost troškova	57
4.5.2.4.	Potrebna ulaganja	57
5.	Zaključak.....	59
	Literatura.....	63
	Popis kratica	68
	Popis slika	70
	Popis tablica.....	71

1. Uvod

Kod uspostave prvih centara kontrole zračnog prometa unutar svake države, centri su se gradili u blizini radara ili radio antena unutar vidokruga letećih zrakoplova. Kako je komercijalni zračni promet rastao, sustavi korišteni u centrima postali su sofisticiraniji zahvaljujući uvođenjem elektroničkih tehnologija i naprednim upravljanjem protokom kroz europski zračni prostor. Istovremeno se zračni prostor iznad centara podijelio u sve veći broj sektora, tako da su kontrolori zračnog prometa mogli sigurno upravljati zrakoplovom u bilo kojem trenutku.

Današnji sustav upravljanja zračnim prometom i dalje počiva na sektorskom pristupu za upravljanje prometom, koji ograničava kapacitet zračnog prostora. Zračni je prostor lokalno uređen u skladu s nacionalnim potrebama i preferencijama, a uglavnom se oslanja na fizičku lokalnu infrastrukturu. Zbog toga je raspoloživi kapacitet u sustavu geografski ograničen i ne može se aktivirati kada i gdje je to potrebno kako bi se prilagodio prometnoj potražnji. To znači da ako jedan centar ima problem, taj će se problem proširiti. Ova ograničenja zračnog prostora su se već ukazala kasnih 1990.-tih. [1]

Inicijativa za stvaranje jedinstvenog europskog neba (*engl. Single European Sky – SES*) pokrenuta je s ciljem poboljšanja upravljanja zračnim prometom (*engl. Air Traffic Management - ATM*) i premještanjem niza nadležnosti u okvir Europske Unije, kao dio zajedničke prometne politike. U to su vrijeme predstavljani novi instrumenti i njihove pravne osnove, kao što su funkcionalni blokovi zračnog prostora (*engl. Functional Airspace Blocks - FAB*) koji su nastali kao odgovor na raspodjelu zračnog prostora.

Između 1990. i 2017. godine, europski zračni promet se povećao 31,7% u pogledu kretanja. U taj broj uračunate su fluktuacije kretanja koje su rezultat gospodarske krize 2008. godine, koja je sve do 2013. godine dovodila do stagnacije broja kretanja. Nakon 2013. godine taj broj počinje opet rasti sve do 2017. godine kada dostiže 10,6 milijuna letova. Kako se povećavao broj kretanja, povećavalo se i vrijeme kašnjenja.[1]

Tijekom 2019. godine, kašnjenja su se smanjila u odnosu na 2018. godinu, ali u kontekstu dugoročnih performansi, razina kašnjenja u 2019. godini je bila treća najgora u

zadnjem desetljeću, nakon 2010. godine i 2018. godine. Kako bi se smanjila kašnjenja, zrakoplovne kompanije uvele su različite mjere koje su dovele do poboljšanja točnosti sa 75.8% u 2018. godini na 77.6% u 2019. godini. Kašnjenja na ruti vezana za upravljanje tokom zračnog prometa (*engl. Air Traffic Flow Management – ATFM*) i dalje ostaje veliki problem za zrakoplovne kompanije, pridodajući 1.6 minutu kašnjenja po letu na cjelokupno kašnjenje po letu. Mjere poduzete od strane Upravitelja mreže i pružatelja usluga u zračnom prometu pomogle su smanjiti kašnjenja u velikoj mjeri.[2]

Godina	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.
Prosječno ATFM kašnjenje na ruti u minutama	2,90	1,14	0,62	0,53	0,60	0,73	0,86	0,88	1,74	1,57

Tablica 1: Prosječna ATFM kašnjenja na ruti od 2010. godine do 2019. godine

Izvor: [3], [4]

Nastavi li se zračni promet razvijati jednakom brzinom, Stratfor predviđa porast broja letova na 15.7 milijuna, što je 5.1 milijuna letova više nego u 2017. godini. Takav porast u broju letova dovodi do prosječnog kašnjenja na ruti od 8.5 minuta, naspram 0.9 minuta kašnjenja po letu u 2017. godini. U takvim uvjetima pružatelji usluga kontrole zračne plovidbe ne mogu pružati adekvatnu razinu usluge, što rezultira sa 45 prekapacitiranih jedinica oblasne kontrole zračnog prometa i prevelikog radnog opterećenja kontrolora zračnog prometa.[5]

Ovaj diplomski rad sastoji se od tri glavna poglavlja s pod poglavljima: Arhitektura zračnog prostora, Kritična područja unutar strukture arhitekture zračnog prostora i Moguća rješenja u svrhu optimiziranja sustava arhitekture zračnog prostora.

Drugo poglavlje, Arhitektura zračnog prostora, razrađuje trenutačnu klasifikaciju zračnog prostora prema Aneksu 11 Međunarodne organizacije za civilno zrakoplovstvo (*engl. International Civil Aviation Organization – ICAO*). Prema tom dokumentu, zračni prostor se dijeli na sedam klasa, čije karakteristike se definiraju pravilima leta, razine pružanja usluga, brzine leta i drugima. Poglavlje obrađuje vertikalnu i horizontalnu podjelu zračnog prostora te opisuje kontrolirani zračni prostor, posebno regulirani zračni prostor i nekontrolirani zračni prostor.

Poglavlje Kritična područja unutar strukture arhitekture zračnog prostora sastoji se od tri pod poglavlja. Prvo pod poglavlje razrađuje trenutnu organizaciju ATM sustava, kojim informacijama pojedina jedinica oblasne kontrole zračnog prometa raspolaže te kako tim informacijama upravlja. Sljedeće pod poglavlje bavi se tematikom ograničavajućih čimbenika za kapacitet zračnog prostora i odnosi se na geografska ograničenja nastala kao posljedica razvoja ATM sustava unutar državnih granica i zadataka kontrolora zračnog prometa koji predstavljaju veliko radno opterećenje. Treće pod poglavlje razrađuje problematiku otpornosti i prilagodljivosti sustava. Glavni problemi koji se obrađuju odnose se na ograničenu intreroperabilnost između jedinica oblasne kontrole zračnog prometa i dijeljenje informacija, smanjenom fleksibilnošću u korištenju resursa i geografskim ograničenjima sustava.

Moguća rješenja u svrhu optimiziranja sustava arhitekture zračnog prostora predstavljaju zadnje glavno poglavlje i razrađuje moguća rješenja na dvije razine fokusa: zračni prostor i kapacitet, te prilagodljivost i otpornost. Poglavlje također obrađuje uvjete koji svi sudionici ATM sustava moraju ispunjavati kako bi implementacija bila uspješna i kako bi se uspjeli ostvariti željeni rezultati. Kao zadnji dio, poglavlje objašnjava i regulatorni okvir implementacije nove arhitekture zračnog prostora s kojim se sa pravne strane osigurava i podržava daljnji razvoj europskog zračnog prostora.

Svrha diplomskog rada je istražiti i analizirati trenutnu arhitekturu zračnog prostora u Europi te odrediti kritična područja za daljnji razvoj zračnog prostora. Rad izlaže analizu arhitekture zračnog prostora u Europi te najbolja rješenja za daljnji razvoj s obzirom na identificirana kritična područja. Cilj istraživanja je istražiti i analizirati optimalna rješenja za prilagodbu sustava arhitekture zračnog prostora s obzirom na predviđeni eksponencijalni rast broja letova u budućnosti.

2. Arhitektura zračnog prostora u Europi

ICAO Aneks 11 Usluge u zračnom prometu (*engl. Air Traffic Services - ATS*) definira zračni prostor neke države kao „Prostor iznad kopna i mora koji se podudara s državnom granicom, a glede visine od površine mora ili kopna neograničen je. U tom prostoru država ima potpun i nepovredivi suverenitet.“ U tom prostoru su za održavanje kontrole zračnog prometa i sigurnosti zračnog prometa odgovorne nadležne civilne i vojne kontrole zračnog prometa. Države potpisnice ICAO Čikaške konvencije zadužene su uspostaviti službe za pružanje usluga u zračnom prometu. Te službe trebaju pružati usluge za cijeli zračni prostor u njihovoj nadležnosti, dijelovima zračnih prostora drugih država za koji imaju odgovornost pružanja usluga, te svim aerodromima unutar tog zračnog prostora.[6]

2.1. Klase zračnog prometa

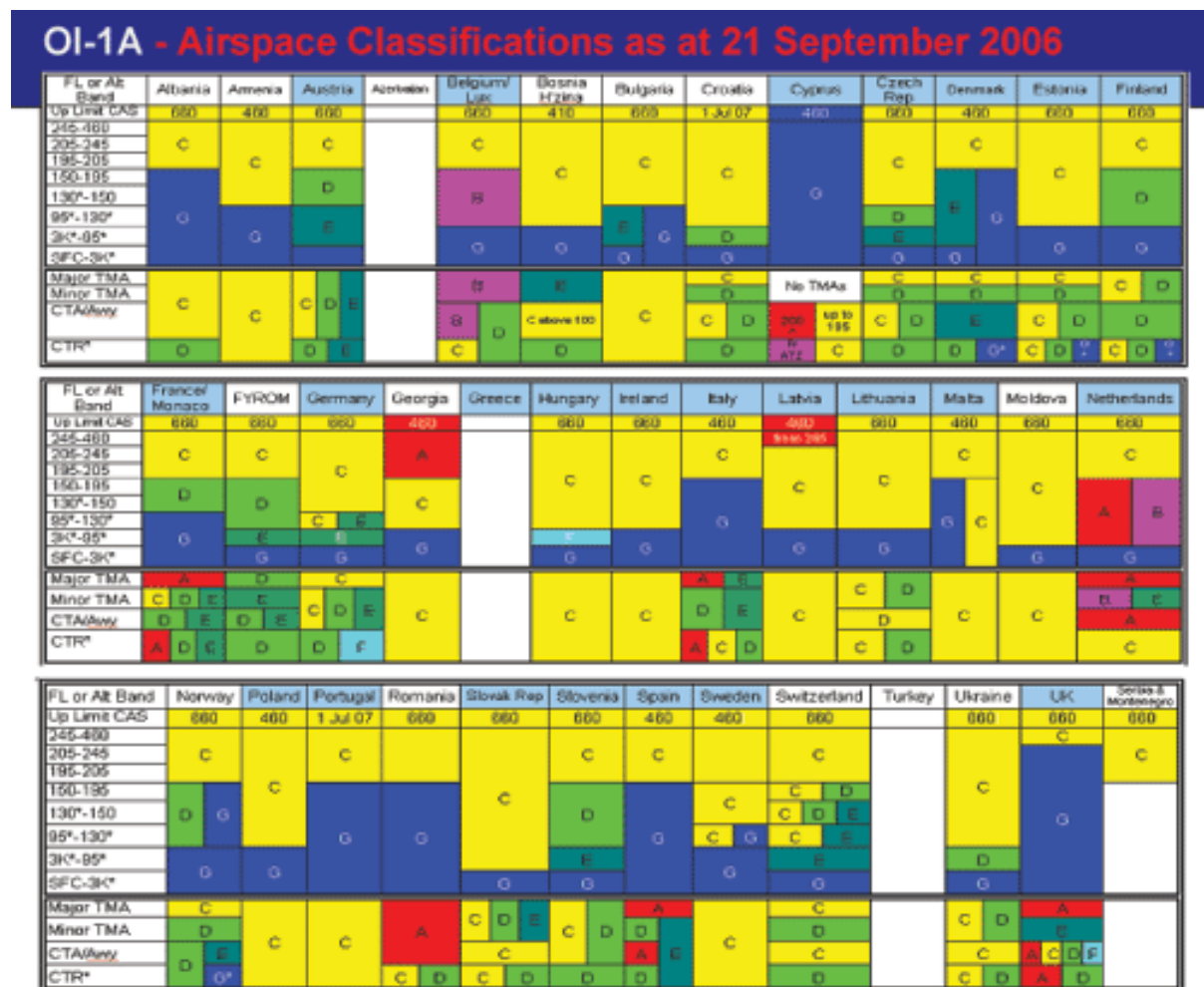
Aneks 11 ICAO-a propisuje zahtjeve prema kojima se zračni prostor klasificira u sedam klasa, od klase A do klase G. Svaka klasa zračnog prostora ima propisane uvjete korištenja, određeni stupanj pružanja usluga zračnog prometa, stupanj informiranosti pilota o uslugama koji se pružaju u određenoj klasi, zahtjeve za komunikacijom između pilota i kontrole zračnog prometa, razdvajanje zrakoplova, izdavanje informacija, instrukcija, savjeta i odobrenja. Tablica 1 prikazuje podjelu zračnog prostora u klase prema gore navedenim zahtjevima. Iz nje se vidi i podjela zračnog prostora na kontrolirani i nekontrolirani zračni prostor, pri čemu su klase A, B, C, D i E dio kontroliranog zračnog prostora, a klase F i G su dio nekontroliranog zračnog prostora.[6]

		Kontrolirani zračni promet					Nekontrolirani zračni prostor	
		A	B	C	D	E	F	G
IFR	Razdvajanje	Svih zrakoplova	Svih zrakoplova	IFR od IFR IFR od VFR	IFR od IFR	IFR od IFR	IFR od IFR dokle god je moguće	Ne pruža se
	Nivo pružanja usluga	Usluga kontrole zračnog prometa	Usluga kontrole zračnog prometa	Usluga kontrole zračnog prometa	Usluga kontrole zračnog prometa, informacija o VFR prometu	Usluga kontrole zračnog prometa, informacija o VFR prometu	Savjetodavne usluge	Usluga informiranja u letu
	Ograničenje brzina	NE	NE	NE	Ne više od 250 kt IAS ispod 3050 m (10000 ft) AMSL	Ne više od 250 kt IAS ispod 3050 m (10000 ft) AMSL	Ne više od 250 kt IAS ispod 3050 m (10000 ft) AMSL	Ne više od 250 kt IAS ispod 3050 m (10000 ft) AMSL
	Radio veza	Neprekidiva dvosmjerna					Neprekidiva dvosmjerna	
	ATC odobrenje	DA					NE	NE
VFR	Razdvajanje	VFR letovi nisu dozvoljeni	Svih zrakoplova	VFR od IFR	NE	NE	NE	NE
	Nivo pružanja usluga		Usluga kontrole zračnog prometa	Usluga kontrole zračnog prometa za razdvajanje od IFR, informacija o proetu VFR/VFR	Informacija o IFR/VFR i VFR/VFR prometa	Usluga informiranja u letu	Usluga informiranja u letu	Usluga informiranja u letu
	Ograničenje brzina		Ne više od 250 kt IAS ispod 3050 m (10000 ft) AMSL	Ne više od 250 kt IAS ispod 3050 m (10000 ft) AMSL	Ne više od 250 kt IAS ispod 3050 m (10000 ft) AMSL	Ne više od 250 kt IAS ispod 3050 m (10000 ft) AMSL	Ne više od 250 kt IAS ispod 3050 m (10000 ft) AMSL	
	Radio veza		Neprekidiva dvosmjerna			NE	NE	NE
	ATC odobrenje		DA	DA	DA	NE	NE	NE

Tablica 2: Klase zračnog prostora

Izvor: [6]

Sve države potpisnice dužne su klasificirati svoj zračni prostor prema vlastitim potrebama te nisu obvezane u tu svrhu iskoristiti svih sedam klasa. Klasifikacija se vodi prema parametrima poput gustoće prometa i veličine zračnog prostora, zbog čega svaka država ima različitu klasifikaciju. Neki dijelovi zračnog prostora se mogu navesti i kao neklasificirani ako zakonodavne vlasti smatraju da nije potrebno taj dio zračnog prostora klasificirati.



Slika 1: Klasifikacije zračnih prostora iz 2006. godine, [7]

Slika 1 prikazuje neke od klasifikacija država potpisnica, iz koje su vidljive različite potrebe pojedinih država u pogledu zračnog prostora i kontrole zračnog prometa unutar istoga. Iz slike je također vidljivo kako dvije različite klase ne moraju biti samo jedna pored druge, nego i jedna iznad druge. Ukoliko se zrakoplov nalazi na razini leta koja je između dvije klase, tada se primjenjuju pravila iz manje restriktivne klase.

2.2. Operativna podjela zračnog prostora

Zračni prostor se operativno dijeli na horizontalni i vertikalni zračni prostor, prema klasifikaciji zračnog prostora prikazanoj u prethodnom poglavlju.

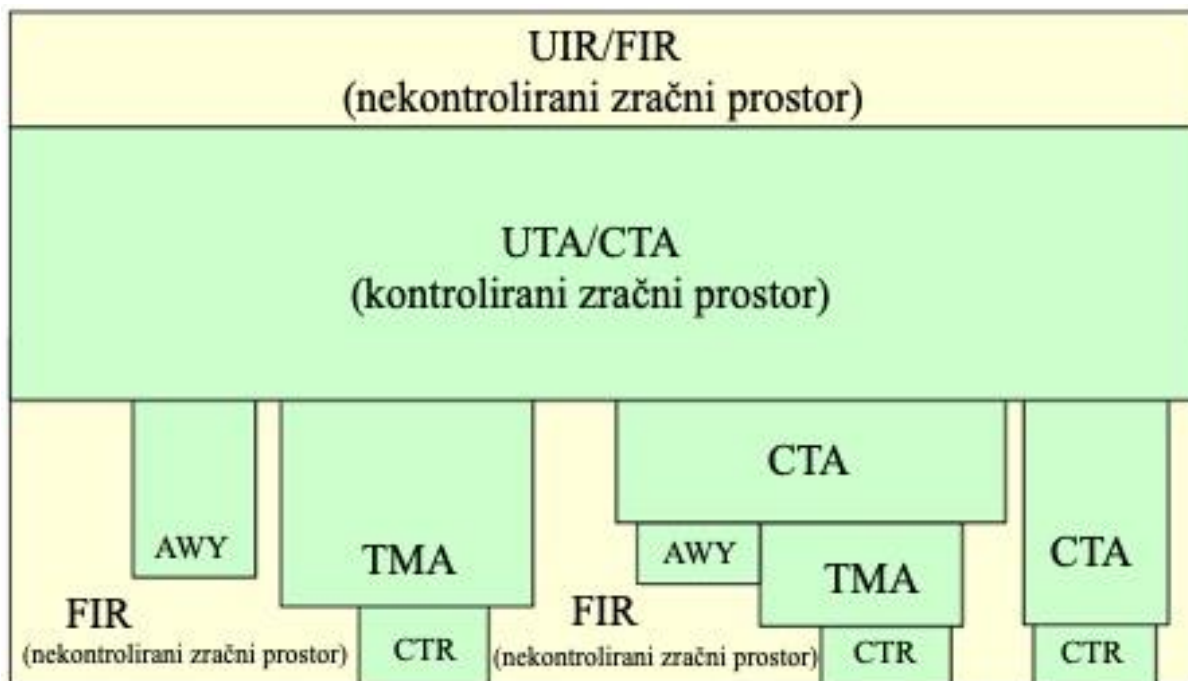
2.2.1. Horizontalna podjela zračnog prostora

Zračni prostor se horizontalno dijeli na kontrolirani zračni prostor, zračni prostor u kojemu je letenje posebno regulirano i nekontrolirani zračni prostor.[6]

2.2.1.1. Kontrolirani zračni prostor

Kontrolirani zračni prostor je dio zračnog prostora u kojem se pružaju usluge kontrole zračnog prometa te se dijeli na:

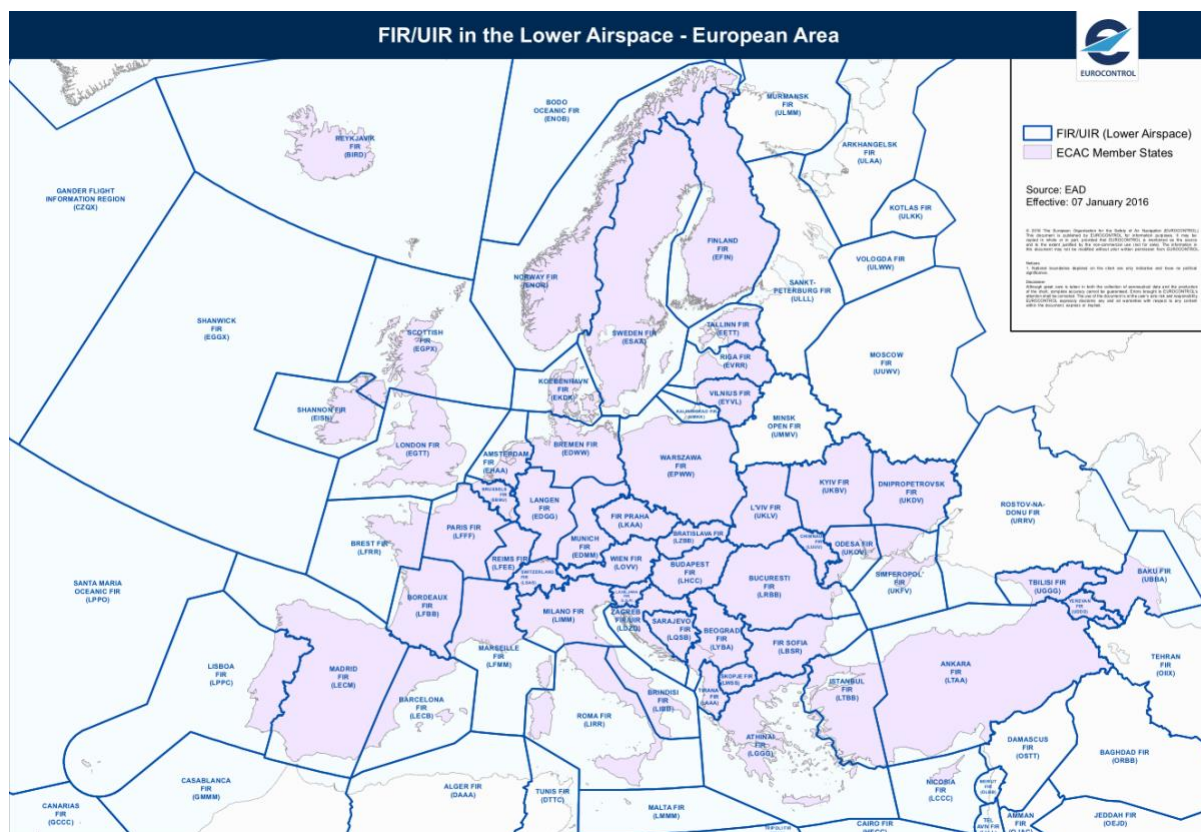
- Područja letnih informacija (*engl. Flight Information Region – FIR i Upper Flight Information Region – UIR*),
- Kontrolirani zračni prostor (*engl. Control Area – CTA*),
- Kontrolirane zone zračne luke (*engl. Control Zone - CTR*),
- Završne kontrolirane oblasti (*engl. Terminal Maneuvering Area – TMA*),
- Zračne putove (*engl. Airway*),
- Granično ulazno izlazni koridori. [6]



Slika 2: Podjela kontroliranog zračnog prostora, [8]

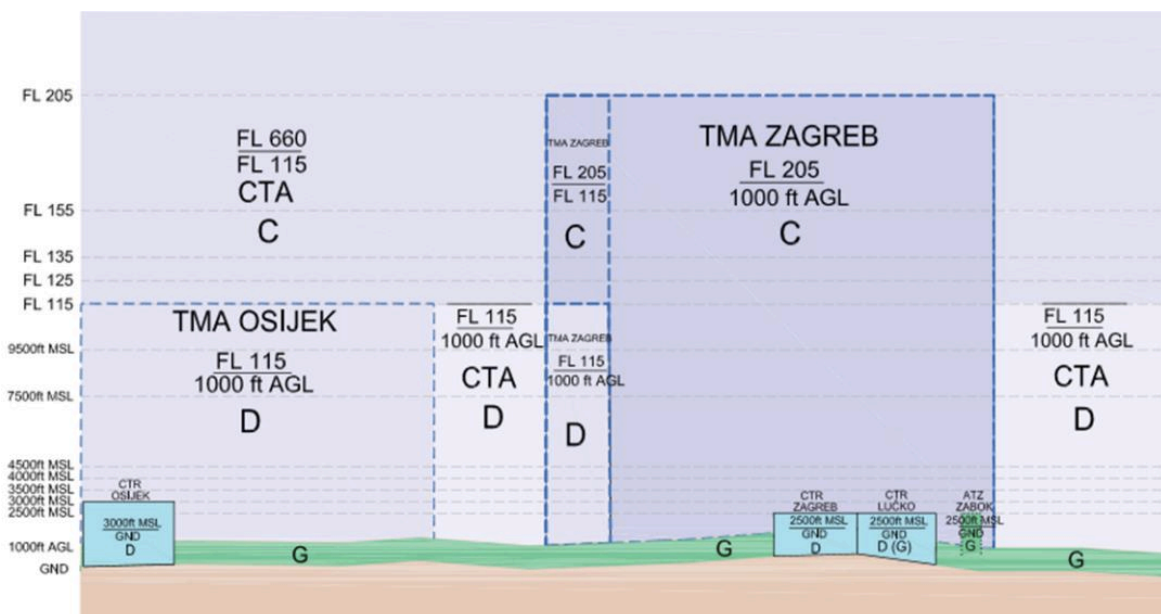
Slika 2 prikazuje sve prethodno navedene dijelove kontroliranog zračnog prostora. Pozicija samih dijelova određena je prema uslugama koje je kontrola zračnog prometa obavezna pružiti u određenom dijelu zračnog prostora.

Područja letnih informacija (FIR/UIR) predstavljaju dio zračnog prostora u kojima se pružaju usluge informiranja u letu i usluge uzbunjivanja svim zrakoplovima te je podjela europskog zračnog prostora u FIR-ove prikazana slikom 3. FIR je područje pružanja letnih informacija u donjem sloju zračnog prostora, dok se UIR odnosi na pružanje letnih informacija u gornjem sloju. [6]



Slika 3: Područje pružanja letnih informacija u donjem sloju zračnog prostora, [9]

Kontrolirani zračni prostor (CTA) je dio zračnog prostora u kojem se pružaju usluge kontrole zračnog prometa svim zrakoplovima koji lete po instrumentalnim pravilima leta (IFR letovi) i proteže se u vis. Područje kontroliranog zračnog prostora (*engl. Control Area – CTA, Upper Control Area – UTA*) predstavljaju daljnju podjelu CTA sloja. Donja granica ne bi trebala biti niža od 200 m (700 ft) iznad zemlje i vodenih površina te se uglavnom podudara sa gornjim granicama završnih kontrolnih oblasti, kontroliranih zona zračnih luka te sloja slobodnog letenja. Ako se donja granica nalazi na visini većoj od 900 m (3000 ft), donja granica CTA prostora je jedna od nivoa za VFR letove. Dimenzije kontroliranog zračnog prostora se oblikuju prema konfiguraciji zračnih putova, mreži aerodroma i gustoće prometa. [10]



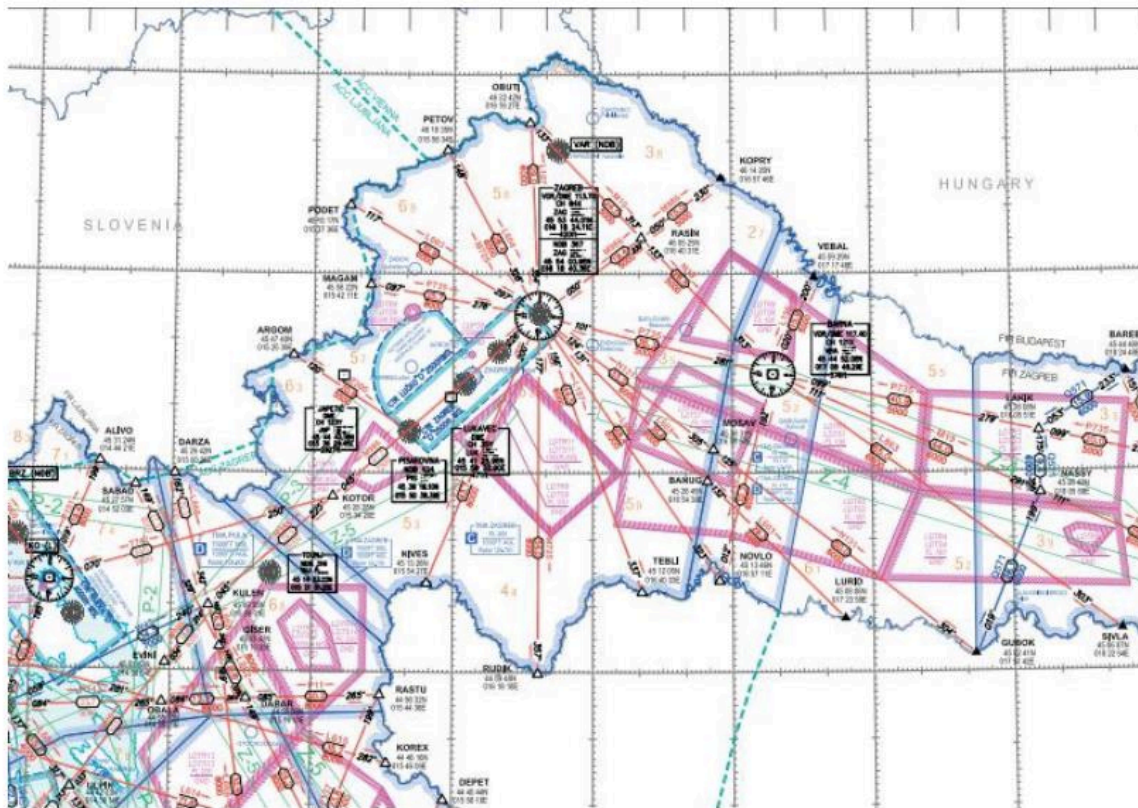
Slika 4: Odnos CTA i TMA zona za zračnu luku Zagreb, [11]

Kontrolirana zona zračne luke (CTR) je dio zračnog prostora koji se proteže horizontalno najmanje pet nautičkih milja od središnje točke zračne luke u smjeru iz kojeg zrakoplovi prilaze prilikom slijetanja. Unutar same zone je moguće smjestiti i više zračnih luka koje se nalaze u neposrednoj blizini. Kontrolirana zona zračne luke je kružnog ili eliptičnog oblika ili oblika kruga s produžecima s jedne ili više strana iz kojih se obavlja prilaz na slijetanje. Donja granica ove zone je površina zemlje, a gornja granica se određuje za svaku zračnu luku zasebno u ovisnosti o visinama i broju prepreka koje se nalaze u blizini zračne luke ili unutar završne kontrolirane oblasti. Kada se CTR nalazi unutar prostora završne kontrolirane oblasti, tada se gornja granica CTR podudara s donjom granicom završne kontrolirane oblasti i iznosi 200 m. Ako se gornja granica nalazi na visini većoj od 900 m srednje razine mora (*engl. Mean Sea Level - MSL*), potrebno je izjednačiti je s najbližom razinom leta (*engl. Flight Level – FL*) za letenje po pravilima s vidljivošću (VFR letovi). [10]



Slika 5: Prikaz CTR zone za zračnu luku Zagreb, [12]

Završna kontrolirana oblast (TMA) predstavlja zračni prostor u kojem se nalazi jedna ili više zračnih luka te u njega ulazi više zračnih putova. Parametri koji određuju veličinu i oblik TMA su, među ostalima, broj zračnih luka smještenih u tom prostoru, broj zračnih putova koji ulaze u tu oblast, intenzitet prometa te broj i lokacija radionavigacijskih sredstava. Zrakoplovi započinju završno prilaženje i usmjerenje za slijetanje od radionavigacijskih sredstava koji se nalaze na granicama završnih kontroliranih oblasti. Donja granica TMA ne smije biti niža od 200 m (700 ft) od površine zemlje i najčešće se podudara s gornjom granicom kontrolirane zone i sloja slobodnog letenja. [10]



Slika 6: Prikaz TMA zone zračne luke Zagreb, [13]

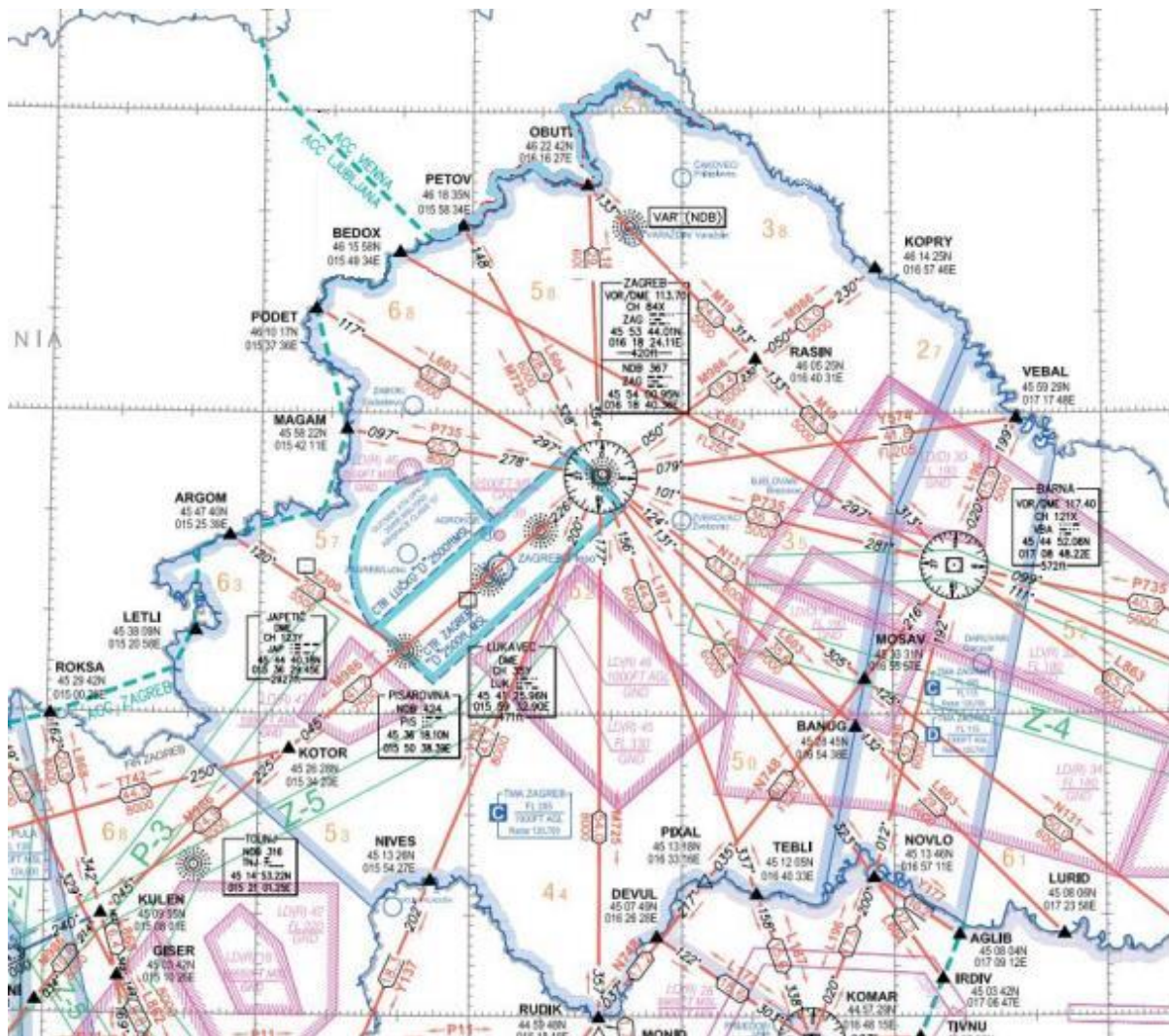
Zračni putovi (Airway) su dijelovi zračnog prostora kojima se odvija zračni promet koji nadziru nadležne službe kontrole zračnog prometa. Njima se povezuju aerodromi i granični ulazno-izlazni koridori s ostalim aerodromima i graničnim ulazno-izlaznim koridorima. Širina zračnog puta iznosi deset nautičkih milja, sa svake strane im se dodjeljuje zaštitni prostor širine pet nautičkih milja. Donja granica se nalazi na visini od 300 m (1000 ft) iznad površine zemlje ili vodenih površina ili iznad najviše prepreke na zračnom putu ili dijelu zračnog puta i proteže se neograničeno u vis. Iznad donje granice se nalazi sigurnosni sloj debljine 150 m (500 ft) te je gornja granica sigurnosnog sloja najmanja dopuštena visina leta uz pomoć instrumenata. Donje granice i minimalne dopuštene razine leta se određuju posebno za svaki segment zračnog puta. Svi letovi se moraju odvijati unutar zračnih putova, osim kada postoje iznimke za letove zrakoplova uprave, saniteta, sportske i znanstvene namjene, te svih ostalih inozemnih turističko-poslovnih zrakoplova, ako su prethodno najavljeni i ako su dobili odobrenje nadležne kontrole zračnog prometa. [10]

Prema ICAO Aneksu 11, svaki zračni put mora biti označen jednim slovom abecede i znamenkom između 1 i 999. Slova kojima se označuju rute dodjeljuju se prema karakteristikama rute na sljedeći način:

- Slova A, B, G i R označavaju rute koje su dio regionalne mreže ruta i ne predstavljaju rute prostorne navigacije,
- Slova L, M, N i P označavaju rute koje su dio regionalne mreže ruta i predstavljaju rute prostorne navigacije,
- Slova H, J, V i W označavaju rute koje ne predstavljaju rute prostorne navigacije,
- Slova Q, T, Y i Z označavaju rute za prostornu navigaciju. [10]

Također postoji detaljno označavanje zračnih putova slovima K za helikopterske rute, U za rute u gornjem zračnom prostoru i S za rute za supersonične letove. Ostale oznake uključuju:

- Slovo V za zračne putove s VOR navigacijom,
- Slovo F za zračne putove u kojima se pruža samo savjetodavna usluga,
- Slovo G za zračne putove u kojima se pruža samo usluga informiranja,
- Slovo Y za zračne putove s RNP 1 i iznad FL 200,
- Slovo Z za zračne putove s RNP 1 i ispod FL 190. [10]



Slika 7: Mreža zračnih putova, [14]

Granično ulazno-izlazni koridori su dijelovi zračnog prostora gdje se nalaze počeci i krajevi zračnih putova unutar granica jedne države te su određeni međunarodnim sporazumima. Dimenzijama su jednaki zračnim putovima te su označeni radio-navigacijskim uređajima i geografskim koordinatama. [10]

2.2.1.2. Zračni prostor u kojem je letenje posebno regulirano

Zbog povećanja državne sigurnosti i sigurnosti zračnog prometa, određene operacije u sklopu zračnog prometa moraju biti posebno regulirane, zbog čega države imaju mogućnost ograničiti i zabraniti letenje u određenim dijelovima zračnog prostora. Zračni prostor u kojem je letenje posebno regulirano se sastoji od:

- Zabranjene zone (*engl. Prohibited Area – P*),

- Ograničene ili uvjetno zabranjene zone (*engl. Restricted Area - R*),
- Opasne zone (*engl. Danger Area - D*),
- Privremeno izdvojeno područje (*engl. Temporary Segregated Area – TSA*),
- Privremeno rezervirano područje (*engl. Temporary Reserved Area – TRA*). [10]



Slika 8: Dio zračnog prostora Republike Hrvatske sa posebno reguliranim zonama, [15]

Zabranjene zone (P) su zone unutar zračnog prostora u kojima je letenje strogo zabranjeno za sve zrakoplove, a nalaze se iznad kopnenih ili vodenih površina određene države i imaju definirane dimenzije. Takvi dijelovi zračnog prostora su zabranjeni jer su tamo uglavnom smješteni vojni ili industrijski kompleksi i druge instalacije, gdje bi pad zrakoplova izazvao neizmjerne katastrofe na tom području. Označavaju se slovom P i rednim brojem. U slučaju nepridržavanja zabrane, zrakoplovi podliježu sankcijama, jer se takav čin smatra teškim prekršajem. [10]

Ograničene ili uvjetno zabranjene zone (R) su zone unutar zračnog prostora u kojima je letenje ograničeno prema određenim uvjetima, a nalaze se iznad kopnenih ili vodenih površina određene države i imaju definirane dimenzije. Najčešće se u ovim zonama

ograničenja odnose na vremenska ograničenja ili ograničenja glede leta na određenim visinama u određeno vrijeme. Letenje kroz tu zonu se zabranjuje kada je zona aktivna i kada je nadležna služba objavila vrijeme i visinu zabrane, zbog mogućeg ugrožavanja sigurnosti zračnog prometa. Označavaju se slovom R, rednim brojem i državnim znakom. Nepridržavanjem zabrane letenja, zrakoplovi podliježu različitim sankcijama. [10]

Opasne zone (D) su zone unutar zračnog prostora definiranih dimenzija unutar kojih se izvršavaju aktivnosti koje su potencijalno opasne za zrakoplov te se one označavaju slovom D i rednim brojem. [10]

Privremeno izdvojeno područje (TSA) je dio zračnog prostora u nadležnosti jednog zrakoplovnog tijela i zajedničkim sporazumom je privremeno izdvojeno. Kada je zračni prostor privremeno izdvojen, to znači da jedno zrakoplovno nadležno tijelo ima pravo na ekskluzivnu uporabu tog prostora. Ostalim zrakoplovima je u potpunosti zabranjen prolaz kroz privremeno izdvojeno područje dok je ono aktivno. [10]

Privremeno rezervirano područje (TRA) je dio zračnog prostora u nadležnosti jednog zrakoplovnog tijela i zajedničkim sporazumom je privremeno rezervirano. Kada je zračni prostor rezerviran jedno zrakoplovno nadležno tijelo ima pravo na uporabu tog prostora. Za prolazak ostalih zrakoplova kroz privremeno rezervirano područje, dok je ono aktivno, potrebno je odobrenje nadležne kontrole zračnog prometa. [10]

2.2.1.3. Nekontrolirani zračni prostor

Nekontroliranim zračnim prostorom se smatra sav zračni prostor jedne države ili regije koji se nalazi izvan granica kontroliranog zračnog prostora, zračnih putova, kontroliranih zona, završno kontroliranih oblasti, te opasnih, zabranjenih i uvjetno zabranjenih zona.

On se proteže od površine zemlje do 900 m (3000 ft) apsolutne visine ili 450 m (1500 ft) od terena. Zona slobodnog letenja u blizini aerodroma definirana je kao aerodromska prometna zona (*engl. Aerodrome Traffic Zone – ATZ*). [10]

2.2.2. Vertikalna podjela zračnog prostora

Osim što se zračni prostor može podijeliti horizontalno, moguće ga je podijeliti i vertikalno. Podjelom zračnog prostora od površine zemlje do određene visine, dobivaju se tri sloja: sloj slobodnog letenja, koji je najbliži površini zemlje, donji zračni prostor, koji se nastavlja na sloj slobodnog letenja i gornji zračni prostor.



Slika 9: Slojevi zračnog prostora, [16]

Sloj slobodnog letenja podliježe istim zakonitostima kao i kod horizontalne podjele, što znači da se sloj proteže od površine kopna ili vodene površine izvan kontrolirane zone do visine od 200 m (700 ft) ili do 900 m (3000 ft) nadmorske visine, ovisno o tome, što je veće. U ovom sloju su isključivo dozvoljeni letovi pod uvjetima s vidljivosti (VFR letovi) koji nisu u nadležnosti kontrole zračnog prometa. [8]

Donji zračni prostor (*engl. Lower*) je prostor koji se nalazi iznad sloja slobodnog letenja i iznad gornjih granica kontrolirane zone zračne luke i završnih kontroliranih oblasti. Prema europskoj regulativi, ovaj prostor se u vis proteže do razine leta FL 285 u europskom zračnom prostoru. [8]

Gornji zračni prostor (*engl. Upper*) nalazi se iznad sloja donjeg zračnog prostora i proteže se u visinu do razine leta FL 660. [8]

Uz navedene vertikalne podjele zračnog prostora, nadležna kontrola zračnog prometa ima mogućnost podijeliti zračni prostor u više slojeva, ovisno o operativnim parametrima koji se određuju i prate. Moguće podjele uključuju sektor viših razina leta (*engl. High*) i sektor vrlo visokih razina leta (*engl. Top*). Sektor viših razina proteže se od razine leta FL 355 do razine leta FL 375, a sektor vrlo visokih razina od razine leta FL 375 do razine leta FL 660. [8]

3. Kritična područja unutar strukture arhitekture zračnog prostora

Kritična područja unutar sustava arhitekture zračnog prostora su ona područja koja direktno i indirektno pridonose ograničavanju kapaciteta zračnog prostora. Kroz implementaciju rješenja za rekonfiguraciju zračnog prostora, problemi koji proizlaze iz trenutne arhitekture, bili bi uklonjeni. Za razradu optimalnog rješenja, problematika se razmatra sa dva stajališta: čimbenici koji ograničavaju ukupan kapacitet i ograničavajući čimbenici otpornosti i prilagodljivosti kapaciteta.

3.1. Trenutačna organizacija sustava upravljanja zračnim prometom

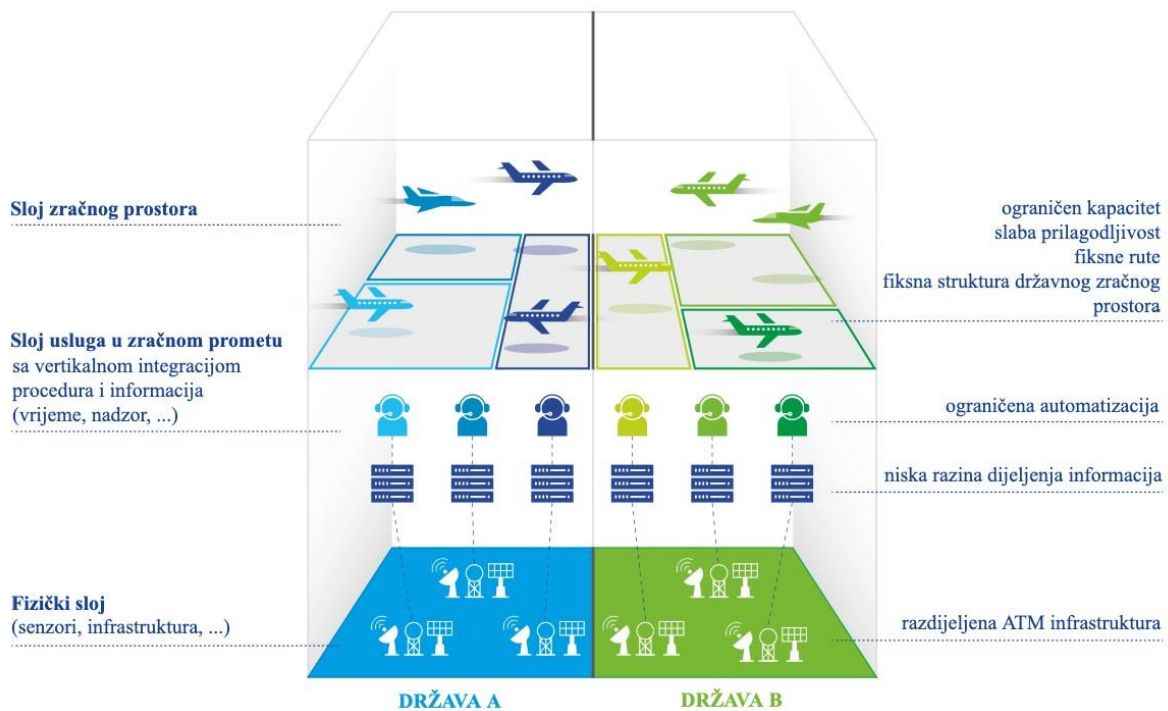
Trenutačna organizacija je nastala zbog povijesnog razvoja ATM sustava. Rezultat razvoja je razdijeljen sustav koji se ograničava državnim granicama. Inicijativa SES i istraživački program na području upravljanja zračnim prometom u Europi (*engl. Single European Sky ATM Research – SESAR*) nastale su kako bi se fragmentacija smanjila, a harmonizacija i interoperabilnost povećale.

Pružatelji usluga u zračnoj plovidbi (*engl. Air Navigation Service Provider – ANSP*) kontroliraju zračni prostor koji je uglavnom uvjetovan državnim granicama. Zračni prostor svake države je organiziran u jednu ili više regija letnih informacija, od kojih svaka regija ima svoju jedinicu oblasne kontrole zračnog prometa. Svaka jedinica oblasne kontrole zračnog prometa (*engl. Area Control Centre - ACC*) ima integrirani sustav za obradu letnih podataka. Podaci koji se obrađuju uključuju letne informacije, vremenske uvjete, nadzorne i zrakoplovne podatke. Obradene informacije predstavljaju važnu potporu u predviđanju prometne potražnje, razdvajanju, otkrivanju konflikata i određivanju sigurnosnih mjera. Proces obrade podataka je automatiziran do određene razine, no čovjek i dalje igra važnu ulogu u planiranju i izvršavanju mjera za otkrivanje i rješavanje konfliktnih točaka.[17]

Svaka jedinica oblasne kontrole zračnog prometa ima svoje vlastite senzore za komunikaciju, navigaciju i nadzor (*engl. Communication, Navigation, Surveillance – CNS*) i meteorološke (*engl. Meteorology – MET*) senzore unutar svog zračnog prostora. Za komunikacijom sa drugim sudionicima u zračnom prometu, poput susjednih jedinica oblasnih kontrola zračnog prostora, upravitelja mreže i zračnih luka, opremljeni su i opremom za

komunikaciju zemlja-zemlja. Unatoč tome, razina dijeljenja informacija izvan ACC-a je ograničena. Ostali sudionici izvan određene oblasne kontrole zračnog prometa mogu samo do određene razine biti svjesni stvarnog stanja i mogućih promjena u okolini, poput promjene putanje leta koju je odredila nadležna ACC.

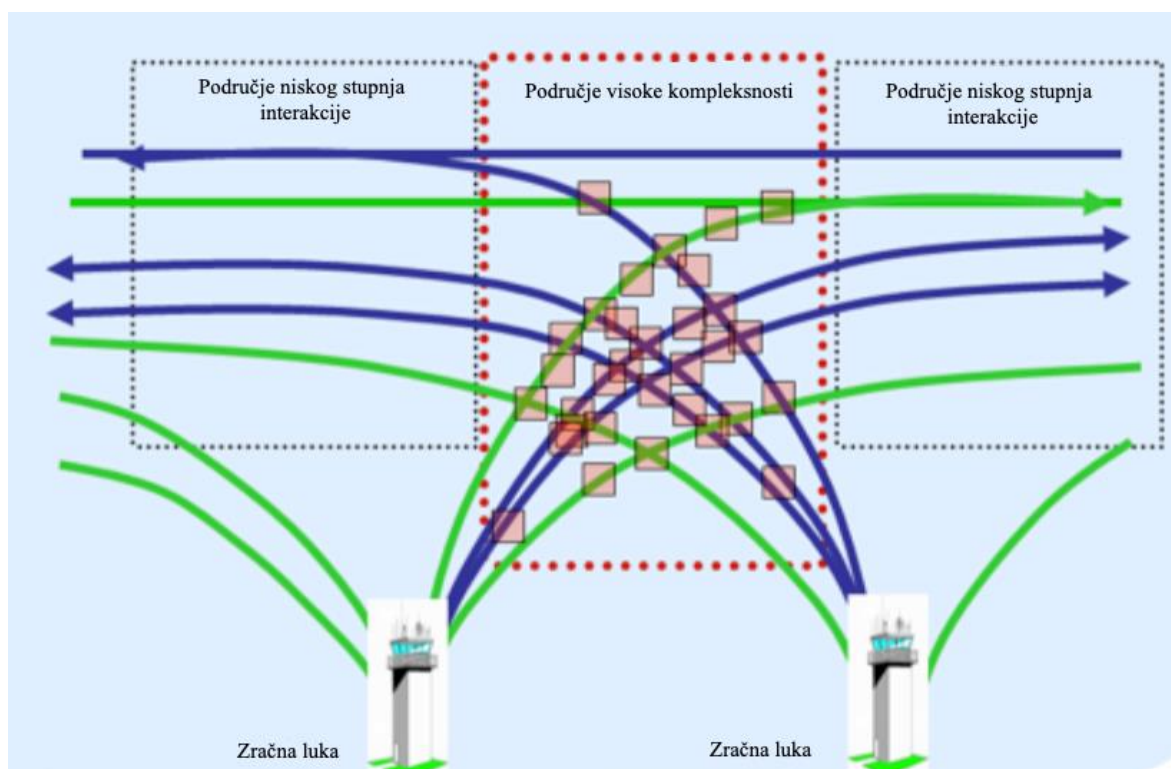
Trenutačna arhitektura



Slika 10: Prikaz organizacije trenutačne arhitekture zračnog prostora Europe, [17]

Sektori i sektorske skupine predstavljaju daljnju operativnu podjelu svake jedinice oblasne kontrole zračnog prometa. Kontrolori zračnog prometa su najčešće školovani i licencirani za rad u više sektora unutar jedne jedinice oblasne kontrole zračnog prometa. Određivanje sektorskih skupina temelji se na činjenici da unutar zračnog prostora postoje područja visokog i niskog stupnja interakcije, prikazani na slici 10.

Područja visokog stupnja interakcije podrazumijevaju dijelove zračnog prostora gdje su zadaci ATM-a kompleksniji zbog određenih faktora poput velike prometne gustoće, prirode samog prometa, broju konflikata te mogućih ograničenja zračnog prostora. Područja niskog stupnja interakcije su ona područja u kojima postoji manji broj konflikata te je promet relativno stabilan, čime zadaci kontrolora zračnog prometa postaju manje kompleksni. Područja visoke i niske kompleksnosti i njihov odnos prikazani su slikom 11.

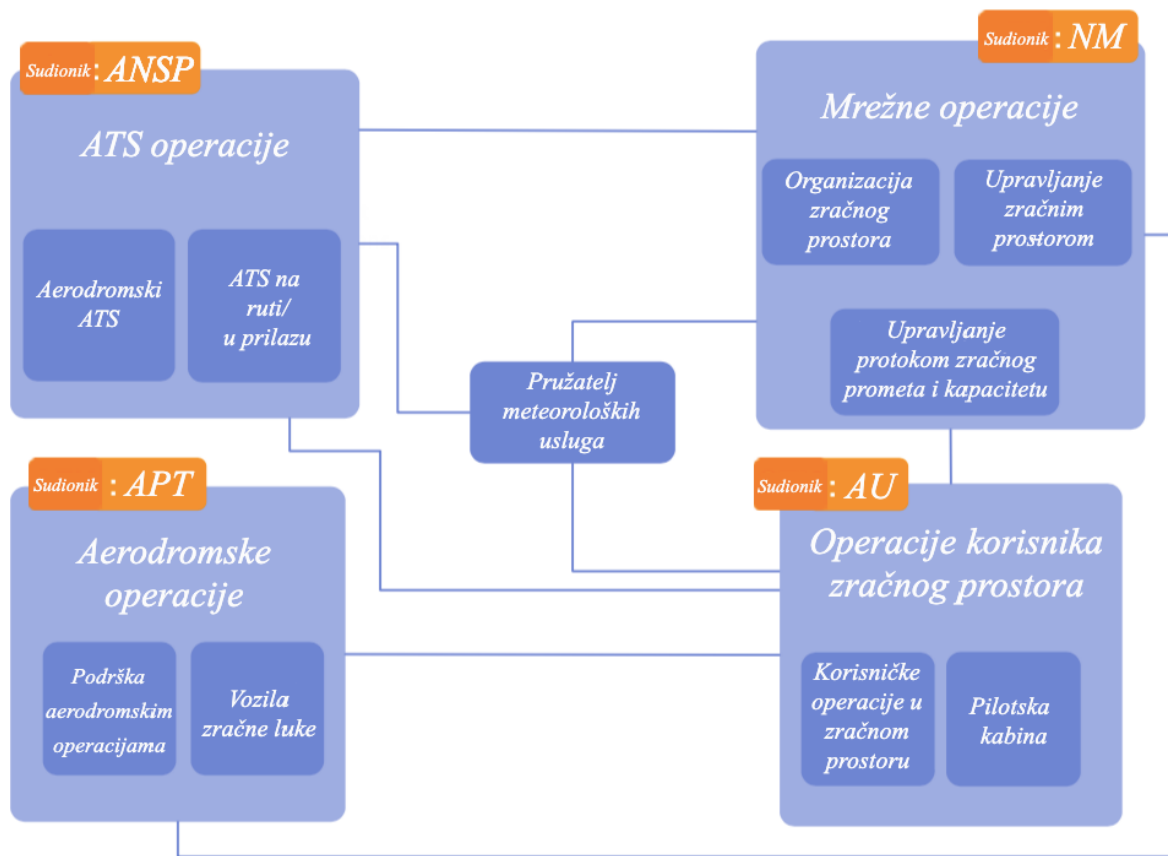


Slika 11: Prikaz područja visoke i niske kompleksnosti, [18]

Sektorske grupe trebaju biti sastavljene od elementarnih sektora sa visokim stupnjem interakcije, gdje je važna dobra koordinacija s drugim kontrolorima zračnog prometa. Na definiranje sektorskih skupina također utječe kombinacija gustoće prometa, prirode prometa i topologije zračnog prostora. Kako bi se omogućila koordinacija preko sektora, mogu se stvoriti umjetna područja niske kompleksnosti, najčešće na granicama FIR-ova. Stvaranje umjetnih područja niske kompleksnosti unutar područja visoke kompleksnosti ima utjecaj na operativne performanse. Dizajn sektorskih skupina ovisi o operativnim zahtjevima i operativnoj praktičnosti.

Za optimalan dizajn je važno da je priroda prometa slična i da postoji mogućnosti fleksibilne konfiguracije sektora. Sektorske grupe moraju biti konfigurirane tako da se više konfliktnih točaka nalazi u skupini, ali ne i u jednom sektoru radi boljeg rješavanja konflikata. Za područja visoke kompleksnosti preporuča se da se u sektorskoj skupini nalaze između četiri i šest sektora, dok je za područja niske kompleksnosti preporučeno šest do osam sektora staviti u jednu sektorsku skupinu.[18]

Slika 12 prikazuje glavne poslovne funkcije podijeljene prema četiri glavna sudionika u ATM sustavu: pružatelji usluga u zračnoj plovidbi, upravitelj mreže, zračne luke i korisnici zračnog prostora.



Slika 12: Sudionici u ATM sustavu, [18]

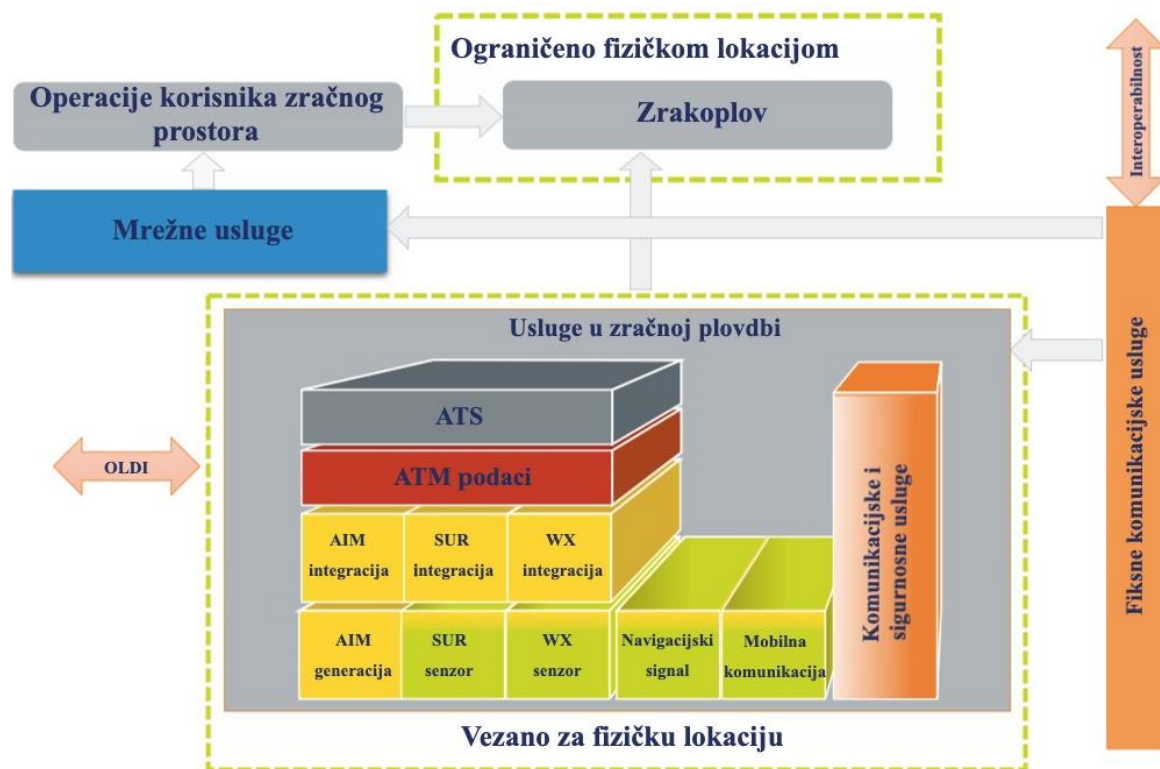
Operacije svih sudionika u zračnom prometu povezane su i od izuzetne je važnosti visoka razina komunikacije i dijeljenja informacije kako bi se osiguralo besprijekorno i sigurno odvijanje svih operacija.

Širom Europe en-route ATM pružan je od strane pružatelja usluga u zračnoj plovidbi preko jednog ili više centara oblasne kontrole zračnog prometa. U pogledu fizičkih lokacija, u Europi ATM sustav sastoji se od:

- 62 centra oblasne kontrole zračnog prometa na ruti i/ili kontrole gornjeg zračnog prostora (*engl. Upper Area Control – UAC*) od kojih je svaki odgovoran za pružanje ATM usluga za dio zračnog prostora,

- 262 pristupa uslugama koje su povezane s centrom oblasne kontrole zračnog prometa ili toranjskim objektima i 16 samostalnih pristupnih centara i
- 406 zračnih luka s aerodromskim službama zračnog prometa.[19]

Sustav europskog ATM-a je skup zasebnih sustava kojima upravljaju pružatelji usluga koji operiraju svaki sa malo drugačijim pravilima i procedurama, prikazano slikom 17. Razina inteoperabilnosti između tih sustava je iz tog razloga vrlo niska.



Slika 13: Arhitektura pružatelja usluga u zračnoj plovidbi, [17]

Unutar same arhitekture sustava ANSP-a, prikazana slikom 13, zbog prije navedenih razloga postoji ograničena fleksibilnost u rutiranju letova i raspodjele kontrolora zračnog prometa. Uz visok stupanj fragmentacije strukture ATM-a, cjelokupni sustav nije prilagodljiv i kapaciteti su izrazito ograničeni.

3.2. Ograničavajući čimbenici za kapacitete

Zračni prostor je organiziran u regije zrakoplovnih informacija koje obuhvaćaju državne granice, i po potrebi, zračni prostor iznad mora. Usluge upravljanja zračnim prometom na ruti nude se kroz jedan ili više FIR-ova, ovisno o potrebama i ruti kojom zrakoplov leti. Postojeće granice ACC-a temelje se uglavnom na državnim granicama, no u određenim slučajevima mogu uključivati prekogranične delegacije zračnog prostora. Svaki ACC centar je dalje podijeljen na manje jedinice, tzv. sektore, koji mogu operirati samostalno ili ih se može grupirati ovisno o samom prometnom stanju i potražnji za uslugama upravljanja zračnim prometom. Oblikovanje sektora unutar ACC-a se znatno razlikuje u ovisnosti o kompleksnosti samog područja i gustoće prometa. Iz tih razloga sektori mogu biti relativne male veličine i izrazito visoke organiziranosti.[17]



Slika 14: Prikaz sektora Europe i donjeg zračnog prostora, [17]

Zbog same kompleksnosti sustava i ovisnosti samog dizajna sektora o vanjskim čimbenicima, dodatna podjela sektora nije preporučljiva, jer se time kapaciteti samo minimalno povećavaju. Dodatno generiranje sektora povećava potrebu za koordinacijom sektora preko granica i povećava radno opterećenje. Podjela sektora također može uvesti nove neučinkovitosti, a time i gubitak kapaciteta sektora zbog nedostatka prostora za rješavanje potencijalnih sukoba.[17]

3.2.1. Ograničena uporaba podatkovne komunikacije

Upute koje kontrolor zračnog prometa izdaje pilotu mogu biti glasovne i moraju poštivati standard koji je postavio ICAO. Ta ograničenja sprječavaju evoluciju prema naprednijim metodama interakcije između kontrolora zračnog prometa i pilota koji bi smanjili radno opterećenje kontrolora zračnog prometa, povećali kapacitete i omogućili optimiziranu putanju leta iz perspektive korisnika zračnog prostora. Zadaci glasovne komunikacije predstavljaju između 35% i 50% ukupnog radnog opterećenja izvršnog kontrolora zračnog prometa. Frekventno zagušenje na sektorskim frekvencijama je dobro poznato ograničenje te dovodi do visoke zasićenosti radijskih frekvencija, što je jedan od glavnih čimbenika u određivanju kapaciteta sektora.

Europa trenutno ulaže u podatkovne veze za en-route usluge. Usluge komunikacije kontrolor-pilot podatkovne veze (*engl. Controller-Pilot Data Link Communication – CPDLC*) omogućuju automatiziranje rutinskih razmaka kontrole zračnog prometa (*engl. Air Traffic Control – ATC*). Korištenje dodatnog komunikacijskog medija, kao što je CPDLC, nudi potencijal za ublažavanje nekih zagušenja i smanjenje opterećenja sektora i kontrolora zračnog prometa.[20]

Procjenjuje se da je opremljenost CPDLC-a od 75% dovela do smanjenja ATC opterećenja od 11%. Komunikacija podataka je ključna za modernizaciju ATM-a kako bi se omogućila sofisticiranija interakcija između kontrolora zračnog prometa i pilota. Dok se CPDLC pokazao kao važna značajka, to je ipak samo jedna od mnogih komunikacijskih usluga i inovacija koje su potrebne za poboljšanje performansi kontrole zračnog prometa.[20]

3.2.2. Ograničenja u automatizaciji kao pomoć kontrolorima zračnog prometa

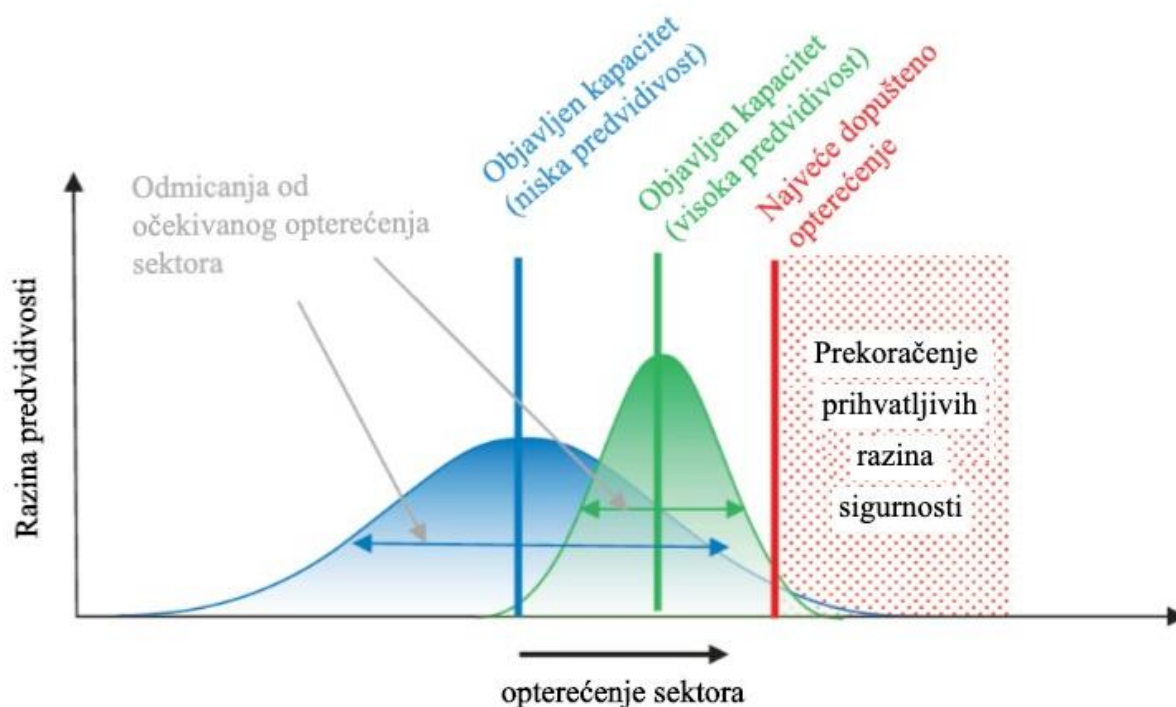
Unutar trenutačnog sustava, razina automatizacije je niska. Glavni razlog tome je manjak dostupnosti podataka koji mogu utjecati na putanju, jer se procesi nadzora, sprječavanje sukoba i razrješavanje sukoba odvijaju unutar glave kontrolora zračnog prometa koji si stvara mentalnu sliku o namjeri samog leta. Određena podrška za automatizaciju dostupna je kontroloru zračnog prometa za procjenu detaljnih namjera leta i za procjenu utjecaja ATC uputa prije izdavanja pilotu. Instrukcija ATC-a mora riješiti sukob, ali ne smije stvarati druge sukobe dok to čini. Ta ograničenja u podršci automatizacije podrazumijevaju da je za upravljanje prometom još uvijek potreban značajan ljudski napor. Dodatna automatizacija je ključ povećanja sveukupnog kapaciteta, jer omogućuje veći kapacitet unutar sektora.[15]

3.3. Ograničavajući čimbenici otpornosti i prilagodljivosti kapaciteta

Velik broj podataka koji utječu na putanju zrakoplova nisu unaprijed poznati, što ograničava predvidivost putanje i ima negativan utjecaj na kapacitet kontrole zračnog prometa. Česte pojave koje dovode do nepredvidivosti samog leta uključuju putnike koje kasne ili smanjeni kapacitet uzletno-sletne staze zbog vremenskih prilika.

Tijekom leta postoje operativne procedure za predaju zrakoplova između različitih ACC-a, ali su one nepoznate korisniku zbog zračnog prostora. One mogu ograničiti dostupne visine krstarenja ili odrediti ulazne točke za ulazak u susjedni sektor. Potencijalne sukobe između zrakoplova kontinuirano se rješavaju putem izdavanja uputa koje utječu na vertikalnu putanju, bočno kretanje i brzinu. Promjene u dostupnosti zračnog prostora mogu se pojaviti zbog vojnih rezervacija ili lošeg vremena.

Kako bi se smanjio utjecaj nepoznavanja svih uvjeta, za kapacitete se uvodi tzv. „buffer“, čime se smanjuje efikasno korištenje ljudskih resursa, kao što je prikazano na slici 15. Buffer omogućuje sigurnu uporabu objavljenog kapaciteta. Objavljeni kapacitet je manji od maksimalno dozvoljenog opterećenja i smanjen je prema tome, koliko je putanja leta neizvjesna. Što je predvidljivost veća, to je objavljeni kapacitet bliži maksimalno dozvoljenom opterećenju. Odnos objavljenog i očekivanog kapaciteta je prikazan slikom 15.



Slika 15: Odnos objavljenog i maksimalno dozvoljenog kapaciteta, [22]

3.3.2. Ograničeno dijeljenje informacija i interoperabilnost

Sustav kontrole zračnog prometa ne može ublažiti negativan utjecaj nedostataka nastalih zbog povijesnog razvoja sustava. Interoperabilnost i razmjena podataka između ACC-ova izrađeni na jednostavnim standardima razmjene. Standardi razmjene koji se danas primjenjuju ne uključuju sve čimbenike koji utječu na putanju leta. Rezultat takvog ograničenja je smanjena predvidljivost, zbog čega cjelokupna mreža slabije funkcionira.

Zrakoplovne informacije, informacije o vremenu i podaci o letu koji su potrebni za pružanje usluga u zračnoj plovidbi su konfigurirani samo za sustav odgovoran za to područje. Neusklađene tehnologije i neusklađeni postupci otežavaju dijeljenje istih informacija s drugim sudionicima. Većina ANSP sustava relativno su monolitni sustavi s vlasničkim sučeljima koji se ne mogu jednostavno povezati sa sustavima drugih industrijskih pružatelja usluga, osim nekoliko potrebnih sučelja (npr. On-line razmjena podataka – *engl. On-line Distribution of Information - OLDI*).[23]

3.3.3. Ograničenja fleksibilnosti u korištenju resursa kontrolora zračnog prometa u jedinicama oblasne kontrole zračnog prometa

Trenutna podjela operacija temelji se na podjeli zračnog prostora u sektore, gdje je svaki kontrolor zračnog prometa odgovoran za pružanje usluga u jednom sektoru, pri čemu najčešće zajedno rade planerski kontrolor zračnog prometa i jedan izvršni kontrolor zračnog prometa koji preuzima punu odgovornost za sektor. Svaki sektor ima svoje specifičnosti koje se odnose na oblik sektora, dostupnih ruta, izlaznih i ulaznih točaka za niži zračni prostor, obrasce prometa i slično.[24]

Kako bi kontrolor zračnog prometa mogao raditi u sektoru mora posjedovati licencu kontrolora zračnog prometa te mora biti obučen i certificiran kako bi razumio i rješavao specifičnosti određenog sektora. Programi obuke uključuju obuku u učionici i simulatoru kao i obuku na radnom mjestu s prometom uživo s instruktorom. Minimalni broj stvarnih kontrolnih sati potrebnih za zadržavanje odobrenja za sektor utvrđuje državno nadzorno tijelo (*engl. National Supervisory Body – NSA*). Ukoliko kontrolor zračnog prometa ne ispuni taj minimalan broj sati, npr. zbog bolovanja ili neoperativnih zadataka u ANSP-u, potrebno ga je ponovo osposobiti za rad na sektor prije nego što se može vratiti na radno mjesto. Ako je kontrolor zračnog prometa certificiran za više sektora, fleksibilnija je raspodjela usluga ANSP-a na bilo koji dan, jer mu se može dodijeliti rad na bilo kojem sektoru za koji je odobren. Raspodjela usluga mora također osigurati kontroloru zračnog prometa održavanje odobrenja za sve sektore za koje je certificiran, što postaje sve teže ako je kontrolor zračnog prometa odobren za više sektora.[24]

Europski pružatelji usluga koji pružaju usluge na velikim geografskim područjima obično imaju svoj zračni prostor podijeljen u sektorske skupine, pri čemu svaki kontrolor zračnog prometa može raditi u samo jednoj sektorskoj skupini. Broj sektora za koje kontrolor zračnog prometa može biti certificiran predstavlja ograničenje u fleksibilnosti dodjele kontrolora zračnog prometa sektorima, u svrhu zadovoljavanja potražnje, ne samo preko granica europskih oblasnih kontrolnih centara, već i unutar granica velikih europskih ACC-a. Posljedica toga je da je dostupnost kapaciteta kroz cijelu mrežu izrazito kruta, dok je prometna potražnja promjenjiva. Rezultat toga je istovremena prekapacitiranost.[24]

3.3.4. Geografska ograničenja pružanja usluga u zračnom prometu

Jedno od glavnih povijesnih ograničenja u uspostavi pružanja ATM usluga, i glavni uzrok fragmentacije, je snažno povezivanje između fizičkih lokacija, odakle se pružaju usluge, u odnosu na mjesto gdje se nalazi korisnik usluge. To znači da svaki ACC može ponuditi kapacitet samo za fiksni i unaprijed definirani volumen zračnog prostora.

Glavni tehnički ograničavajući čimbenici su:

- Korištenje slabe propusnosti, komunikacijske tehnologije visoke latencije za komunikacije na tlu koje ograničava mogućnost pružanja udaljenih usluga.
- Komunikacijska, navigacijska i nadzorna tehnologija koja koristi radio signale unutar vidnog polja, što znači da zrakoplovi moraju biti u opsegu i vidljivosti zemaljske opreme. Isto vrijedi i za svemirsku CNS infrastrukturu, gdje je vidno polje sustava puno veće i time obuhvaća veće područje.
- Različite frekvencije za analogni zračno-zemaljski radio koriste se za komunikaciju između kontrolora zračnog prometa. To zahtijeva koordinirano upravljanje složenim načinom raspodjele frekvencija u europskoj ATM mreži, budući da niti jedna antena koja koristi istu frekvenciju ne bi trebala biti u istom rasponu bilo kojeg zrakoplova.[22]

Ključni tehnički čimbenici koji smanjuju geografsku ovisnost za ATM na ruti su značajan napredak u komunikacijama na tlu i pouzdanost sustava.

3.4. Pregled faktora koji ograničavaju kapacitet

Tablice 3 i 4 prikazuju glavne faktore koji ograničavaju cjelokupni kapacitet te ograničavaju prilagodljivost i otpornost kapaciteta sustava pružanja usluga u zračnoj plovidbi.

Faktori koji ograničavaju cjelokupni kapacitet	
Neoptimalna organizacija zračnog prostora	<ul style="list-style-type: none">• Trenutačna organizacija zračnog prostora nije još u potpunosti optimizirana prema tokovima mreže, što ograničava prekograničnu kooperaciju.
Ograničeno korištenje podatkovne komunikacije	<ul style="list-style-type: none">• Trenutačni procesi komunikacije, koji su uglavnom glasovne, dovode do zasićenosti radijskih frekvencija te ograničava kapacitete sektora.• Sofisticiranije interakcije između kontrolora zračnog prometa i pilota zahtijevaju podatkovne veze koje mogu podržati prijenos vremenski i sigurnosno kritičnih uputa.

Ograničene mogućnosti za generiranje novih sektora	<ul style="list-style-type: none"> • Svako generiranje sektora zahtjeva novu frekvenciju. U jako opterećenim područjima postoji velika ograničenost u dostupnosti frekvencija. • Neki sektori su već jako mali i ne može ih se dalje podijeliti bez da se ne stvore operativni problemi.
Ograničena automatizacijska podrška za kontrolore zračnog prometa	<ul style="list-style-type: none"> • Trenutačna tehnologija koja se koristi u većini jedinica oblasne kontrole zračnog prometa ne pruža optimalnu razinu automatizacije koja bi omogućila stvaranje dodatnog kapaciteta. • Ograničena automatizacijska podrška znači da je i dalje potreban veliki ljudski napor kako bi se upravljalo prometom. Sustav radi toga ima smanjenu mogućnosti prilagodbe na povećanje potražnje.

Tablica 3: faktori koji ograničavaju cjelokupni kapacitet

Izvor: [22]

Faktori koji ograničavaju prilagodljivost i otpornost kapaciteta	
Ograničena predvidivost	<ul style="list-style-type: none"> • Veliki „bufferi“ koji se postavljaju u fazi planiranja i fazi izvršavanja zbog manjka predvidivosti, smanjuju iskoristivost kapaciteta. • Manjak optimizacije putanja u fazama planiranja i izvršavanja znači da se potencijalni raspoloživi kapaciteti na razini mreže ne mogu ostvariti.
Ograničeno dijeljenje podataka i interoperabilnost	<ul style="list-style-type: none"> • Ograničenost u interoperabilnosti i dijeljenju informacija dovode do suboptimalnog sustava • Suboptimalnost se odnosi na neefikasno korištenje raspoloživog kapaciteta na razini mreže.
Ograničena fleksibilnost u korištenju resursa kontrolora zračnog prometa (<i>engl. Air Traffic Control Officer – ATCO</i>) u svim ACC-ovima	<ul style="list-style-type: none"> • Kvalifikacije za kontrolora zračnog prometa su ograničene na broj sektora ili kombinacije sektora, najčešće unutar jedne specifične jedinice oblasne kontrole zračnog prometa. Ograničenja u pogledu broja sektora za koji ATCO može biti kvalificiran smanjuje sposobnost kontrolora zračnog prometa za održavanje dodatnih konfiguracija koje uključuju sektore u drugoj ACC.
Geografska ograničenja u pružanju usluga u zračnom prometu	<ul style="list-style-type: none"> • Fizička lokacija svih usluga koji se pružaju u sklopu usluga u zračnom prometu u današnjoj arhitekturi je čvrsto vezana na lokaciju na kojoj se nalazi zrakoplov koji zahtjeva te usluge. • Ograničenja u lokaciji smanjuju sposobnosti pružatelja usluga u zračnoj plovidbi da pruže usluge izvan njihovog trenutnog područja odgovornosti. • U isto vrijeme, geografska ograničenost smanjuje sposobnost dijeljenja tehničkih usluga između više pružatelja usluga u zračnoj plovidbi.

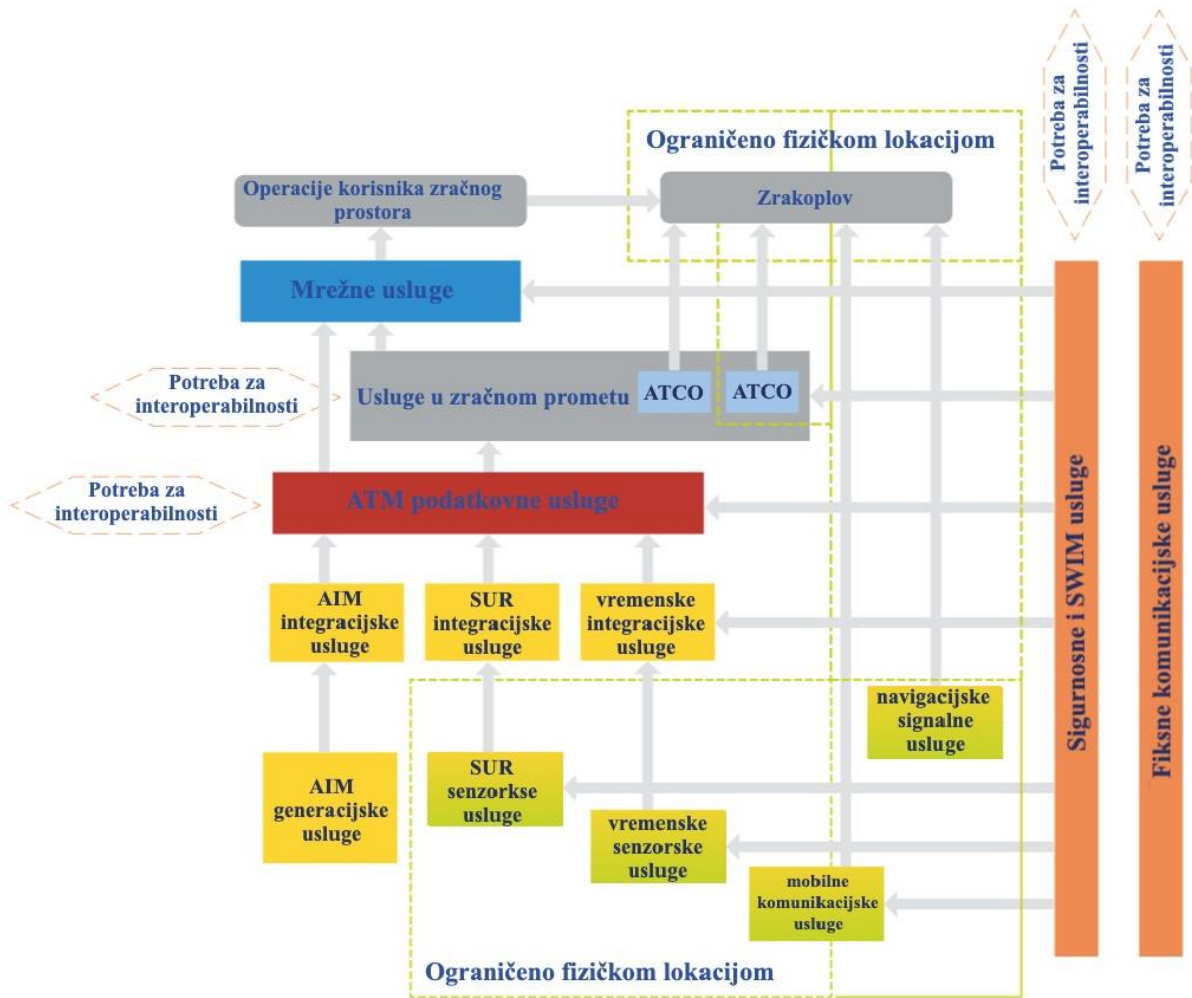
Tablica 4: Faktori koji ograničavaju prilagodljivost i otpornost kapaciteta

Izvor: [22]

4. Moguća rješenja u svrhu optimiziranja sustava arhitekture zračnog prostora

Kako bi se ublažili utjecaji navedeni u prijašnjim poglavljima, sva rješenja implementacije nove arhitekture zračnog prostora proizlaze iz potrebe za besprijekornim en-route jedinstvenim europskim nebom. Pri ostvarivanju tog cilja važno je rješenja promatrati kroz različita područja. Zračni prostor i kapacitet te prilagodljivost i otpornost su u ovom pogledu najvažnija područja kroz koje se procjenjuju najbolja rješenja u svrhu optimiziranja arhitekture zračnog prostora.

Prijedlog nove arhitekture zračnog prostora uključuje optimiziranu strukturu zračnog prostora i operativnu harmoniju, povećava kapacitete ATM-a, kako bi mogli izvršavati svoje zadatke sigurno i efikasno, omogućuje letovima operacije po preferiranim rutama, povećava otpornost sustava na incidente u odnosu na sigurnost, efikasnost i kapacitet te olakšava civilnim i vojnim korisnicima pristup zračnom prostoru. Nova arhitektura predlaže i optimiziranu strukturu ATM usluga, kako bi se povećala interoperabilnost i otpornost sustava. Novi tok unutar ATM sustava prikazan je slikom 16.



Slika 16: Operativni tok sustava pružanja usluga u zračnom prometu, [22]

Virtualni centri uključivati će usluge kako je to opisano u tablici 4. Usluge navedene u tablici se mogu pružati potpuno neovisno jedna od druge i mogu ih pružati različiti pružatelji usluga.

Usluge u zračnom prometu (ATS)	Usluge u zračnom prometu su osnovne usluge koje održavaju razmak između zrakoplova, ubrzavaju i održavaju uredan protok zračnog prometa. Odobrenja izdaju jedinice za kontrolu zračnog prometa pilotima radi osiguranja potrebnog razmaka između zrakoplova. Kako bi mogli pružati usluge u zračnom prometu, kontrolori zračnog prometa se oslanjaju na ATM podatkovne usluge.
ATM podatkovne usluge	ATM podatkovne usluge pružaju podatke potrebne za pružanje ATS-a. Uključuju funkcije povezane s obradom podataka o letu, kao što su korelacija leta, predviđanje putanje, otkrivanje i rješavanje sukoba te planiranje upravljanja dolaskom. ATM podatkovne usluge oslanjaju se na integracijske usluge za vremenske prilike, nadzor i zrakoplovne informacije. Također su

	zaduženi za koordinaciju i sinkronizaciju ATM podataka koji su povezani sa interakcijama putanja.
Integracijske usluge	Integracijske usluge za upravljanje zrakoplovnim informacijama, nadzor i vrijeme omogućuju geografski šire pokriće za usluge koje su inače geografski ograničene. Izgrađujući te usluge na zahtjevima usluga temeljenih na performansama i stvaranjem standardiziranih sučelja, omogućuje se stvaranje usluga ratličitih svojstva koje pružaju različiti pružatelji usluga.
Geografski fiksne usluge	To su usluge koje imaju fiksni odnos s geografskim položajem. Oni uključuju pružanje navigacijskih signala, vremenskih i nadzornih senzora te osiguranje antena za komunikaciju zrak-zemlja.
Mrežne usluge	Uključuje upravljanje protokom i kapacitetom zračnog prometa (<i>engl. Air Traffic Flow and Capacity Management - ATFCM</i>), postojeće mrežne funkcije i upravljanje mrežnim krizama.
Transverzalne usluge	Uključuje upravljanje informacijama širom sustava (<i>engl. System-Wide Information Management - SWIM</i>), zemaljske komunikacije i sigurnosne usluge.

Tablica 5: Usluge uključene u virtualne centre

Izvor: [22]

Važno je primijetiti kako pri vertikalnom i geografskom razdvajanju usluga nije moguće razdvojiti usluge koje su geografski vezane za određeno područje. Najbolji primjer toga je fizička CNS oprema poput antena, radara i senzora. Interakcija zrakoplova i CNS opreme se vrši na temelju lokacije zrakoplova u odnosu na opremu u bilo kojem zadanom vremenu. Ostale usluge unutar arhitekture se mogu definirati tako da njihova geografska lokacija ne utječe na područje koje pokriva ili za koje je odgovorno. To znači da je njihova lokacija u potpunosti irelevantna za obavljanje usluge, da ju je moguće dinamički prilagoditi ili da se može u potpunosti popraviti. Usluge koje nisu geografski vezane za određeno područje mogu biti pružane virtualnim putem.

Za bolje praćenje problema, predložena rješenja se dijele na dva fokus područj, zračni prostor i kapacitet, prilagodljivost i otpornost, kao što je prikazano u tablici 6. Oba područja se odmiču od današnjeg operativnog koncepta prema operacijama temeljenim na putanjama. Novi koncept dizajniran je kako bi prijevoznicima bilo omogućeno obavljanje letova po preferiranim rutama.

Područje fokusa 1: Zračni prostor i kapacitet	Optimizirana organizacija zračnog prostora – Rješenja koja podržavaju poboljšani dizajn i uporabom zračnog prostora
	Operativna harmonizacija – Izjednačavanje kapaciteta kontrolnih centara sa načinima rada prema najboljim praksama kroz sistematska operativna poboljšanja
	Alati za automatizaciju i produktivnost – Povećana automatizacija potiče kratkoročna, srednjoročna i dugoročna poboljšanja koja povećavaju produktivnost i kapacitete
Područje fokusa 2: Prilagodljivost i otpornost	Virtualizacija i ATM podatkovne usluge – Prijelaz na virtualne centre omogućava veću fleksibilnost u pružanju ATM usluga
	Dinamičko upravljanje zračnim prostorom – dinamička grupacija i razdvajanje sektora, upravljanje osobljem prema potrebi
	Operacije orijentirane na let – Mijenja odgovornost kontrolora zračnog prometa sa upravljanja dijela zračnog prostora na upravljanje nekoliko zrakoplova na istoj ruti
	ATS operacije neovisne o sektoru – Automatizacija kao podrška kontrolorima zračnog prometa kako bi se osigurala ATM usluga bez obuke za specifičan sektor. Školovanje kontrolora zračnog prometa treba se odvijati prema kompleksnosti prometa, ne prema specifičnostima sektora.
	CNS poboljšanja – Prijelaz na sustav koji podržava CNS temeljen na performansama i omogućuje multi-link zrak-zemlja komunikacije te unaprjeđuje GNSS

Tablica 6: Rješenja za ostvarivanje predložene arhitekture prema područjima fokusa

Izvor: [22]

Predloženo Jedinostveno europsko nebo je temeljeno na optimiziranoj organizaciji zračnog prostora, koja je praćena povećanjem automatizacije, kako bi se besprijekorno pružale usluge u zračnom prometu. Države će minimalno kontrolirati zračni promet unutar svog teritorija, no biti će moguće kontrolore zračnog prometa jednog oblasnog centra kontrole zračnog prostora dodijeliti sektoru drugog centra. Sektori će biti dinamički konfigurirani i kapaciteti će se prilagođavati potrebama prometa i mogućnostima na raspolaganju. Dinamičkim upravljanjem će se bolje koordinirati civilna i vojna uporaba zračnog prostora, tako da vojne aktivnosti manje utječu na civilni zračni promet.[25]

Unaprjeđenjem automatizacije se smanjuje potreba za manualnim intervencijama, tako da kontrolori zračnog prometa mogu upravljati većim brojem zrakoplova. Na taj način se mogu osigurati dodatni kapaciteti kada je potrebno.

Zbog fleksibilnosti u određivanju ruta, alociranju kontrolora zračnog prometa i mogućnosti izbora pružatelja podatkovnih usluga, cijeli ATM sustav će biti otporniji i prilagodljiviji.

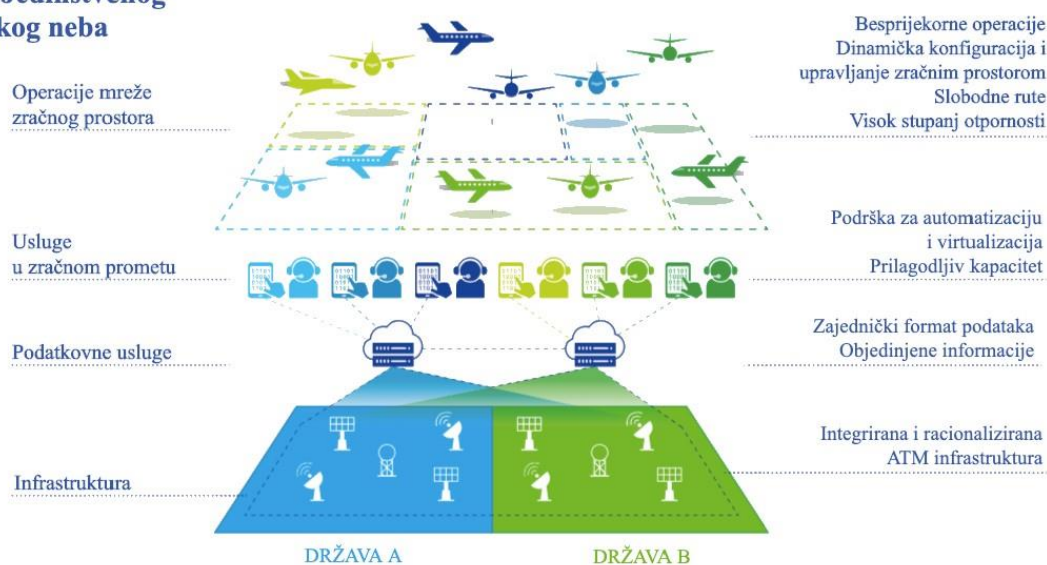
Koncept operacija temeljenih na putanji nastao je kako bi se povećala razina predvidljivosti leta i kolaboracija između svih sudionika u zračnom prometu. Kroz takav pristup, informacije o putanji zrakoplova, meteorološkim uvjetima, zračnom prostoru i zračnim lukama, dobivali bi zračne luke, zrakoplovne kompanije, pružatelji usluga u zračnoj plovidbi i Upravitelj mreže. Informacije na taj način prikazuju koordiniranu i sinkroniziranu putanju leta, sve od faze planiranja leta pa do same faze obavljanja leta.

Operacije temeljene na putanji predstavljaju temeljnu ideju kako poboljšati predvidljivost leta tako da se povisi razina komunikacije i dijeljenja informacija između pojedinih sudionika. Za uspješnu provedbu koncepta važno je prikupljanje što više informacija i njihovo točno tumačenje. SESAR inicijativa tako predlaže uvođenje proširenog plana leta (*engl. Extended Flight Plan – EFPL*), koji uz zadane minimume zahtjeva i informacije koje su važne za svaku točku u putanji zrakoplova. Informacije koje su važne uključuju podatke o brzini i masi zrakoplova te informacije o penjanju i spuštanju zrakoplova. Veći broj specifičnih podataka pomaže kontroli zračnog prometa kao i Upravitelju mreže u predviđanju putanje zrakoplova, čime se poboljšava upravljanje tokom te otkrivanje i rješavanje konflikata.

4.1. Nova predložena arhitektura

Nova arhitektura počiva na poboljšanoj organizaciji zračnog prostora i visokim razinama automatizacije kako bi pružali besprijekorne usluge u zračnom prometu, kao što je prikazano na slici 17.

Sustav Jedinstvenog europskog neba



Slika 17: Predložena arhitektura zračnog prostora Europe, [22]

U predloženom novom sustavu, zrakoplovi i bespilotne letjelice biti će integrirane kroz cijelo ECAC područje, bez ograničenja koje predstavljaju fiksne rute. Organizacija zračnog prostora zajedno sa operacijama i tehnologijama omogućuje zrakoplovima potpuno okruženje zračnog prostora slobodnih ruta (*engl. Free Route Airspace – FRA*). Države i dalje upravljaju svojim zračnim prometom, no postoji mogućnost alokacije kontrolora zračnog prometa prema potrebi. Kontrolori zračnog prometa mogu biti alocirani drugom sektoru unutar druge jedinice oblasne kontrole zračnog prometa, ovisno o opterećenju pojedinog sektora.

Operacije sektora biti će harmonizirane na osnovi najboljih praksa koje su interoperabilne na cijelom području Europske konferencije civilnog zrakoplovstva (*engl. European Civil Aviation Conference – ECAC*). Sektori i sektorske skupine trebaju biti dizajnirane tako da maksimalno podržavaju prometne tokove, bez obzira na državne granice. Kako bi se kapacitet mogao maksimalno prilagoditi potražnji i dostupnosti resursa, uvodi se dinamička konfiguracija sektora i dinamičko upravljanje kapacitetima. Fleksibilno korištenje zračnog prostora osigurava besprijekornu koordinaciju između civilnih i vojnih korisnika, kako bi vojna aktivnost što manje utjecala na komercijalne operacije, dok se ispunjavaju svi zahtjevi vojnih korisnika.

Jedinice oblasne kontrole zračnog prometa biti će povezane na jedan zajednički virtualni sloj ATM usluga. Svaka država i dalje može pružati ATM podatkovne usluge, ali ako se odluči, može bez poteškoća koristiti usluge drugih pružatelja ATM usluga. ATM podatkovne usluge će integrirati letne informacije, meteorološke uvjete, nadzor i zrakoplovne informacije više država, kako bi svaki pružatelj ATM podatkovne usluge mogao pružati tu uslugu i u drugim državama bez poteškoća. Fizički sloj biti će racionaliziran koliko je god moguće, bez da se gubi na pokrivenosti na bilo kojem području. Fizički sloj operira neovisno o jedinicama oblasne kontrole zračnog prometa i opslužuje sve pružatelje ATM podatkovnih usluga.

Fleksibilnost u rutiranju, bolja alokacija kontrolora zračnog prometa, mogućnost odabira pružatelja ATM podatkovnih usluga omogućuje cjelokupnom ATM sustavu veću prilagodljivost i otpornost. Poremećaji u sustavu će imati minimalni utjecaj na korisnike zračnog prostora te će se kapacitet moći bolje prilagođavati zahtjevima korisnika.

4.2. Područje fokusa 1: Zračni prostor i kapacitet

Optimizirana organizacija zračnog prostora uključuje proširenje Zračnog prostora slobodnih ruta i fleksibilno korištenje zračnog prostora (*engl. Flexible Use of Airspace - FUA*).

Cilj zračnog prostora slobodnih ruta je unapređenje efikasnosti leta te sam po sebi ne pridonosi povećanju kapaciteta ili otpornosti ATM sustava, ali mijenja operativni okoliš, što podupire promjenu sustava. Besprijekorni FRA, koji se proteže kroz više FIR-ova za cijelo ECAC područje, omogućuje korisnicima letenje po preferiranoj ruti unutar cijelog ECAC zračnog prostora. Takva promjena omogućuje poboljšanja u operativnim performansama i služi kao pokretač za optimizaciju konfiguracije i dizajna zračnog prostora, harmonizaciju produktivnosti preko cijele mreže i sustava.[26]

Trenutačni sustavi fleksibilnog korištenja zračnog prostora su povećali fleksibilnost civilnog i vojnog korištenja zračnog prometa. Unatoč poboljšanjima, daljnja unapređenja će smanjiti utjecaj vojnih aktivnosti na komercijalni promet. Napredan FUA koncept (*engl. Advanced FUA - A-FUA*) omogućuje civilnim i vojnim korisnicima izražavanje svojih potreba, koje se onda mogu koordinirati unutar ATM sustava za optimalna rješenja.

Optimalan dizajn sektora, kojem je protok u fokusu, maksimizirao bi kapacitet uz minimalno povećanje radnog opterećenja kontrolora zračnog prometa. Za postizanje tog rezultata, određena ograničenja zbog FIR-ova se moraju razriješiti.[28]

Kako bi zračni prostor bio optimalno dizajniran, važno je da:

- se odaziva na zahtjeve civilnih i vojnih korisnika,
- se odaziva na operativne zahtjeve,
- ne podliježe državnim/FAB/FIR granicama,
- nije vezan za donji/gornji zračni prostor,
- uzima u obzir prometne uzorke i prognoze,
- odgovara na zahtjeve performansa,
- podržava vertikalnu i horizontalnu povezanost,
- omogućuje dizajn sektora prema prometnim tokovima i dozvoljava prilagodljive sektorske konfiguracije,
- olakšava dogovaranje o pružanju usluga preko državnih/FAB/FIR granica,
- omogućuje koordinirani pristup vojnim potrebama za zračnim prostorom preko državnih/FAB/FIR granica.[21]

Za optimalni dizajn zračnog prostora važna je i automatizirana podrška koja pruža pomoćne alate na područjima velike prometne gustoće. Pomoćni alati pomažu u procjeni najbolje konfiguracije sektora u zadanom vremenu. Dinamičko upravljanje kapacitetom omogućuje prilagođavanje kapaciteta trenutačnom prometnom opterećenju na način da grupira i razdvaja sektore te po istom pravilu raspodjeljuje kontrolore zračnog prometa. Neiskorišteni kapaciteti se mogu pojaviti bilo gdje tijekom vršnog opterećenja, ali današnji pomoćni alati omogućuju detekciju preopterećenja, no ne nude moguća rješenja za smanjenje opterećenja. [27]

4.2.1. Operativna harmonizacija

Kako bi se omogućila optimizacija zračnog prostora, važna je operativna harmonizacija kako bi se varijacije u performansama između različitih ACC-ova smanjile. Cilj je osigurati da svi centri operiraju na razini 10 – 20% najboljih ACC-a, što će dovesti do povišenog stupnja harmonizacije i interoperabilnosti.

Harmonizacija uključuje:

- Potpunu prilagodbu dizajna i upravljanja zračnim prostorom principima, zahtjevima i specifikacijama opisanim u Planu razvoja europske rutne mreže (*engl. European Route Network Improvement Plan – ERNIP*),
- Usvajanje ATC i ATFM operativnih praksa, procedura i priručnika,
- Zapošljavanje, osposobljavanje, planiranje i raspoređivanje kontrolora zračnog prometa,
- Usvajanje ATC i AFTM alata i podataka za potpuno interoperabilne sustave i razmjena podataka između jedinica kontrole zračnog prometa, zračnih luka, korisnika zračnog prostora i Upravitelja mreže.[23]

Ostvarivanje harmonizacije ovisiti će o specifičnostima svakog ANSP-a i jedinice oblasne kontrole zračnog prometa.

Veća razina harmonizacije postići će se uvođenjem produženog plana leta koji je nastavak ICAO-ovog plana leta. Nove informacije koje se uključuju u plan leta uključuju 4D putanju kako ju je sustav kontrolnog centra izračunao. Izračun pomaže pri stvaranju operativnog plana leta jer informacije o 4D putanji nisu ograničene na osnovne podatke, nego za svaku točku na putanji uključuju i informacije o brzini i masi zrakoplova. U EFPL-u se također navode sposobnosti penjanja i poniranja zrakoplova, specifično za taj let. Kratkoročno se EFPL može koristiti za poboljšanje procesa odobravanja leta od strane Upravitelja mreže, što se uglavnom odnosi na smanjenje broja odbijenih planova leta zbog detaljnijih podataka. Produženi plan leta se također može koristiti kako bi se poboljšala prometna predviđanja, otkrili i razriješili konflikti.[27]

4.2.2. Alati za automatizaciju i produktivnost

Automatizacija je nužna za ostvarivanje operacija temeljenim na putanjama (*engl. Trajectory Based Operations - TBO*), jer je ista ključna za cjelokupno unapređenje performansa ATM sustava. Model automatizacije ima šest razina, od razine 0 “bez automatizacije” do razine 5 “potpuna automatizacija”. Ključni cilj u povećanju stupnja automatizacije uključuje tehnička rješenja koja mogu izvršiti određene pod skupove zadataka kontrolora zračnog prometa u nominalnim uvjetima i pod ljudskim nadzorom. [29]

Razina automatizacije 0 „Bez automatizacije“, podrazumijeva da kontrolor zračnog prometa, tj. Čovjek u potpunosti izvršava cijeli zadatak, od početka do kraja. Na razini automatizacije 1 „Operatorska podrška“, potporni sustav predviđa i predlaže moguće postupke koristeći informacije o okolini. Ostatak zadatka izvršava kontrolor zračnog prometa. Razina automatizacije 2 „Djelomična podrška“, znači da sustav predviđa i izvršava neke dijelove zadatka u najjednostavnijim uvjetima, a kontrolor zračnog prometa obavlja sve ostale dijelove zadatka, ali je spreman u bilo kojem trenutku preuzeti potpunu kontrolu ako zatreba. Na ove tri razine čovjek promatra okolinu.[22]

Na razinama automatizacije tri do pet se oslanja na sustav automatizacije ATC-a za praćenje okoline. Razina 3 „Uvjetovana automatizacija“ podrazumijeva da sustav predviđa moguće događaje i izvršava većinu aspekta kontrolorskih zadataka. Kontrolor zračnog prometa nadzire sustav i spreman je u bilo kojem trenutku intervenirati. „Visoka automatizacija“, tj. razina automatizacije 4, opisuje slučaj kada sustav u potpunosti odrađuje cijeli zadatak kontrole u uvjetima niske kompleksnosti. U uvjetima visoke kompleksnosti, sustav je sposoban definirati i implementirati rješenja bez ljudske intervencije. Na razini automatizacije 5, „Potpuna automatizacija“, sustav izvršava sve zadatke kontrole u svim uvjetima. Ne postoji potreba za ljudskom intervencijom.[22]

			Faze ATM Master Plan-a		
	Razina	Definicija	Faza A	Faze B/C	Faza D
Čovjek nadzire okolinu	0	Čovjek u potpunosti izvršava cijeli kontrolorski zadatak. Bez automatizacije			
	1	Potporni sustav predviđa i predlaže moguće postupe koristeći informacije o okolini. Ostatak zadataka izvršava kontrolor zračnog prometa. Operatorska podrška			
	2	Sustav predviđa i izvršava neke dijelove zadatka u najjednostavnijim uvjetima, a kontrolor zračnog prometa obavlja sve ostale dijelove zadatka, ali je spreman u bilo kojem trenutku preuzeti potpunu kontrolu ako zatreba. Djelomična podrška			
Automatiziran sustav kontrole zračnog prometa nadzire okolinu	3	Sustav predviđa moguće događaje i izvršava većinu aspekta kontrolorskih zadataka. Kontrolor zračnog prometa nadzire sustav i spreman je u bilo kojem trenutku intervenirati. Uvjetovana automatizacija	Obujam studije "Airspace Architecture Study"		
	4	Sustav u potpunosti odrađuje cijeli zadatak kontrole u uvjetima niske kompleksnosti. U uvjetima visoke kompleksnosti, sustav je sposoban definirati i implementirati rješenja bez ljudske intervencije. Visoka automatizacija			
	5	Sustav izvršava sve zadatke kontrole u svim uvjetima. Ne postoji potreba za ljudskom intervencijom. Potpuna automatizacija			

Slika 18: Razine automatizacije, [22]

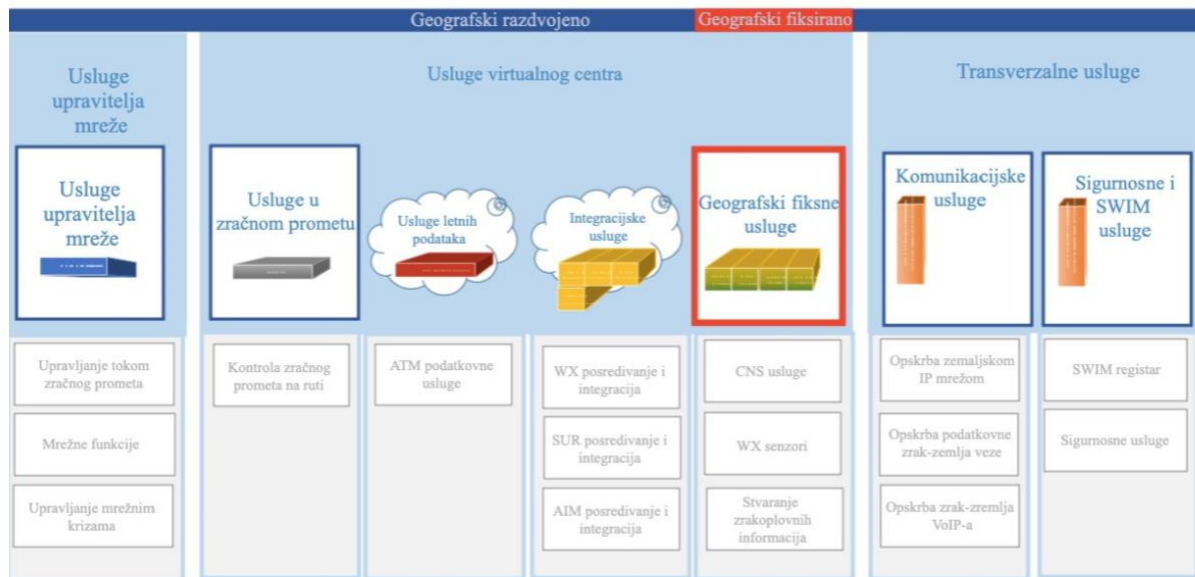
Automatizacija je također važna kako bi pomogla u upotpunjavanju znanja i razumijevanja kontrolora zračnog prometa o području u kojem kontrolira zračni promet. Na taj način se može promijeniti način na koji se kontrolori zračnog prometa školuju i licenciranju te omogućuje implementaciju koncepta dinamičkog upravljanja zračnim prostorom.

4.3. Područje fokusa 2: Prilagodljivost i otpornost.

Ovo područje promatra mogućnosti dinamičkog upravljanja kapacitetima kako bi ATM sustav bio fleksibilniji, otporniji i prilagodljiv.

Cilj takve visoko logičke arhitekture nije propisati izbor implementacije, već pružiti fleksibilnu arhitekturu koja dionicima omogućuje biranje željene implementacije. Logička arhitektura je početak određivanja virtualne infrastrukture koja treba omogućiti vertikalno i

geografsko razdvajanje usluga, što omogućuje integraciju istih usluga na način koji povećava fleksibilnost, otpornost i prilagodljivost sustava. Tijekom uspostave vertikalno i geografski razdvojenih usluga, važno je napomenuti da su neke usluge povezane sa geografskim položajem, kao što je slučaj sa fizičkom CNS opremom, poput radara, antena i meteoroloških senzora. Slika 19 prikazuje točnu raspodjelu usluga i njihovih funkcija u cjelokupnom sustavu pružanja usluga u zračnom prometu.



Slika 19: Podjela usluga na geografski neovisne i geografski fiksne usluge, [35]

4.3.1. Virtualizacija

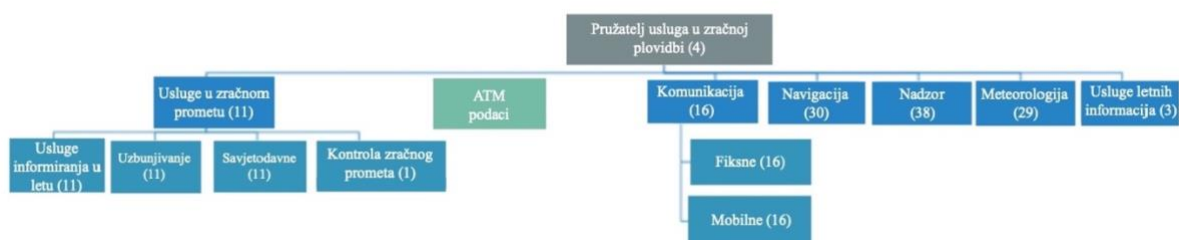
Virtualni centar je sastavljen od jednog ili više ATS jedinica koje koriste ATM podatkovne usluge sa druge lokacije. Ovaj koncept omogućuje geografsko i organizacijsko razdvajanje pružatelja ATM podatkovnih usluga od jedinice pružatelja usluga (*engl. Air Traffic Service Unit – ATSU*). Usluge koje su potrebne za ostvarivanje koncepta virtualnih centara su:

- ATS usluge,
- ATM podatkovne usluge,
- Implementacijske usluge,
- Geografski stalne usluge.[30]

Te usluge mogu biti pružene neovisno jedne o drugima od različitih pružatelja usluga. Također, arhitektura zahtjeva slijedeće usluge na mrežnoj razini:

- Mrežne usluge,
- Transverzalne usluge.[30]

Kako bi se omogućilo stvaranje virtualnih centara, važno je definirati novu strukturu ANSP-a. Nova struktura, kao što je prikazano slikom 20, omogućuje pružanje ATM podatkovnih usluga neovisno o pružatelju usluga u zračnom prometu (*engl. Air Traffic Service Provider – ATSP*), kao što je to moguće za CNS, AIS i MET usluge.



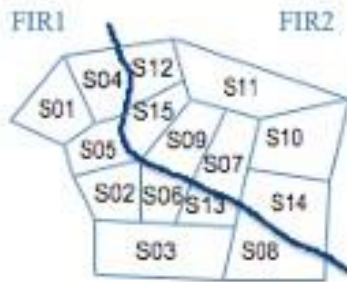
Slika 20: Predloženo proširenje sustava pružatelja usluga u zračnom prometu kako bi se uključile ATM podatkovne usluge, [22]

4.3.2. Dinamičko upravljanje zračnim prostorom

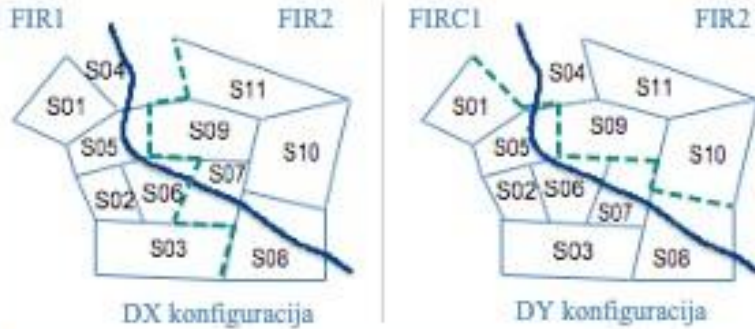
Dinamičko upravljanje zračnim prostorom je koncept dizajniran kako bi se poboljšalo korištenje kapaciteta za vojne i civilne korisnike kroz fleksibilnost u konfiguraciji zračnog prostora i upravljanju iznutra i kroz sva područja odgovornosti ANSP-a.

Slika 21 prikazuje tradicionalnu konfiguraciju s jedne strane i dvije moguće konfiguracije dinamičkog upravljanja zračnim prostorom. Nove konfiguracije omogućuju više opcija za otvaranje sektora kako bi se izjednačile količine prometa sa dostupnosti osoblja. Također, omogućuje detekciju mogućih sektorskih preopterećenja i predlaganje alternativnih konfiguracija zračnog prostora koje će spriječiti moguća preopterećenja.[31]

Tradicionalna sektorizacija duž FIR granica



Sektorizacija dizajnirana preko FIR granica kojima upravlja jedan ili drugi centar ovisno o prometnom toku



Slika 21: Usporedba klasične sektorske konfiguracije i dinamičke sektorske konfiguracije, [21]

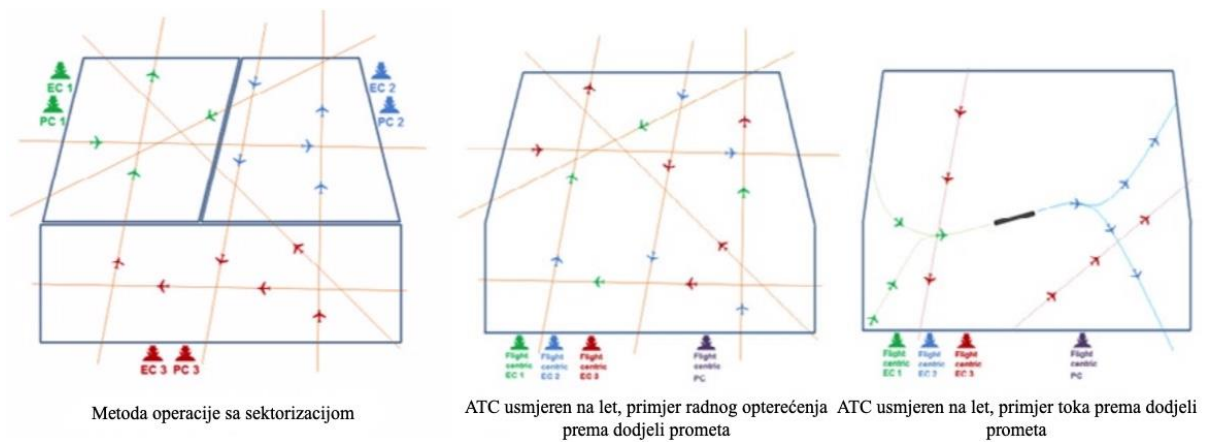
Dinamičko upravljanje zračnim prostorom predstavlja mogućnost fleksibilnog odgovaranja na zahtjeve vojnih i civilnih korisnika, uzimajući u obzir da zahtjevi variraju u vremenu i prostoru. Na taj način se izjednačavaju potražnja i kapacitet te se omogućuje stalna razmjena podataka između svih sudionika putem SWIM sustava.

4.3.3. Operacije orijentirane na let

Prelazak na operacije orijentirane na let prebacuje odgovornost kontrolora zračnog prometa sa kontroliranja dijela zračnog prostora na kontroliranje određenih letova na njihovim putanjama. Takav koncept omogućuje dodjelu letova kontrolorima zračnog prometa s najmanjim opterećenjem, kako bi se postigla uravnoteženija raspodjela radnog opterećenja i poboljša prilagodljivost. Dolazni letovi se dodjeljuju prema logici koja je unaprijed određena i koja za svaki slučaj identificira najmanje opterećene kontrolore zračnog prometa koji mogu preuzeti nadzor nad zrakoplovom. Zajedno sa virtualizacijom, operacije orijentirane na let omogućuju fleksibilnije upravljanje resursima, što zauzvrat povećava prilagodljivost cijelog sustava.[32]

Za ostvarivanje operacija orijentiranih na let, važno je da se operacije alokacije, vizualizacije i koordinacije prilagode specifičnostima operacija orijentiranih na let. Postoji mogućnost zadržavanja sadašnje podjele sektora, uz uvjet povišenja razine kolaboracije. Ako se ostaje pri sadašnjem konceptu sektorizacije, zrakoplovi će i dalje biti dodijeljeni određenom kontroloru zračnog prometa prema geografskoj lokaciji. Kako bi se povećao kapacitet sektora

i smanjilo radno opterećenje kontrolora zračnog prometa, dozvoljeno je kontrolorima zračnog prometa da izdaju odobrenja zrakoplovu u drugom sektoru.



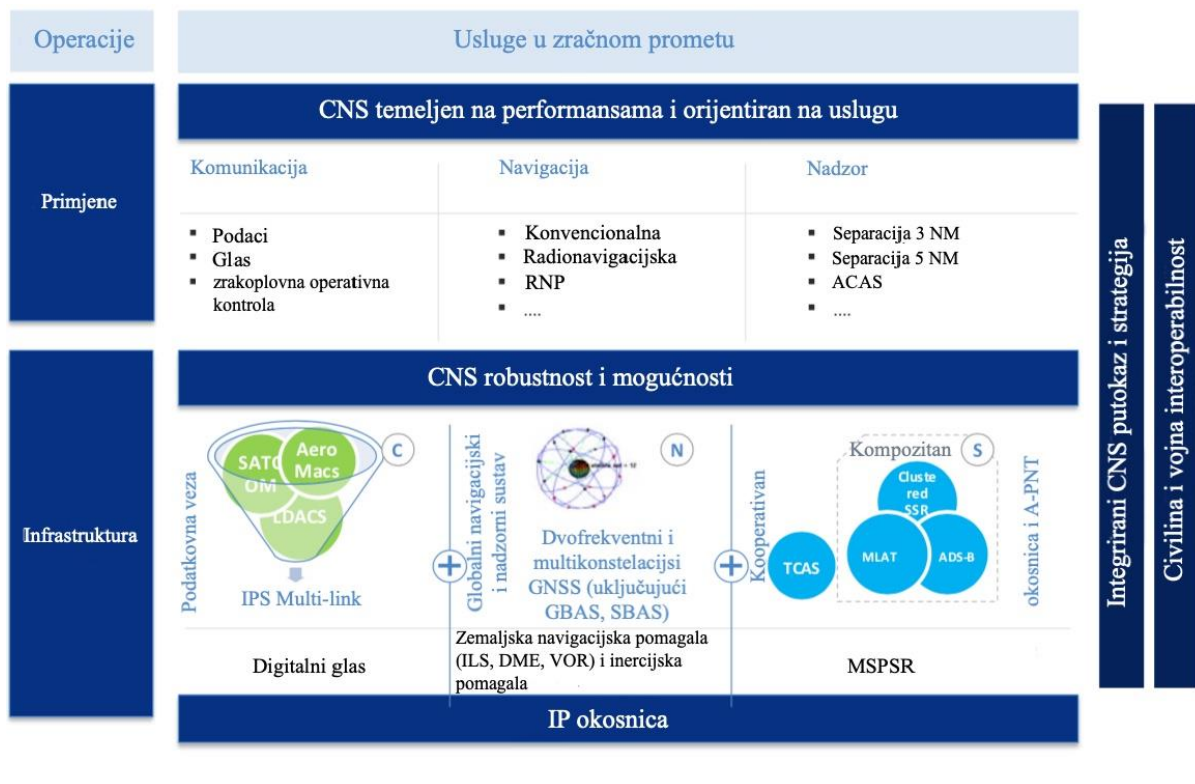
Slika 22: Koncept operacija usmjerenih na let, [22]

4.2.1. Poboljšanja za komunikacijsku, navigacijsku i nadzornu opremu

Razdvajanje integracije usluga i CNS infrastrukturne usluge omogućuje pristup CNS-u kao uslugu temeljenu na performansama. CNS infrastruktura i usluge bazirane su na ugovornim odnosima između pružatelja i korisnika usluga kako bi usluga bila jasno definirana i harmonizirana s ugovorenim razinama usluga.[33]

Usluge temeljene na performansama se odvijaju na razini integracijskih usluga, što omogućuje neovisan razvoj tehnologija specifičnih za određene implementacije. Više usluga mogu biti pružane istovremeno, biti temeljene na različitim tehnologijama i sa različitim kvalitetama usluga. To omogućuje besprijekornu integraciju bez da se korisnik brine za tehničku implementaciju. Pouzdane podatkovne veze velikih kapaciteta su potrebne za omogućavanje optimizirane interakcije između kontrolora zračnog prometa i pilota za vremensko i sigurnosno kritične svrhe razdvajanja.[33]

Glavni elementi budućeg CNS okruženja prikazani su slikom 23. Važna komponenta u stvaranju novog okruženja je dobar internetski protokol (*engl. Internet Protocol – IP*) kao okosnica za održavanje dobre povezanosti.



Slika 23: Buduće CNS okruženje, [22]

4.4. Uvjeti za uspjeh

Kako bi bilo moguće implementirati ranije navedena rješenja, važno je uvesti tehnička i operativna poboljšanja, koja vode sustav ATM-a ka digitalnom dobu. Usvajanje novih standarda i postupaka, ulaganja u nove tehnologije i razvoj novih usluga, omogućila bi defragmentaciju europskog neba i potrebne prilagodbe u pružanju usluga u zračnoj plovidbi.

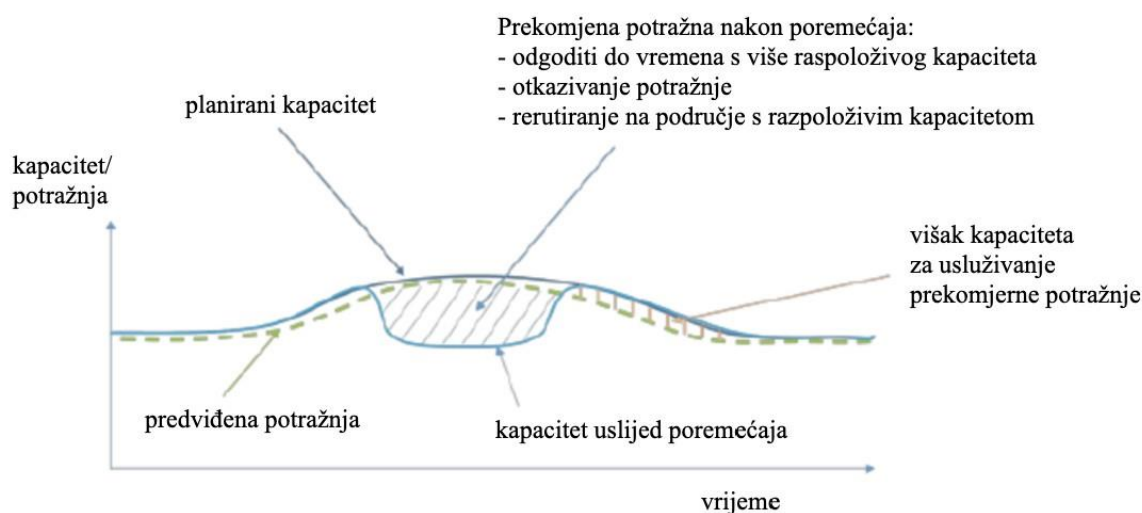
4.4.1. Usluga kapaciteta na zahtjev

Otpornost ATM sustava se definira kao njegova sposobnost da se prilagodi očekivanim i neočekivanim smetnjama, kako bi se održale potrebne operacije i osigurao dovoljan kapacitet. Svaki put kada dođe do lokalnog poremećaja, i kapacitet se smanjuje ispod potražnje, postoje tri opcije:

- Letovi su odgođeni sve dok kapacitet ne postane dostupan,
- Letovi su preusmjereni kroz zračni prostor s rezervnim kapacitetima,
- Letovi su otkazani.

Povećana potražnja za prometom također iziskuje veću otpornost ATM sustava, što će stvoriti dodatne pritiske na sustav koji će morati operirati na samim granicama raspoloživog kapaciteta.

Niska otpornost trenutačnog sustava je geografski uvjetovana. Kada dođe do lokalnog poremećaja unutar sustava, ne postoji mogućnost korištenja udaljene usluge kako bi se ublažio utjecaj poremećaja tijekom oporavka. Rješenje je uvođenje usluge kapaciteta na zahtjev, koja osigurava kontinuitet pružanja usluga u zračnom prometu, bez obzira na moguće prekide, omogućavanjem privremenog delegiranja pružanja usluga alternativnom pružatelju usluga s rezervnim kapacitetom.[34]

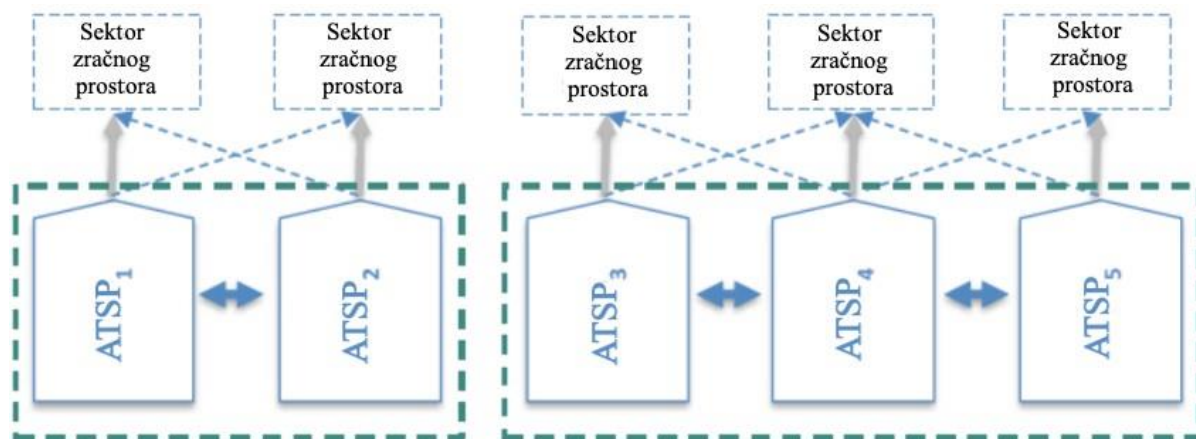


Slika 24: Manjak kapaciteta uslijed nastalog poremećaja, [22]

Preduvjeti za delegiranje zamjenskom davatelju usluga uključuju:

- Dostupnost uobičajenih ATM usluga u ACC-u koje se odnose na pružanje ATS-a,
- Automatizacijska podrška u sektorski specifičnim aspektima kao potpora kontrolora zračnog prometa za pružanje ATC-a bez potrebe za sektorskom obukom i ocjenjivanjem,
- Nezavisna obuka kontrolora zračnog prometa i licenciranje kontrolora zračnog prometa, tako da su kontrolori zračnog prometa u ACC-u kvalificirani za upravljanje prometom u odgovarajućim sektorima.[25]

Pružatelj usluga u zračnom prometu može prema dogovoru svoju odgovornost delegirati drugom ATSP-u, prikazano slikom 25. U takvim slučajevima je važno da su odgovornosti i obaveze drugog ATSP-a jasno definirane zajedničkim ugovorom.

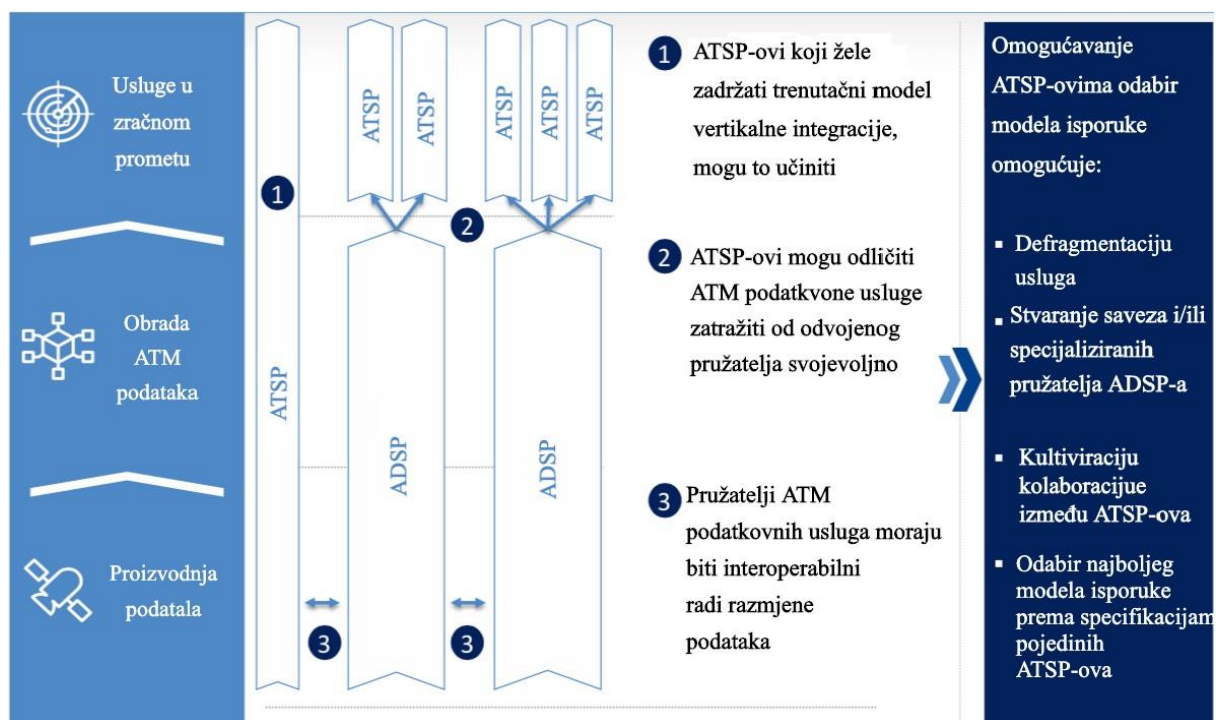


Slika 25: Mogućnost delegiranja pružanja usluga u zračnom prometu, [22]

4.4.2. ATM podatkovne usluge

Pružatelji usluga u zračnoj plovidbi su gotovo u potpunosti vertikalno integrirani, sami su odgovorni za proizvodnju dijela podataka potrebnih za ATS, obradu i kombiniranje tih podataka, kako bi bili dostupni njihovim kontrolorima zračnog prometa. Stvaranje otpornog ATM sustava zahtijevati će razvoj zajedničkog upravljanja zračnim prostorom, putem pružanja usluga zračnog prometa na daljinu te će biti moguće samo ako su svi potrebni ATM podaci dostupni svim ACC-ovima. Zajedničke podatkovne usluge ATM-a uglavnom zahtijevaju informatičke resurse, manje su ovisne o ljudskim čimbenicima i stoga su lako prilagodljivi.

Slika 26 prikazuje kako se pružatelji usluga u zračnom prometu na više načina mogu opredijeliti za način isporuke podataka koji njima najviše odgovara. Svaki ATSP zadržava pravo izabrati model koji njihovim poslovnim uvjetima odgovara, uz uvjet da se održava interoperabilnost cijelog sustava.

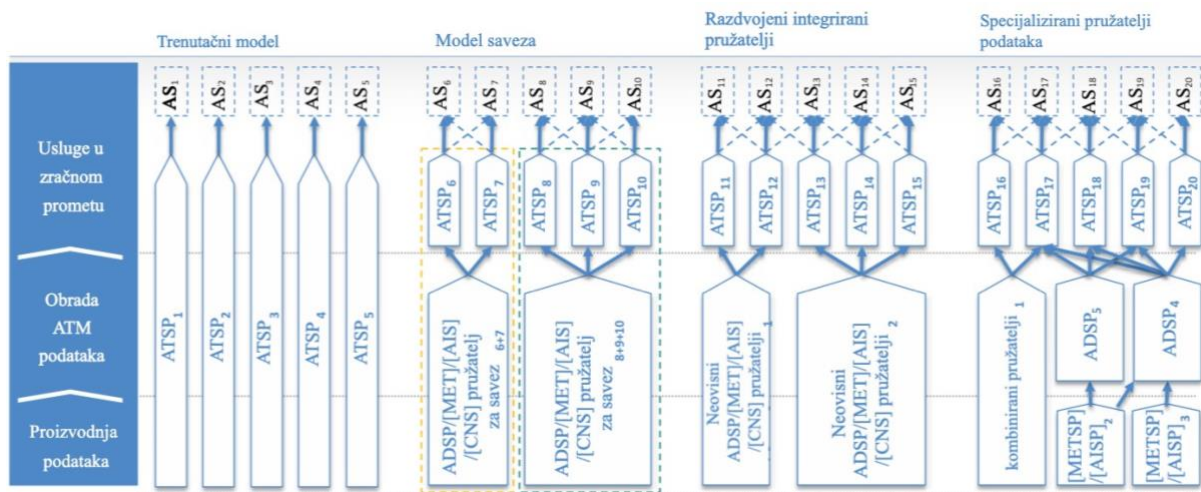


Slika 26: Mogući načini isporuke ATM podataka, [35]

Maksimalni opseg pružanja usluga od strane pružatelja podatkovnih usluga u zračnom prometu (*engl. Air Data Service Provider – ADSP*) obuhvaća podatkovne usluge ATM-a, koje su potrebne za ostvarenje virtualne de-fragmentacije europskog neba i uključuju pružanje usluga letnih informacija, meteorologije i komunikacije, navigacije i nadzora.

U novoj konfiguraciji, kao što je prikazano na slici 27, nekoliko modela može postojati zajedno s novim modelima isporuke za pružatelje usluga u zračnom prometu:

- Model saveza: određeni ATSP-ovi mogu se udružiti stvaranjem posebnog tijela u zajedničkom vlasništvu koje je odgovorno za proizvodnju i pružanje potrebnih podataka o zračnom prometu za njihov zračni prostor,
- Nezavisni/integrirani model pružanja usluga: određeni ATSP-ovi mogli bi prenijeti svu svoju infrastrukturu podataka, sustava i operacija na neovisni entitet iz kojeg bi „stekli“ svoje ATM podatkovne usluge, usluge integracije i geografski fiksne usluge,
- Model pružanja specijaliziranih usluga: specijalizirani pružatelji usluga koji se usredotočuju na određene dijelove lanca podatkovnih usluga mogu se stvoriti putem konkurentnog ulaska ili djelomičnog prijenosa postojećih aktivnosti od ANSP-a.[35]

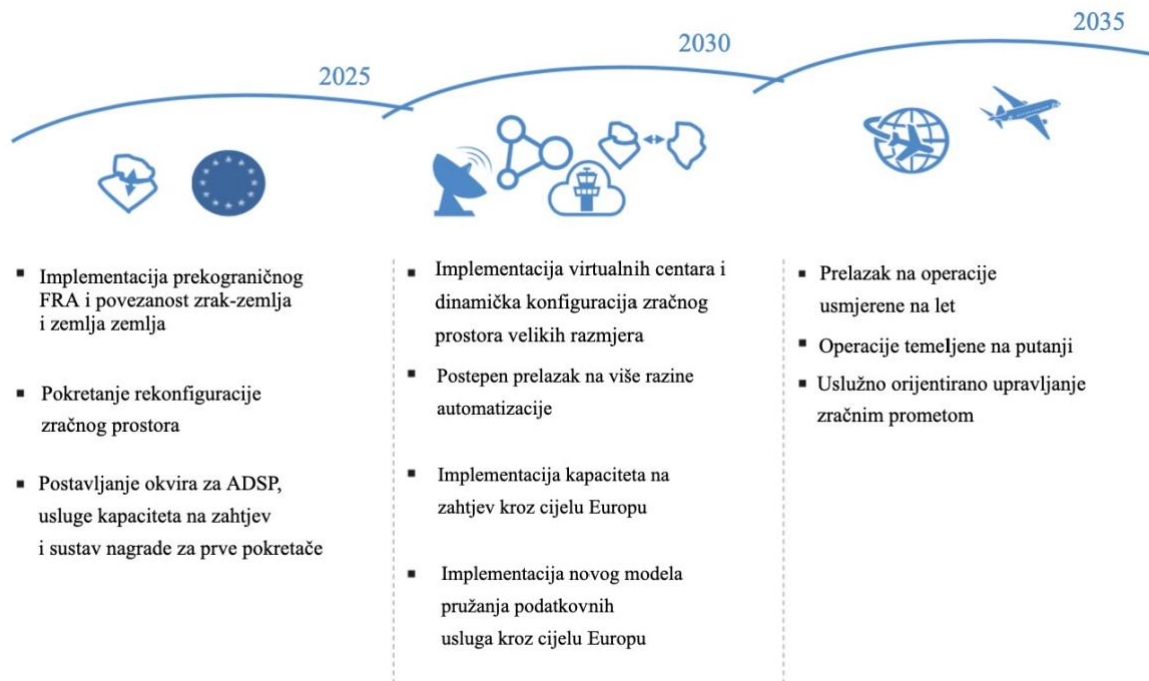


Slika 27: Primjer tri moguća modela za pružanje ATM podatkovne usluge, [35]

4.5. Implementacija nove arhitekture zračnog prostora

Uspješna implementacija nove arhitekture zračnog prostora moguća je samo ako svi korisnici ATM sustava surađuju. Postojeći regulatorni i upravljački okviri podržavaju tranziciju u većini slučajeva, iako bi moglo biti potrebno poboljšanje kako bi se u potpunosti podržale predložene promjene. Ključni čimbenik u implementaciji je stvoriti zajedničke attribute o upravljanju zračnim prostorom. Jednom uspostavljena, arhitektura će omogućiti da se različiti dijelovi sustava razvijaju različitim brzinama, ovisno o lokalnim potrebama, uz održavanje ukupne koherentnosti.[36]

SESAR Joint Undertaking razrađuje plan tranzicije u kojima opisuje kratkoročne inicijative kako bi se riješio problem nedostataka vezanih uz kapacitete. Plan je razrađen u tri faze, pri čemu svaka obrađuje petogodišnje razdoblje, kao što je prikazano na slici 28.



Slika 28: Prikaz faza implementacija nove arhitekture zračnog prostora Europe, [36]

Razdoblje do 2025. godine uključuje promjene koje će osigurati daljnje korake i stvara podlogu za strukturne promijene koje slijede kroz idućih deset godina. Kao prva točka postavlja se provedba prekogranične slobodne rute, te poboljšana povezanost zrak-zemlja i zemlja-zemlja na cijelom ECAC području. Poboljšana povezanost i razmjena podataka povećavaju razinu automatizacije ATM sustava i predstavlja prvi korak za defragmentaciju ATM operacija i uspostavljanje ATM virtualnih centara.

Druga točka predstavlja potpunu rekonfiguraciju zračnog prostora kako bi se omogućio proces suradnje između relevantnih sudionika. To uključuje analizu područja neučinkovitosti na razini mreže, aktivnosti potvrđivanja i isporuku optimizirane organizacije zračnog prostora u skladu s dogovorenim načelima dizajna zračnog prostora, a na temelju ECAC-ovih širokih prometnih tokova slobodnih ruta.

Zadnja stavka služi za osiguranje smjernica i odgovarajućeg pravnog okvira koji omogućuje uspostavu ADSP-a i usluge kapaciteta na zahtjev.[35]

Razdoblje između 2025. godine i 2030. godine usmjereno je na prelazak na arhitekturu orijentiranu na uslugu uspostavom virtualnih centara kako bi se povećala interoperabilnost i automatizacija. Ova faza uključuje implementaciju virtualnih centara, postupno kretanje prema višim razinama automatizacije, organizacije kapaciteta na zahtjev na području cijele Europe.[35]

Zadnja faza traje do 2035. godine te se u njoj očekuje potpuni prijelaz na arhitekturu usmjerenu prema usluzi. Takva arhitektura omogućiti će potpuni prijelaz na operacije orijentirane na putanju i kontrolu orijentiranu na let. Postupno uvođenje operacija usmjerene na let biti će popraćen relevantnim ATC alatima i prilagodbama sustava. Za strukturalnu promjenu europskog ATM sustava nužno je da budu fleksibilniji i otporniji te da omogućuju prilagodljivost.[35]

4.5.1. Regulatorni čimbenici

Za potpunu implementaciju nove predložene arhitekture europskog zračnog prostora važno je postojeći regulatorni okvir prilagoditi izazovima i problemima. Usluge za koje je važno prilagoditi regulatorni okvir su usluga kapaciteta na zahtjev i pružanje ATM podatkovnih usluga.

4.5.1.1. Usluga kapaciteta na zahtjev

Usluge u zračnom prometu se prema regulativi Europske komisije (EC) 549/2004 definiraju kao „komunikacijske usluge, usluge plovidbe i nadzora, meteorološke usluge za zračnu plovidbu i usluge zrakoplovnog informiranja“. [25]

Unutar postojećeg regulatornog okvira moguće je pružanje usluga u zračnom prometu preko granica regija letnih informacija, što je preduvjet i za optimizaciju zračnog prostora između FIR-a i za uslugu "kapaciteta na zahtjev". Odredba o međusobnom pružanju letnih usluga unutar ATS-a unutar iste države je stvar koju država i ovlaštene pružatelj ATS-a mogu organizirati, a ne postoji pravna prepreka za prevladavanje. Postojeći aranžmani za naplaćivanje na rutama eksplicitno dopuštaju određivanje prekograničnih zona za naplatu, a članak 21. stavak 1. nacrta nove Uredbe Komisije o performansama i sustavima naplate čak predviđa mogućnost zona za naplatu na ruti, tako pokrivajući aspekte naplate prekograničnog

ATS-a. Također je pružanje ATS-a dozvoljeno unutar okvira ICAO-a i SES-a, na način certificiranja i dodjeljivanja kao što je uređeno u člancima 7., 8., 9. i 10. Uredbe komisije (EZ) 550/2004 o pružanju usluga u zračnoj plovidbi u jedinstvenom europskom nebu. [37]

Pri stvaranju usluge kapaciteta na zahtjev je od izrazite važnosti da pojedine države osiguraju postojanje suvereniteta, što SES regulativa i dalje podržava u potpunosti. Povredom suvereniteta smatra se:

1. kada strani zrakoplov uđe u zračni prostor ili iziđe iz njega bez odobrenja nadležnog tijela,
2. kada strani zrakoplov uđe u zračni prostor ili iziđe iz njega uz odobrenje nadležnog tijela a leti izvan određenog graničnog koridora,
3. kada zrakoplov leti izvan njemu određenog zračnog puta bez odobrenja nadležnog tijela,
4. kada zrakoplov leti iznad zabranjene zone,
5. kada zrakoplov leti iznad uvjetno zabranjene zone ili opasne zone ne pridržavajući se uvjeta iz odobrenja.
6. prelijetanje zračnog prostora stranog dirigitiranog ili neditigitiranog letećeg objekta bez odobrenja nadležnog tijela.[10]

U kontekstu pružanja prekograničnog ATS-a, treba razmotriti sposobnost države da osigura odgovarajući nadzor nad određenim pružateljima usluga, kao i pitanja odgovornosti. U tu svrhu treba razmotriti smjernice na razini Europske Unije.

Dinamičko pružanje ATS-a zahtijeva pregled propisa o licenciranju i obuci ATCO-a. Važno je naći način kako školovati i licencirati kontrolore zračnog prometa kako bi mogli raditi unutar određenog sustava i kompleksnosti prometa, bez obzira na geografsku lokaciju na kojoj se pruža usluga.

Dok postojeći aranžmani za naplatu izričito dopuštaju postavljanje prekograničnih zona za naplatu, pitanje izračunavanja troškova, određivanja cijene i osiguranja oporavka putem naknada za usluge kapaciteta na zahtjev zahtijevaju istraživanje situacije u budućnosti. Materijali za usmjeravanje na europskoj razini bili bi poželjni i ovisno o nalazima ovog ispitivanja, može biti potrebna regulatorna promjena.[39]

4.5.1.2. Pružanje podatkovnih ATM usluga

Postojeći regulatorni okvir ne sadrži prepreke za stvaranje ADSP-ova. Takvi ADSP-ovi mogu djelovati ili kao partnerstvo sa zajedničkim pothvatima postojećih ANSP-ova ili kao certificirani vanjski subjekt koji pruža usluge u tržišnim uvjetima. Međutim, brojna pitanja zahtijevaju pažljivo razmatranje. Podatkovne usluge ATM-a trenutno su definirane kao središnji dio ATS-a. Odvajanje pružanja podatkovnih usluga ATM-a od ATS-a zahtijeva detaljno ispitivanje postojeće Uredbe o zajedničkim zahtjevima EASA-e (EU) br. 2017/373 radi utvrđivanja najprikladnijih organizacijskih i certifikacijskih zahtjeva za ADSP-ove koji uzimaju u obzir prirodu usluga, uključujući sigurnost i sigurnosna pitanja. Također bi trebalo obuhvatiti i dati smjernice ili propise o pitanju pristupa podacima i njihovom vlasništvu.

Potrebna je detaljna analiza kako bi se utvrdilo u kojoj mjeri se može primjenjivati pravo tržišnog natjecanja EU-a i koje bi bile posljedice. Ovisno o ishodu, takva studija može utjecati na prihvatljivost različitih identificiranih modela isporuke podataka od strane sudionika. Ova bi se studija trebala provesti u svjetlu prethodnih slučajeva i nedavnog razvoja razumijevanja regulatornog konteksta Europske Unije. Studija bi također trebala uzeti u obzir dva trenda na kojima se zasnivaju zakonski paketi SES-a, s jedne strane, povezanost aktivnosti pružanja ATS-a s obavljanjem javnih funkcija i, s druge strane, eksplicitna namjera u okviru zakonodavnih paketa SES-a za otvaranje odredbi ANS-a tržišnim uvjetima.[40]

Iz navedenih razloga, regulatorni i certifikacijski okvir za ADSP-ove trebao bi se dalje razvijati, kako u okviru SES-a tako i u regulatornim okvirima Europske agencije za sigurnost zračnog prometa (*engl. European Union Aviation Safety Agency – EASA*), kako bi se odredila moguća primjena prava tržišnog natjecanja ovisno o usvojenom modelu, uzimajući u obzir i interoperabilnost i zahtjeve izvedbe.

4.5.2 Procjena utjecaja prelaska na novu arhitekturu zračnog prostora

Glavne pretpostavke koje se koriste za procjenu utjecaja nove arhitekture zračnog su:

- Prognoza prometa: STATFOR-ova prognoza prometa,
- Prosječna veličina flote u 2035. godini: 22500 zrakoplova,
- Prosječan trošak jedne minute kašnjenja: 70 €,
- Broj sektora: 690,

- Broj jedinica oblasne kontrole zračnog prometa: 65,
- Budući broj ADSP-ova: 10,
- Broj pružatelja usluga u zračnoj plovidbi: 25,
- Postotak popusta: 7,3%,
- Potrošnja goriva po jednoj nautičkoj milji leta: 11 kg,
- Cijena goriva po kg: 0,31 €. [41]

Ključno područje	Utjecaj na performanse
Kapacitet	Mreža je u mogućnosti uslužiti 15,7 milijuna letova, što je povećanje od 50% u odnosu na 2017. godinu
Okoliš	Između 240 i 450 kg CO ₂ biti će uštedeno po letu
Efikasnost troškova	Između 57 i 73. EUR uštedeno po letu
Sigurnost	Sve simulacije su izvedene u odnosu na radno opterećenje kontrolora zračnog prometa i pokazuju da se razine sigurnosti mogu održavati

Tablica 7: Utjecaj na performanse sustava prema ključnim područjima

Izvor: [41]

Tablica 7 ukratko prikazuje utjecaj tranzicije prema novoj arhitekturi kroz četiri ključna područja. U procjeni učinkovitosti razmatraju se utjecaj na kapacitet, okoliš, sigurnost i efikasnost troškova.

Glavni rezultat simulacija Upravitelja mreže pokazuje kako bi trenutačne provizije za unaprjeđenje kapaciteta dovele do teškog zagušenja mreže i kašnjenja do 8,5 minuta po letu u 2035. godini, kao što je vidljivo na slici 23. Uvođenje nove arhitekture zračnog prostora spustile bi razinu kašnjenja na 0,5 minuta po letu, što je ujedno i cilj SES-a. Glavna korist je izbjegavanje visokog troška kašnjenja, tako bi se uštedilo otprilike 34 milijarde eura. [42]



Slika 29: Smanjenje razine kašnjenja implementacijom tranzicijske strategije, [42]

4.5.2.1. Kapacitet

Uvođenjem usluge kapaciteta na zahtjev i mogućnosti dinamičke delegacije ATS-a drugoj jedinici ako se ukaže potreba, smanjuju se kašnjenja i time osigurava dovoljan kapacitet. Predviđanja pokazuju kako uvođenje SESAR-ovih rješenja u optimiziran zračni prostor doprinosi 60% smanjenju kašnjenja koje je predviđeno unutar cijelog ATM Master Plana. Između 2019. godine i 2035. godine bi se na taj način uštedilo oko 438 milijuna minuta kašnjenja, od kojih se 60 milijuna minuta ušteduje samo u 2035. godini.[41]

Također se pretpostavlja da bi otpornost sustava, koja bi se povećala uvođenjem nove arhitekture, dodatno doprinijela smanjenju kašnjenja nastalih zbog manjka osoblja, poremećaja i vremenskih uvjeta, što je prikazano tablicom 8.

Razlog kašnjenja	Postotak letova	Kašnjenje po letu u minutama	Moguće smanjenje kašnjenja
Manjak osoblja	1%	14	85%
Poremećaji	0,3%	33	25%
Događaji	0,2%	14	80%
Vremenski uvjeti	1%	20	20%

Tablica 8: Kašnjenje po minutama i razlozima kašnjenja

Izvor: [41]

Dodatna otpornost sustava pridodaje smanjenju kašnjenja za 38 milijuna minuta u razdoblju od 2019. godine do 2035. godine. Na taj način bi se ukupno uštedilo 476 milijuna minuta kašnjenja, što znači uštedu os 34 milijarde eura u tom istom razdoblju.

4.5.2.2. Okoliš

Povećavanje efikasnosti horizontalnog leta kroz uvođenje besprijealnog FIR-a na cijelom ECAC području, poboljšanju organizacije zračnog prostora i SESAR rješenja dovodi do smanjenja negativnog utjecaja zrakoplovstva na okoliš. Prema rezultatima simulacija koje je Upravitelj mreže proveo, očekuje se skraćenje rute od 7 do 13 nautičkih milja po letu u 2035. godini. Jedna nautička milja predstavlja 11 kg potrošenog goriva te bi se tako do 2035. godine uštedilo između 2,6 I 2,8 milijarde eura na potrošnji goriva. Ukupno bi se uštedilo između 30 I 60 milijuna tona ispušenog CO₂. [41]

Povećanje operativne efikasnosti kroz implementaciju 4D putanje i EFPL-a I uzimajući u obzir predviđeno poboljšanje efikasnosti goriva od 0,02%, rezultiralo bi uštedom od 22 milijuna eura do 2035. godine.

4.5.2.3. Efikasnost troškova

Efikasnost troškova se promatra kroz poboljšanje produktivnosti ANS-a. Očekuje se porast sektorskog opterećenja sa 62% sve do 90% u 2035. godini u određenom broju jedinica oblasne kontrole zračnog prometa. Takav porast je omogućen zbog povećanja sektorskih kapaciteta u kombinaciji sa povećanom fleksibilnošću cjelokupnog sustava. Ukupna dobit od povećanja efikasnosti ANS sustava procjenjuje se na između pet i sedam milijardi eura od 2019. godine do 2035. godine. [42]

4.5.2.4. Potrebna ulaganja

Potrebna ulaganja kako bi se ostvarile sva potrebna unaprjeđenja su slijedeća:

1. Redizajniranje cijelog zračnog prostora na razini ECAC-a: 0,5 milijarde eura,
2. Ostvarivanje komunikacijske okoline nove generacije zrak-zemlja: 3,9 milijarde eura,
3. Pokretanje programa operativne harmonizacije kroz sve jedinice oblasne kontrole zračnog prometa: 0,3 milijarde eura,

4. Potrebna ulaganja za ostvarenje SESAR rješenja za automatizaciju: 1,2 do 5,6 milijarde eura,
5. Troškovi školovanja i licenciranja kontrolora zračnog prometa: 0,1 milijarda eura,
6. Prelazak pružanja podatkovnih usluga unutar ACC-a na pružatelje ATM podatkovnih usluga: 0,3 milijarde eura,
7. Troškovi razvoja 4D usluga: 0,5 milijarde eura,
8. Početna implementacija operacija orijentiranih na let: 0,5 milijarde eura.[42]

Ukupna investicija u razdoblju između 2019. godine i 2035. godine se procjenjuje na između sedam i 11 milijarde eura.

5. Zaključak

Zračni prostor se klasificira i operativno dijeli na klase kako bi se osigurale adekvatne operacije zrakoplova u određenim dijelovima zračnog prostora. Zračni prostor se tako dijeli na sedam klase koje označavaju slovima od A do G. Klase od A do E, uključujući klasu E, pripadaju kontroliranom zračnom prostoru, dok klase F i G pripadaju nekontroliranom zračnom prostoru. Klase zračnog prostora se određuju prema uvjetima koji zrakoplovi moraju ispunjavati kako bi dobili odobrenje za izvršavanje operacija u tom prostoru. Uvjeti koje zrakoplovi moraju zadovoljavati su vrsta leta, pravila razdvajanja, razina pružanja usluga, ograničenje brzine, zahtjevi za radio-komunikacijom i izdavanje odobrenja kontrole zračnog prometa. Nadalje, zračni prostor se horizontalno dijeli na kontrolirani zračni prostor, prostor posebne regulacije letenja i nekontrolirani zračni prostor. Prostor posebne regulacije letenja se dalje dijeli na Zabranjene zone, Ograničene ili uvjetno zabranjene zone, Opasne zone, Privremeno izdvojeno područja i Privremeno rezervirano područja. Vertikalno se zračni prostor dijeli na sloj slobodnog letenja, donji zračni prostor i gornji zračni prostor.

Kritičnim područjima arhitekture zračnog prostora se smatraju ona područja koja ograničavaju ili imaju veliki utjecaj u ograničavanju kapaciteta zračnog prostora. Kako bi se efikasnije i točnije razradila kritična područja, čimbenici koji ograničavaju kapacitet se dijele na dvije skupine: čimbenici koji ograničavaju ukupan kapacitet i ograničavajući čimbenici otpornosti i prilagodljivosti kapaciteta. Trenutno je ATM sustav podijeljen na način da poštuje državne granice, čiji je rezultat visoka fragmentacija sustava i smanjena mogućnost interoperabilnosti i dijeljenje podataka.

Inicijative poput SESAR-a i Jedinstvenog europskog neba uspostavljene su kako bi nadvladale te poteškoće. Unutar zračnog prostora jedne države, usluge pružanja kontrole zračnog prometa dijele se prema FIR-ovima koji se nadalje dijele u manje jedinice oblasne kontrole zračnog prometa radi efikasnije podijele zadataka.

Kako bi se jedinice oblasne kontrole zračnog prometa mogli prilagoditi prometnoj situaciji i potražnji korisnika, svaki ACC se nadalje može podijeliti na manje jedinice, tzv. sektore. Sektori se mogu operirati samostalno ili ih se može grupirati prema potrebi. Daljnja podjela sektora nije preporučljiva jer se time mogu uvesti nove neučinkovitosti i dodatan

gubitak kapaciteta. Važan čimbenik u ograničavanju kapaciteta predstavlja nužno izdavanje glasovnih uputa pilotima, koje predstavljaju između 35 i 50% ukupnog radnog ograničenja kontrolora zračnog prometa. Frekventno zagušenje na sektorskim frekvencijama i time visoka zasićenost predstavlja drugi važan čimbenik u određivanju kapaciteta određenog sektora. Kako bi se ta problematika razradila, uvodi šte veću razinu automatizacije pojedinih sustava kako bi se smanjila opterećenja ATC sustava.

Drugo kritično područje se odnosi na ograničavajuće čimbenike otpornosti i prilagodljivosti kapaciteta. Kao osnovni problem se javlja otežana komunikacija između pojedinih jedinica oblasne kontrole zračnog prometa, jer je sustav razmjene podataka temeljen na jednostavnim standardima koji ne uključuju podatke koji utječu na putanju leta, što dovodi do ograničenja u predvidljivosti i smanjenju kapaciteta.

Zbog sektorizacije dolazi do ograničenja u korištenju resursa unutar jedne jedinice oblasne kontrole zračnog prometa. Kontrolor zračnog prometa mora biti obučen i licenciran za sektor unutar kojeg izvršava uslugu kontrole zračne plovidbe. Posljedica toga je da je dostupnost kapaciteta kroz cijelu mrežu izrazito kruta, dok je prometna potražnja promjenjiva. Rezultat toga je istovremena prekapacitiranost i višak kapaciteta. Na sami kapacitet zračnog prostora utječu i geografski čimbenici, čije je najveća karakteristika snažno povezivanje između fizičkih lokacija odakle se pružaju usluge u odnosu na mjesto gdje se nalazi korisnik usluge. To znači da svaki ACC može ponuditi kapacitet samo za fiksni i unaprijed definirani volumen zračnog prostora.

Moguća rješenja za optimiziranje arhitekture zračnog prostora dijele se na dva područja fokusa: zračni prostor i kapacitet te prilagodljivost i otpornost. Prvo područje fokusa podrazumijeva optimiziranu organizaciju zračni prostor, što uključuje proširenje FRA i FUA inicijativa. Optimizirana struktura povećava operativnu harmonizaciju i povećava kapacitete ATM sustava kako bi kontrolori zračnog prometa mogli obavljati svoje zadatke sigurno i efikasno. Operativna harmonizacija bitna je kako bi se smanjile operativne varijacije između različitih jedinica oblasne kontrole zračnog prometa. Krajnji cilj harmonizacije je postići rad na razini 10 – 20% najboljih jedinica oblasne kontrole zračnog prometa.

Drugo područje fokusa promatra mogućnosti dinamičkog upravljanja kapacitetima za što fleksibilniji, otporniji i prilagodljiviji ATM sustav. Kako bi se to postiglo, uz dinamičko

upravljanje zračnim prostorom je važna uspostava virtualnih centara i ostvarivanje CNS poboljšanja. Virtualni centar predstavlja jednu ili više ATS jedinica koji koriste ATM podatkovne usluge izdaleka te takav koncept omogućuje geografsko i organizacijsko razdvajanje pojedinih grana ANSP-a. Dinamičko upravljanje zračnim prostorom omogućuje više opcija za otvaranje sektora kako bi se izjednačile količine prometa i dostupno osoblje, uz to što omogućuje otkrivanje mogućih preopterećenja i predlaganje alternativnih konfiguracija kako bi se izbjegle iste.

Kako bi implementacija rješenja bila uspješna, od izrazite je važno uvesti tehnička i operativna poboljšanja na koje moraju pristati svi sudionici u sustavu kontrole zračnog prometa. Prihvatanje novih postupka i ulaganje u nove tehnologije stvorilo bi uvjete za defragmentaciju europskog neba.

Postojeći regulatorni okviri podržavaju tranziciju u većini slučajeva, no potrebna je temeljita razrada i obnova regulatornog paketa, kako bi u potpunosti mogle podržati predložene promjene. SESAR JU razrađuje tranzicijski plan do 2035. godine koji postavlja ciljeve unutar tri faze, pri čemu svaka faza razrađuje petogodišnje razdoblje. Do 2025. godine potrebno je stvoriti temeljne promjene koje će osigurati dobru podlogu za promijene koje slijede narednih deset godina. Ciljevi za to razdoblje uključuju provedba prekogranične slobodne rute, potpunu rekonfiguraciju zračnog prostora, s naglaskom na analizu područja neučinkovitosti, te osiguravanje smjernica i pravnih okvira za slijedeće dvije faze.

Druga faza traje od 2025. godine do 2030. godine i glavni joj je fokus na povećanju interoperabilnosti i povećanju stupnja automatizacije. Ova faza uključuje implementaciju virtualnih centara, postupno kretanje prema višim razinama automatizacije, organizacije kapaciteta na zahtjev na području cijele Europe.

U zadnjoj fazi očekuje se potpuni prelazak na predloženu optimiziranu arhitekturu, koja je usmjerena prema usluzi te prijelaz na operacije orijentirane na putanju i kontrolu orijentirane na let. Za takav prijelaz potrebno je postepeno uvoditi relevantne ATC alate i prilagodbe sustava. Najvažnija karakteristika strukturalne promijene europskog ATM sustava je povećanje fleksibilnosti, otpornosti i prilagodljivosti.

Prelazak na novu arhitekturu imati će pozitivan utjecaj na kapacitete, okoliš i efikasnost troškova. Upravitelj mreže u svojim simulacijama predviđa kako nova arhitektura pridonosi povećanju kapaciteta i s time smanjenje kašnjenja za 60% do 2035. godine. Optimiziranjem zračnog prostora i omogućavanjem letenja po slobodnoj ruti, do 2035. godine uštedilo bi se do 60 milijuna ispušenog CO₂. Tranzicija na novu arhitekturu dogoditi će se uz održavanje potrebnih razina sigurnosti i otpornosti sustava.

Prilagođavanje postojeće arhitekture europskog zračnog prostora i postojećih procedura unutar sustava ATM-a, osigurati će se dovoljni kapaciteti kako bi se mogle usluge kontrole zračne plovidbe pružati na prihvatljivoj razini unatoč eksponencijalnom rastu broja zahtjeva iz godine u godinu.

Literatura

- [1] Eurocontrol. Performance Review Report 2016. Performance Review Commission, Eurocontrol, 2017. Dostupno na: <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/prr-2016-update-0407.pdf> [Pristupljeno: srpanj 2020.]
- [2] Eurocontrol. All-causes delay and cancellations to air transport - Annual report for 2019. Eurocontrol, 2020. Dostupno na: [Pristupljeno: srpanj 2020.]
- [3] Eurocontrol. Network Operations Report – 2010. Eurocontrol, 2011. Dostupno na:
- [4] Eurocontrol. En-route IFR flights and ATFM delays. Eurocontrol, 2020. Dostupno na: <https://5f3e4bb8cd0a12000794042e--pru-portal.netlify.app/data/> [Pristupljeno: kolovoz 2020.]
- [5] Skyway Magazine - Challenges of Growth. Eurocontrol, 2018.
- [6] International Civil Aviation Organization Annex 11 to the Convention on International Civil Aviation - Air Traffic Services. International Civil Aviation Organization, 2001.
- [7] Ehpu. Airspace. Preuzeto sa: http://www.ehpu.org/images/airspace_klein.gif [Pristupljeno: srpanj 2020.]
- [8] Eurocontrol. EUROCONTROL Manual for Airspace Planning. EUROCONTROL, 2003. Dostupno na: <https://www.icao.int/safety/pbn/Documentation/EUROCONTROL/Eurocontrol%20Manual%20for%20Airspace%20Planning.pdf> [Pristupljeno: srpanj 2020.]
- [9] Donji zračni prostor Europe, Preuzeto sa: <http://harekatmemuru.com/resimler/fir/fir1.png> [Pristupljeno: srpanj 2020.]
- [10] Mihetec T. Upravljanje zračnom plovidbom. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, 2014.
- [11] Eurocontrol. Local Single Sky Implementation. Eurocontrol, 2017. Dostupno na: https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/content/documents/official-documents/reports/LSSIP2017_Croatia_Released.pdf [Pristupljeno: kolovoz 2020.]
- [12] Crocontrol. https://www.crocontrol.hr/UserDocsImages/dokumenti/Zagreb-WEB-CTR-uz-VFR_04_APRIL_2013r.pdf [Pristupljeno: kolovoz 2020.]
- [13] International Virtual Aviation Organisation. Letter of Agreement between LJLA (FIR Ljubljana) and LDZO (FIR Zagreb). Dostupno na: <https://hr.iviao.aero/download/LoA%20LJLA-LDZO.pdf> [Pristupljeno: srpanj 2020]

- [14] International Virtual Aviation Organisation. Preuzeto sa: <https://hr.ivao.aero/download/LoA%20LOVV-LDZO%20Final.pdf> [Pristupljeno: srpanj 2020.]
- [15] Crocontrol. Dio zračnog prostora RH. Preuzeto sa: http://www.crocontrol.hr/UserDocsImages/AIS%20produkti/VFR%20karta/VFR_25_APR2019-sektor-S2.pdf [Pristupljeno: srpanj 2020.]
- [16] http://www.crocontrol.hr/UserDocsImages/SUZP/ACC_Zagreb_AoR.jpg, [Pristupljeno: srpanj 2020.]
- [17] Europska komisija. Strategija zrakoplovstva za Europu. Europska Komisija, 2015. Dostupno na: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:52015DC0598&from=EN> [Pristupljeno: srpanj 2020.]
- [18] Sesar Joint Undertaking. Simulations conducted by the Network Manager. Eurocontrol, 2018. Dostupno na: http://www.etf-atm.org/WP/wp-content/uploads/2018/11/Item-7-Annex_vFinal.pdf [Pristupljeno: kolovoz 2020.]
- [19] Skyway Magazine - Artificial Intelligence. Eurocontrol, 2019.
- [20] Eurocontrol. Data Link Services (DLS) specification. Eurocontrol, 2009. Dostupno na: [Pristupljeno: srpanj 2020.]
- [21] Sesar Joint Undertaking. European ATM Master Plan – Digitalising Europe’s Aviation Infrastructure. Sesar Joint Undertaking, 2020. Dostupno na: <https://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/reports/European%20ATM%20Master%20Plan%202020.pdf> [Pristupljeno: srpanj 2020.]
- [22] Sesar Joint Undertaking. A proposal for the future architecture of the European airspace. Sesar Joint Undertaking, 2019. Dostupno na: https://www.sesarju.eu/sites/default/files/2019-05/AAS_FINAL_0.pdf [Pristupljeno: lipanj 2020.]
- [23] Eurocontrol. EUROCONTROL Specification for On-Line Data Interchange (OLDI). Eurocontrol, 2017. Dostupno na: https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/esdp_17_002_draft_spec_oldi_v4.3.pdf [Pristupljeno: srpanj 2020.]
- [24] Europska komisija. UREDBA KOMISIJE (EU) br. 805/2011 od 10. kolovoza 2011. o utvrđivanju detaljnih pravila za licencije i određene svjedodžbe kontrolora zračnog prometa u skladu s Uredbom (EZ) br. 216/2008 Europskog parlamenta i Vijeća. Europska komisija, 2011. Dostupno na: <https://eur-lex.europa.eu/legal->

- [content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011R0805&from=EN](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011R0805&from=EN) [Pristupljeno: srpanj 2020.]
- [25] Europska unija. UREDBA (EZ) br. 549/2004 EUROPSKOG PARLAMENTA I VIJEĆA od 10. ožujka 2004. o utvrđivanju okvira za stvaranje jedinstvenog europskog neba. Europska unija, 2004. Dostupno na: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004R0549&from=EN> [Pristupljeno: srpanj 2020.]
- [26] SESARJU. Sesar Solutions Catalogue 2019. Sesar Joint Undertaking, 2019. Dostupno na: https://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/reports/SESAR_Solutions_Catalogue_2019_web.pdf [Pristupljeno: srpanj 2020.]
- [27] Sesar Joint Undertaking. <https://www.sesarju.eu/index.php/projects/dart> [Pristupljeno: kolovoz 2020.]
- [28] Europski revizorni sud. Jedinstveno europsko nebo: kultura je promijenjena, ali nije ostvareno jedinstveno nebo. Europski revizorni sud, 2017. Dostupno na: https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR17_18/SR_SES_HR.pdf [Pristupljeno: srpanj 2020.]
- [29] Europska komisija. UREDBA KOMISIJE (EU) br. 677/2011 od 7. srpnja 2011. o utvrđivanju detaljnih pravila za provedbu mrežnih funkcija za upravljanje zračnim prometom (ATM) i izmjeni Uredbe (EU) br. 691/2010. Europska komisija, 2011. Dostupno na: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:02011R0677-20150101&from=en>
- [30] Eurocontrol. European Route Network Improvement Plan – Part 1. Eurocontrol, 2019. Dostupno na: <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2020-02/eurocontrol-ernip-part-1.pdf> [Pristupljeno: srpanj 2020.]
- [31] Eurocontrol. Skyway Magazine - Europe's ATM Capacity Challenge. Eurocontrol, 2019.
- [32] Eurocontrol. European aviation in 2040 – Challenges of Growth. Eurocontrol, 2018. Dostupno na: <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/content/documents/official-documents/reports/challenges-of-growth-2018.pdf> [Pristupljeno: srpanj 2020.]
- [33] Sesar Joint Undertaking. <https://www.sesarju.eu/sesar-solutions/trajectory-based-operations> [Pristupljeno: srpanj 2020.]

- [34] Sesar Joint Undertaking. <https://www.sesarju.eu/sesar-solutions/cns-environment-evolution> [Pristupljeno: srpanj 2020.]
- [35] Sesar Joint Undertaking. Sesar Innovation Pipeline. Sesar Joint Undertaking, 2018. Dostupno na: <https://www.sesarju.eu/node/3132> [Pristupljeno: srpanj 2020.]
- [36] Sesar Joint Undertaking. Airspace Architecture Study Transition Plan. Sesar Joint Undertaking, 2019. Dostupno na: https://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/reports/AAS_transition_plan.pdf [Pristupljeno: srpanj 2020.]
- [37] Europska unija. UREDBA (EZ) br. 550/2004 EUROPSKOG PARLAMENTA I VIJEĆA od 10. ožujka 2004. o pružanju usluga u zračnoj plovidbi u jedinstvenom europskom nebu. Europska unija, 2004. Dostupno na: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004R0550&from=HR> [Pristupljeno: srpanj 2020.]
- [38] Eurocontrol. ATM data as a service. Eurocontrol, 2018. Dostupno na: <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2019-06/adaas-factsheet-2018.pdf> [Pristupljeno: srpanj 2020.]
- [39] Central Route Charges Office. Report on the Operation of the Route Charges System in 2018. Central Route Charges Office, 2019. Dostupno na: <https://www.eurocontrol.int/publication/report-operation-route-charges-system-2018> [Pristupljeno: srpanj 2020.]
- [40] Europska komisija. PROVEDBENA UREDBA KOMISIJE (EU) 2017/373 od 1. ožujka 2017. o utvrđivanju zajedničkih zahtjeva za pružatelje usluga upravljanja zračnim prometom/pružatelje usluga u zračnoj plovidbi i drugih mrežnih funkcija za upravljanje zračnim prometom i za njihov nadzor, o stavljanju izvan snage Uredbe (EZ) br. 482/2008 i provedbenih uredbi (EU) br. 1034/2011, (EU) br. 1035/2011 i (EU) 2016/1377 te o izmjeni Uredbe (EU) br. 677/2011. Europska komisija, 2017. Dostupno na: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R0373&from=EN> [Pristupljeno: srpanj 2020.]
- [41] Eurocontrol. Performance Review Report. Eurocontrol, 2019. Dostupno na: <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2020-06/eurocontrol-prr-2019.pdf> [Pristupljeno: kolovoz 2020.]
- [42] Eurocontrol. Standard Inputs for EUROCONTROL Cost-Benefit Analyses. Eurocontrol, 2018. Dostupno na:

<https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/standard-input-for-eurocontrol-cost-benefit-analyses-2018-edition-8-version-2.6.pdf>

[Pristupljeno:

kolovoz 2020.]

Popis kratica

A-FUA	(Advanced Flexible Use of Airspace) napredno fleksibilno korištenje zračnog prostora
ADSP	(Air Data Service Provider) pružatelj podatkovnih usluga u zračnom prometu
ACC	(Area Control Centre) jedinica oblasne kontrole zračnog prometa
AIRAC	(Aeronautical Information Regulation And Control) regulacijski i kontrolni zrakoplovni ciklus
AIS	(Air Information Service) usluge letnih informacija
ANSP	(Air Navigation Service Provider) pružatelj usluga u zračnoj plovidbi
ATC	(Air Traffic Control) kontrola zračnog prometa
ATCO	(Air Traffic Control Officer) kontrolor zračnog prometa
ATFCM	(Air Traffic Flow and Capacity Management) upravljanje protokom i kapacitetom zračnog prometa
ATFM	(Air Traffic Flow Management) upravljanje protokom zračnog prometa
ATM	(Air Traffic Management) upravljanje zračnim prometom
ATS	(Air Traffic Services) usluge u zračnom prometu
ATSP	(Air Traffic Service Provider) pružatelj usluga u zračnom prometu
ATSU	(Air Traffic Service Unit) jedinica usluge u zračnom prometu
ATZ	(Airport Traffic Zone) aerodromska prometna zona
CNS	(Control, Navigation, Surveillance) kontrola, navigacija, nadzor
CPDLC	(Controller-Pilot Data Link Communication) komunikacija kontrolor-pilot podatkovne veze
CTA	(Control Area) kontrolirani zračni prostor
CTR	(Control zone) kontrolirani zona zračne luke
D	(Danger zone) opasna zona
EASA	(European Union Aviation Safety Agency) Europska agencija za sigurnost zračnog prometa
ECAC	(European Civil Aviation Conference) Europska konferencija civilnog zrakoplovstva
EFLP	(Extended flight plan) produljeni plan letenja
ERNIP	(European Route Network Improvement Plan) Plan razvoja europske rutne mreže

FAB	(Functional Airspace Block) funkcionalni blok zračnog prostora
FIR	(Flight Information Region) područje letnih informacija
FL	(Flight Level) razina leta
FRA	(Free Route Airspace) zračni prostor slobodnih ruta
FUA	(Flexible Use of Airspace) fleksibilno korištenje zračnog prostora
ICAO	(International Civil Aviation Association) Međunarodna organizacija civilnog zrakoplovstva
IP	(Internet Protocol) internetski protokol
MET	(Meteorology) meteorologija
MSL	(Mean Sea Level) srednja razina mora
NSA	(National Supervisory body) državno nadzorno tijelo
OLDI	(On-Line Distribution of Information) on-line distribucija informacija
P	(Prohibited zone) zabranjena zona
R	(Restricted zone) ograničene ili uvjetno zabranjene zone
SES	(Single European Sky) Jedinstveno europsko nebo
SESAR	(Single European Sky ATM Research) Istraživački program na području upravljanja zračnim prometom u Europi
SWIM	(System-Wide Information Management) upravljanje informacijama širom sustava
TBO	(Trajectory Based Operation) operacije temeljene na putanji
TMA	(Terminal Maneuvering Area) završna kontrolirana oblast
TRA	(Temporary Reserved Area) privremeno rezervirano područje
TSA	(Temporary Segregated Area) privremeno izdvojen područje
UAC	(Upper Area Control) kontrola gornjeg zračnog prostora
UIR	(Upper Flight Information Region) gornje područje letnih informacija
UTA	(Upper Control Area) gornji kontrolirani zračni prostor

Popis slika

Slika 1: Klasifikacije zračnih prostora iz 2006. godine, [7]	6
Slika 2: Podjela kontroliranog zračnog prostora, [8]	8
Slika 3: Područje pružanja letnih informacija u donjem sloju zračnog prostora, [9]	9
Slika 4: Odnos CTA i TMA zona za zračnu luku Zagreb, [11]	10
Slika 5: Prikaz CTR zone za zračnu luku Zagreb, [12]	11
Slika 6: Prikaz TMA zone zračne luke Zagreb, [13]	12
Slika 7: Mreža zračnih putova, [14]	14
Slika 8: Dio zračnog prostora Republike Hrvatske sa posebno reguliranim zonama, [15]	15
Slika 9: Slojevi zračnog prostora, [16]	17
Slika 10: Prikaz organizacije trenutačne arhitekture zračnog prostora Europe, [17]	20
Slika 11: Prikaz područja visoke i niske kompleksnosti, [18]	21
Slika 12: Sudionici u ATM sustavu, [18]	22
Slika 13: Arhitektura pružatelja usluga u zračnoj plovidbi, [17]	23
Slika 14: Prikaz sektora Europe i donjeg zračnog prostora, [17]	24
Slika 15: Odnos objavljenog i maksimalno dozvoljenog kapaciteta, [22]	27
Slika 16: Operativni tok sustava pružanja usluga u zračnom prometu, [22]	32
Slika 17: Predložena arhitektura zračnog prostora Europe, [22]	36
Slika 18: Razine automatizacije, [22]	41
Slika 19: Podjela usluga na geografski neovisne i geografski fiksne usluge, [35]	42
Slika 20: Predloženo proširenje sustava pružatelja usluga u zračnom prometu kako bi se uključile ATM podatkovne usluge, [22]	43
Slika 21: Usporedba klasične sektorske konfiguracije i dinamičke sektorske konfiguracije, [21]	44
Slika 22: Koncept operacija usmjerenih na let, [22]	45
Slika 23: Buduće CNS okruženje, [22]	46
Slika 24: Manjak kapaciteta uslijed nastalog poremećaja, [22]	47
Slika 25: Mogućnost delegiranja pružanja usluga u zračnom prometu, [22]	48
Slika 26: Mogući načini isporuke ATM podataka, [35]	49
Slika 27: Primjer tri moguća modela za pružanje ATM podatkovne usluge, [35]	50
Slika 28: Prikaz faza implementacija nove arhitekture zračnog prostora Europe, [36]	51
Slika 29: Smanjenje razine kašnjenja implementacijom tranzicijske strategije, [42]	56

Popis tablica

Tablica 1: Prosječna ATFM kašnjenja na ruti od 2010. godine do 2019. godine.....	2
Tablica 2: Klase zračnog prostora.....	5
Tablica 3: faktori koji ograničavaju cjelokupni kapacitet.....	30
Tablica 4: Faktori koji ograničavaju prilagodljivost i otpornost kapaciteta	30
Tablica 5: Usluge uključene u virtualne centre.....	33
Tablica 6: Rješenja za ostvarivanje predložene arhitekture prema područjima fokusa	34
Tablica 7: Utjecaj na performanse sustava prema ključnim područjima	55
Tablica 8: Kašnjenje po minutama i razlozima kašnjenja	56



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 **Analiza arhitekture zračnog prostora u Europi** _____

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

Student/ica:

U Zagrebu, 25/9/2020 _____

(potpis)