

Integracija dronova u kontrolirani zračni prostor

Šimunić, Stella

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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:119:943465>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-28**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILISTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

Stella Šimunić

**INTEGRACIJA DRONOVA U KONTROLIRANI ZRAČNI
PROSTOR**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2019.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**INTEGRACIJA DRONOVA U KONTROLIRANI ZRAČNI
PROSTOR**

INTEGRATION OF DRONES INTO CONTROLLED AIRSPACE

Mentor: doc. dr. sc. Tomislav Mihetec

Student: Stella Šimunić

JMBAG: 0035193699

Zagreb, rujan 2019.

Zagreb, 5. travnja 2019.

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

DIPLOMSKI ZADATAK br. 5352

Pristupnik: **Stella Šimunić (0035193699)**
Studij: Promet
Smjer: Zračni promet

Zadatak: **Integracija dronova u kontrolirani zračni prostor**

Opis zadatka:

Diplomski rad obrađuje trenutni način upravljanja dronovima u zračnom prostoru te razrađuje moguće procese i metode upravljanja dronovima u budućnosti. Danas se dronovi većinom koriste u nekontroliranom zračnom prostoru te se u isto vrijeme razvijaju koncepti primjene i integracije dronova u kontrolirani zračni prostor. Integracija dronova u kontrolirani zračni prostor zahtjevan je proces i nužno ga je obavljati u koracima, poglavito iz razloga zadovoljavanja visoke razine sigurnosti te utjecaja na komercijalni zračni promet. Iz navedenog razloga međunarodna organizacija, zrakoplovne vlasti te zrakoplovna industrija surađuju na mnogobrojnim projektima koji bi omogućili potpunu integraciju u narednih nekoliko godina. EUROCONTROL upravlja projektom integracije dronova u europski zračni prostor projektom U-space, dok su FAA i NASA su zadužene za integraciju u američki zračni prostor, sa projektom pod nazivom UTM (Unmanned Aerial System Traffic Management). U ovom diplomskom radu biti će detaljno opisani navedeni projekti, proces implementacije istih, upravljanje zračnim prostorom pri punoj integraciji dronova u kontroliranom zračnom prostoru, te će se izvršiti analiza utjecaja na različite parametre performansi zračnog prometa (npr. sigurnost, isplativost itd)

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

doc. dr. sc. Tomislav Mihetec

Sažetak

Diplomski rad obrađuje trenutni način upravljanja dronovima u zračnom prostoru te razrađuje moguće procese i metode upravljanja dronovima u budućnosti. Danas se dronovi većinom koriste u nekontroliranom zračnom prostoru te se u isto vrijeme razvijaju koncepti primjene i integracije dronova u kontrolirani zračni prostor. Integracija dronova u kontrolirani zračni prostor zahtjevan je proces i nužno ga je obavljati u koracima, poglavito iz razloga zadovoljavanja visoke razine sigurnosti te utjecaja na komercijalni zračni promet. Iz navedenog razloga međunarodne organizacije, zrakoplovne vlasti te zrakoplovna industrija surađuju na mnogobrojnim projektima koji bi omogućili potpunu integraciju u narednih nekoliko godina. EUROCONTROL upravlja projektom integracije dronova u europski zračni prostor projektom U-space, dok su Američka savezna uprava za civilno zrakoplovstvo (engl. Federal Aviation Administration – FAA) i Američka državna uprava za zrakoplovna i svemirska istraživanja (engl. National Aeronautics and Space Administration – NASA) zadužene za integraciju u američki zračni prostor, s projektom pod nazivom UTM (engl. Unmanned Aerial System Traffic Management). Diplomski rad opisuje navedene projekte, procese implementacije istih, upravljanje zračnim prostorom pri punoj integraciji dronova u kontroliranom zračnom prostoru, te će se prikazati analiza procjene rizika.

Ključne riječi: bespilotne letjelice; dron; zračni prostor; integracija; UTM; U-space;

Summary

This thesis describes current state of unmanned aerial vehicle management system and elaborates possible processes and methods for advanced management in the future. Today, drones are mostly used in uncontrolled airspace and at the same time concepts of application and integration into controlled airspace are being developed. Integration of drones into a controlled air space is a demanding process and must be carried out in the steps, notably because it is necessary to maintain high level of safety and to minimize the impact on commercial air traffic. For this reason, international organizations, aviation authorities and the aviation industry are collaborating on a number of projects that will allow full integration over the next few years. EUROCONTROL manages the U-space integration project in the European Air Space, while the FAA and NASA are in charge of drone integration into US airspace, with a project called Unmanned Aerial System Traffic Management (UTM). In this graduate thesis, the above mentioned projects are described in detail, as well as their implementation process, and airspace management at the full integration of drones in the controlled airspace.

Key words: unmanned aerial vehicles; drones; air space; integration; UTM; U-space;

Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Osnovne karakteristike i namjena dronova	3
2.1. Povijesni razvoj dronova	3
2.2. Klasifikacija bespilotnih letjelica	4
2.3. Konstrukcijska rješenja i sustavi upravljanja	9
2.3.1. Konfiguracije dronova.....	9
2.3.2. Upravljanje dronom	10
2.4. Namjena dronova.....	11
2.4.1. Korištenje dronova u vojne svrhe	11
2.4.2. Korištenje dronova u civilne svrhe.....	14
2.5. Trendovi razvoja	18
3. Operativna podjela i klasifikacija zračnog prostora	20
3.1. Klase zračnog prostora	20
3.2. Operativna podjela zračnog prostora	23
3.2.1. Horizontalna podjela zračnog prostora	23
3.2.1.1. Kontrolirani zračni prostor.....	23
3.2.1.2. Zračni prostor u kojem je letenje posebno regulirano	29
3.2.1.3. Nekontrolirani zračni prostor.....	31
3.2.2. Vertikalna podjela zračnog prostora	32
4. Integracija dronova u kontrolirani zračni prostor	34
4.1. Integracija dronova u nekontrolirani zračni prostor	34
4.1.2. Regulatorni okviri	37
4.1.3. Certificiranje bespilotnih letjelica	39
4.1.4. Sustavi za upravljanje	39
4.1.5. Komunikacija sa službama kontrole zračnog prometa	41
4.2. Integracija dronova u američki zračni prostor.....	42

4.2.1.	UTM koncept operacija	44
4.2.2.	Ključne aktivnosti UTM sustava.....	45
4.2.3.	Područje djelovanja i ciljevi UTM tima za istraživanje i tranziciju	46
4.2.4.	Plan za zajedničko upravljanje	47
4.3.	Integracija u europski kontrolirani zračni prostor	51
4.3.1.	Zakonski okviri integracije u kontrolirani zračni prostor	51
4.3.1.1.	Postojeći zakonski okviri.....	51
4.3.1.2.	Predstojeći zakonski okviri	55
4.3.2.	'U-space' i ostali projekti za integraciju dronova	58
4.3.2.1.	Koncept operacija za europski sustav upravljanja prometom bespilotnih letjelica	62
4.3.2.2.	Projekt DroC2om – Drone Critical Communications	63
4.3.2.3.	Portal za upravljanje informacijama koji omogućuje integraciju bespilotnih letjelica i Studija priručnika aeronautičkih informacija za dronove	63
4.3.2.4.	Europsko tehnološko istraživanje za upravljanju prometom bespilotnih letjelica i Projekt za praćenje aktivnosti dronova u realnom vremenu ..	64
4.3.2.5.	Projekt PercEvite	65
4.3.2.6.	Sigurnosni koncepti za operacije dronova	65
4.4.	Integracija dronova u hrvatski zračni prostor	66
4.4.1.	Izvođenje letačkih operacija i pravila letenja.....	67
4.4.2.	AMC Portal.....	73
4.5.	Sigurnost i procjene rizika	75
5.	Zaključak	77
	Popis literature	81
	Popis kratica	86
	Popis slika.....	89
	Popis tablica	90

1. Uvod

Zračni promet bilježi ubrzani rast i razvoj posljednjih godina, a pojavom novih oblika zračnog prijevoza javljaju se zahtjevi za još bržim razvojem. Bepilotne letjelice, odnosno dronovi već se dugi niz desetljeća koriste za obavljanje različitih operacija i misija, uglavnom u vojne svrhe. Napretkom tehnologija dronovi su postali manjih dimenzija i sve su više dostupni za korištenje u civilne i komercijalne svrhe. Razlog sve većeg korištenja bepilotnih letjelica je njihova efikasnost i isplativost. Zadaci koje čovjek obavlja po nekoliko sati, dron može obaviti u znatno kraćem roku. Također, dronovi su sposobni obavljati zadatke koji predstavljaju prevelike rizike za čovjeka. Gore navedeni su samo neki od brojnih benefita koja dronovi donose u svakodnevni život.

Upravo zbog sve veće popularnosti bepilotnih letjelica javila se potreba za stvaranjem sustava koji će omogućiti neometano, sigurno i efikasno izvođenje svih vrsta operacija na svim raspoloživim visinama. U početku, dronovi su se koristili samo u najnižim slojevima zračnog prostora i njihove operacije su bile ograničene na manji volumen zračnog prostora u kojem je bepilotna letjelica konstantno unutar vidnog polja operatora. Kasnije se javila potreba za obavljanje misija na velikim udaljenostima i na većim visinama gdje bepilotna letjelica više nije trebala biti u vidnom polju operatora. iz navedenog razloga je bilo potrebno razraditi planove postupnog uvođenja bepilotnih letjelica, prvo u niske slojeve nekontroliranog zračnog prostora, te postupno do potpune integracije u kontrolirani zračni prostor.

Ovaj diplomski rad sastoji se od tri glavna poglavlja: ***Osnovne karakteristike i namjena dronova, Operativna podjela i klasifikacija zračnog prostora, i Integracija dronova u kontrolirani zračni prostor.*** U prvom poglavlju definirane su bepilotne letjelice, te je ukratko opisana njihova povijest i ključne točke u razvoju. Nadalje, detaljno je opisana klasifikacija bepilotnih letjelica prema težini, doletu, istrajnosti, te visini leta i područjima izvođenja operacija. Objašnjena su konstrukcijska rješenja, konfiguracije dronova te sustavi za upravljanje i pomoć pri upravljanju. Na kraju ovog poglavlja opisana je namjena dronova koja se primarno dijeli na vojnu i civilnu.

U poglavlju **Operativna podjela i klasifikacija zračnog prostora** detaljno je opisana klasifikacija zračnog prostora prema ICAO (Međunarodna organizacija za civilno zrakoplovstvo – engl. International Civil Aviation Organization) Aneksu 11, prema kojoj se zračni prostor dijeli na sedam klasa koje karakteriziraju različiti uvjeti poput pravila letenja, razine pružanja usluga u zračnom prometu, brzine leta i slično. Postoje dvije vrste operativne podjele zračnog prostora: horizontalna i vertikalna. U ovom poglavlju nalazi se prikaz obje vrste operativne podjele, s naglaskom na opise kontroliranog zračnog prostora, posebno reguliranog zračnog prostora i nekontroliranog zračnog prostora.

Poglavlje **Integracija dronova u kontrolirani zračni prostor** podijeljeno je u četiri pod poglavlja. U prvom pod poglavlju opisani su regulatorni okviri integracije dronova u nekontrolirani zračni prostor, te svi potrebni certifikati, sustavi za upravljanje i zahtjevi za komunikacijom s odgovornim službama kontrole zračnog prometa. Nadalje, u drugom pod poglavlju detaljno su objašnjeni zakonski okviri i projekti za razvoj sustava za integraciju dronova u europski kontrolirani zračni prostor. Europska unija razvila je plan integracije pod nazivom U-space, unutar kojeg se nalaze brojni manji projekti čija je svrha postupna sigurna i efikasna integracija dronova. U trećem pod poglavlju obrađeni su svi koncepti i sustavi za integraciju dronova u američki zračni prostor. Američka inačica U-space programa naziva se UTM, na kojoj zajednički rade NASA i FAA. Na kraju ovog poglavlja nalazi se procjena rizika integracije dronova i uvjeti za sigurno letenje svih letjelica u svim dijelovima zračnog prostora.

Svrha ovog diplomskog rada je istražiti i analizirati procese integracije dronova u kontrolirani zračni prostor. Rad prikazuje analizu postojećih i budućih procesa integracije dronova na regionalnoj i globalnoj razini, te prikazuje najbolja rješenja. Cilj istraživanja je identificirati i analizirati „najbolje prakse“ uspješne integracije dronova u kontrolirani zračni prostor.

2. Osnovne karakteristike i namjena dronova

Dronovi spadaju među najnaprednije uređaje u današnjem zrakoplovstvu, a definiraju se kao bespilotne letjelice teže od zraka pogonjene vlastitim pogonom. U nastavku ovog poglavlja nalaze ključni trenuci razvoju dronova, njihova klasifikacija, konstrukcijska rješenja i namjene, te trendovi razvoja u budućnosti.

2.1. Povijesni razvoj dronova

Prve ideje o razvoju bespilotnih letjelica pojavile su se u 19. stoljeću, a prvi dronovi bili su baloni kojima su austrijski vojnici napali Veneciju 1849-te godine. Prema suvremenoj definiciji, baloni se ne smatraju dronovima, te je prema tome prva bespilotna letjelica razvijena nakon Prvog svjetskog rata. Američka vojska je 1918.-te godine razvila bespilotnu letjelicu (engl. „*Kettering Bug*“) koja se trebala koristiti kao "zračni torpedo" pomoću žiroskopskih kontrola. U tridesetim godinama prošlog stoljeća nastavilo se razvijati i eksperimentirati s dronovima. „*Queen Bee*“ je bespilotna letjelica koju su 1935.-te godine razvili Britanci, te se tada počeo koristiti termin dron za letjelice bez posade kojima se upravlja radiovalovima. [1]



Slika 1. Queen Bee, [2]

Sve bespilotne letjelice napravljene do spomenutog razdoblja mogle su biti upravljane samo u području gdje je pilot na zemlji imao vizualni kontakt s letjelicom. Edward M. Sorensen patentirao je sustav bespilotnih letjelica upravljanim radiovalovima koje mogu letjeti i izvan tog područja. Pomoću tog sustava operatori na zemlji mogli su znati gdje se nalazi bespilotna letjelica u svakom trenutku bez da imaju vizualni kontakt s njom.

Tijekom Drugog svjetskog rata i Hladnog rata bespilotne letjelice nastavljaju se razvijati, ali su smatrane nepouzdanima i vrlo skupim. Dronovi su se u tom periodu koristili za izviđanja i ometanje komunikacije.[3]

Kroz povijest dronovi su se najviše koristili u vojne svrhe, a od 2006. godine koriste se i u civilne svrhe poput; nadzora granica, borbe protiv požara, pomoć u katastrofama i slično. Također, sve više ljudi koriste dronove u sportske i rekreativne svrhe.

2.2. Klasifikacija bespilotnih letjelica

Bespilotne letjelice nemoguće je podijeliti prema samo jednom kriteriju zato što se koriste u različite svrhe, te je potrebno za svaki zadatak imati posebno namijenjen dron. Iz spomenutog razloga dronove se dijeli na više različitih načina: prema težini, prema operativnoj masi, prema istrajnosti i doletu, prema visini leta, prema opterećenju krila, prema vrsti motora i prema funkcionalnosti.

Osnovna podjela bespilotnih letjelica je prema namjeni na civilne i vojne, a civilni se mogu dodatno podijeliti na dronove za komercijalnu i nekomercijalnu upotrebu.

Dronovi mogu težiti od nekoliko grama pa do nekoliko tisuća kilograma, stoga su podijeljeni prema težini u sljedećih pet kategorija: super teški, teški, srednji, lagani i mikro, U Tablici 1. prikazano je koji raspon težina odgovara svakoj navedenoj kategoriji, te su navedeni i primjeri bespilotnih letjelica. [4]

Tablica 1. Klasifikacija dronova prema težini, [4]

KATEGORIJA	RASPON TEŽINA	PRIMJER
Super teška	Više od 2000 kg	Global Hawk
Teška	200 – 2000 kg	A-160
Srednja	50 – 200 kg	Raven
Lagana	5 – 50 kg	RPO Midget
Mikro	Manje od 5 kg	Dragon eye

Sljedeća podjela bespilotnih letjelica je prema istrajnosti i doletu. Istrajnost i dolet su povezani parametri zbog toga što letjelice koje imaju mogućnost biti u zraku duži vremenski period uglavnom imaju i veći operativni radijus. U Tablici 2. prikazane su tri kategorije u koje se svrstavaju dronovi prema njihovoj istrajnosti i doletu. Prva kategorija su bespilotne letjelice visoke izdržljivosti koje mogu biti u zraku više od 24 sata, te je njihov dolet između 1500 i 20 000 km. Druga kategorija su dronovi srednje istrajnosti i doleta. U tu kategoriju spadaju bespilotne letjelice koje mogu letjeti između 5 i 24 sata, a njihov dolet je od 100 do 400 km. Posljednja kategorija su dronovi male istrajnosti i doleta, i karakterizira iz mogućnost letenja do 5 sati i dolet kraći od 100 km. Dronovi iz treće kategorije koriste za kratke misije, a dronovi iz druge kategorije imaju najširu primjenu.[4]

Tablica 2. Podjela dronova prema doletu i istrajnosti, [4]

KATEGORIJA	ISTRAJNOST	DOLET	PRIMJER
Velika	Više od 24	Više od	Predator
Srednja	5 – 24 sata	100 –	Silver Fox
Mala	Manje od 5	Manje	Pointer

Najveća visina leta ili plafon leta je sljedeći parametar prema kojem se dijele bespilotne letjelice. Tri su kategorije podjele prema visini leta: mala visina, srednja visina i velika visina. U prvu spomenutu kategoriju spadaju dronovi čija je maksimalna visina leta do 1000 m. U drugu kategoriju spada najveći broj dronova, a to su letjelice koje mogu letjeti između 1000 i 10 000 m. U kategoriju velikih visina pripadaju dronovi koji mogu letjeti iznad 10 000 m, te ova kategorija predstavlja problem interferencije s komercijalnim i vojnim letovima s posadom. Danas se razvijaju tehnologije za izbjegavanje sudara u zraku između bespilotnih letjelica i letjelica s posadom koje su nužno potrebne kako bi se dronovi uspješno i sigurno mogli integrirati u kontrolirani zračni prostor. Sve navedene kategorije prikazane su u Tablici 3. s primjerima dronova za svaku pojedinu kategoriju. [4]

Tablica 3. Podjela prema visini leta, [4]

KATEGORIJA	MAKSIMALNA	PRIMJER
Mala visina	Ispod 1000 m	Pointer
Srednja	1000 – 10 000	Finder
Velika visina	Više od 10 000	Darkstar

Nadalje, dronovi se mogu podijeliti i prema opterećenju krila. Opterećenje krila moguće je izračunati dijeljenjem ukupne mase letjelice i njezine površine krila. Prema tome postoje tri kategorije: niskog, srednje i visokog opterećenja krila. Bespilotna letjelica čije je opterećenje krila manje od 50 kg/m² pripada kategoriji niskog opterećenja. U kategoriju srednjeg opterećenja pripadaju letjelice čije opterećenje krila iznosi između 50 i 100 kg/m², a u kategoriju visokog one čije opterećenje krila može prelaziti 100 kg/m². Tablica 4. prikazuje spomenute tri kategorije i primjere dronova. [4]

Tablica 4. Podjela prema opterećenju krila, [4]

KATEGORIJA	OPTEREĆENJE	PRIMJER
Nisko	Manje od 50	Seeker
Srednje	50 – 100 kg/m ²	X-45
Visoko	Više od 100	Global

Bespilotne letjelice mogu se podijeliti i prema vrsti motora. Motori bespilotnih letjelica mogu biti klipni, električni, dvotaktni, rotacioni, turboprop i turbo fan, a veličina tih motora ovisi o veličini i težini same letjelice. Manji i lakši dronovi koriste električne motore, a veliki i teški za vojne svrhe koriste klipne. Podjela prema vrsti motora utječe na sve ostale podjele prilikom izbora optimalne bespilotne letjelice za određenu misiju, tako što ispravno izabran motor direktno utječe na istrajnost i dolet.[4]

Podjela prema funkcionalnosti uglavnom se odnosi na vojne bespilotne letjelice. Zbog toga se vojni dronovi kategoriziraju prema njihovim sposobnostima za izvršavanje misija. Prema UAV Roadmap 2002 (bespilotna letjelica – engl. Unmanned Aerial Vehicle – UAV), sposobnosti za obavljanje misija podijeljene su u sljedeće kategorije:

- Inteligentne, nadzorne, izviđačke i letjelice za ciljanje (engl. Inteligentne, nadzorne, izviđačke i letjelice za ciljanje – ISTAR);
- Bobene bespilotne letjelice (engl. Unmanned Combat Aerial Vehicles);
- Multifunkcionalne – UCAV);
- Bespilotne letjelice s vertikalnim polijetanjem i slijetanjem (engl. Vertical Take-Off and Landing – VTOL);
- Bespilotne letjelice za radarski i komunikacijski transfer;
- Bespilotne letjelice za dostavu i opskrbu. [4]

Zakon o zračnom prometu Republike Hrvatske¹ klasificira bespilotne zrakoplove kojima se izvode letačke operacije s obzirom na operativnu masu. Točnije, klasifikacija je objavljena u Pravilniku o sustavima bespilotnih letjelica (*Pravilnik o sustavima bespilotnih letjelica: »Narodne novine«, broj 69/09, 84/11, 54/13, 127/13 i 92/14*)² gdje su navedene sljedeće tri klase:

1. Klasa „5“ – dronovi do 5 kilograma;
2. Klasa „25“ – dronovi od 5 kilograma do 25 kilograma;
3. Klasa „150“ – dronovi od 25 kilograma do 150 kilograma. [5]

U istom pravilniku definirana je klasifikacija područja letenja bespilotnim letjelicama u odnosu na izgrađenost, naseljenost i prisutnost ljudi na četiri klase:

1. Klasa I – Područje u kojem nema izdignutih građevina ili objekata i u kojem nema ljudi, osim rukovatelja i osoblja koje je nužno za letenje;
2. Klasa II – Područje u kojem postoje pomoćni gospodarski objekti ili građevine koje nisu namijenjene za boravak ljudi i u kojima nema ljudi, osim rukovatelja i osoblja koje je nužno za letenje. Dozvoljen je samo povremeni prolazak ljudi kroz područje, bez zadržavanja (biciklisti, šetači i sl.);
3. Klasa III – Područje u kojem postoje građevine ili objekti primarno namijenjeni za stanovanje, poslovanje ili rekreaciju (stambene zgrade, stambene kuće, škole, uredi, sportski tereni, parkovi i slično);
4. Klasa IV – Područje uskih urbanih zona (središta gradova, naselja i mjesta).[5]

¹ Zakon o zračnom prometu, NN 69/09, 84/11, 54/13, 127/13, 92/14, na snazi od 05.08.2014., Dostupno na: <https://www.zakon.hr/z/177/Zakon-o-zračnom-prometu>.

² Zakon o zračnom prometu, NN 69/09, 84/11, 54/13, 127/13, 92/14, na snazi od 05.08.2014., Dostupno na: <https://www.zakon.hr/z/177/Zakon-o-zračnom-prometu>.

2.3. Konstruktivna rješenja i sustavi upravljanja

Svaka bespilotna letjelica sastoji se od motora, rezervoara za gorivo, Pitot cijevi, stajnog trapa, UHF antene (engl. Ultra High Frequency), antene za satelitsku komunikaciju, GPS (engl. Global Positioning System) sustav, uređaj za snimanje podataka, itd.

Glavni uvjet za konstrukciju bespilotnih letjelica je da moraju imati malu težinu, a visoku čvrstoću. Zbog toga se prilikom izrade dronova uglavnom koriste kompozitni materijali koju su vrlo lagani i imaju visok stupanj čvrstoće. Najčešće korišteni materijal za konstrukciju dronova je armirana plastika koja posjeduje mehaničke karakteristike legiranih čelika, a pritom je male težine i visoke čvrstoće. Ostale karakteristike armirane plastike su stabilnost oblika, kemijska postojanost, postojanost prema atmosferskim uvjetima, visoka dinamička otpornost, lakoća obrade i slično.

2.3.1. Konfiguracije dronova

Značajni napori su posvećeni poboljšanju izdržljivosti i nosivosti konstrukcije bespilotnih letjelica, što je rezultiralo različitim konfiguracijama dronova. Postoje četiri kategorije tih konfiguracija: bespilotna letjelica (engl. Unmanned Vehicle - UV) s nepokretnim krilima, UV s rotirajućim krilima, UV s mašućim krilima i hibridne konfiguracije. **Dronovima s nepokretnim krilima** potrebna je uzletno-sletna staza za polijetanje i slijetanje ili katapult. Ovu vrstu dronova karakterizira velika izdržljivost i mogućnost leta velikim brzinama krstarenja. **Bespilotne letjelice s pokretnim, odnosno rotirajućim krilima** polijeću i slijeću vertikalno, te imaju mogućnost lebdenja i dobru manevarsku sposobnost. Najčešće se koriste za robotske misije, posebice u civilne svrhe. Više je vrsta rotora na ovakvom dronu: glavni, repni, koaksijalni, tandemski, multirotori. **Dronovi s mašućim krilima** imaju fleksibilna i mala krila inspirirana krilima ptica i insekata. Za ovaj dron karakteristično je da može poletjeti vertikalno, a nastaviti let horizontalno poput zrakoplova tako da naginje rotore ili tijelo konstrukcije. **Hibridne**

konfiguracije poput balona i zračnih brodova su letjelice lakše od zraka koje mogu letjeti pri malim brzinama, imaju dobru izdržljivost i velikih su dimenzija. [6]

2.3.2. Upravljanje dronom

Postoje tri oblika upravljanja bespilotnim letjelicama: zemaljska kontrola ili daljinsko upravljanje, polu-autonomno upravljanje i autonomno upravljanje.

Dronovi kojima upravlja kontrola nazivaju se još letjelice na daljinsko upravljanje (engl. Remotely Piloted Vehicles – RPVs) i zahtijevaju konstantnu kontrolu od operatora koji se nalazi na zemlji. Prvi dronovi bili su na daljinsko upravljanje, a danas se taj sustav gotovo više ne koristi. Tijekom 1980-tih i 1990-tih godina razvijali su se sustavi kojima se uz već poznato daljinsko upravljanje moglo upravljati pomoću unaprijed programiranih sustava vođenja. Ti sustavi bili su baza za daljnje razvijanje autonomnih dronova.[6]

Korištenje sustava za navođenje danas je vrlo uobičajeno, a polu-autonomni sustavi zahtijevaju upravljanje iz zemaljske jedinice u kritičnim dijelovima leta. Kritični dijelovi leta su operacije poput polijetanja i slijetanja, operacije korištenja oružja, te određeni manevri za izbjegavanje. Operator mora preuzeti kontrolu nad dronom prije samog leta, tijekom polijetanja, slijetanja i kada se dron nalazi u blizini baze. Jednom kada je dron u zraku uključuje se autopilot i zrakoplov počinje slijediti unaprijed programiranu rutu. Za sve operacije drona odgovoran je operator koji u svakom trenutku može preuzeti kontrolu nad dronom.[6]

Potpuno autonomni sustavi sami obavljaju zadatke nakon polijetanja, prate stanje vlastite konstrukcije i kontroliraju ugrađena sredstva unutar programiranih ograničenja. Sve se to obavlja pomoću sofisticiranog autopilota koji omogućava letenje i obavljanje misija na unaprijed programiranim rutama bez ljudskog upravljanja sa zemaljske jedinice. Što znači da dronom potpuno upravlja njegovo računalo dok je jedina funkcija operatora kontinuirano nadziranje drona. Navedeni dronovi moraju biti opremljeni sustavima koji omogućavaju sigurno i efikasno izvršenje misija, a neki od tih sustava su:

- **Automatizirani sustav** – programirani sustav koji prati predefinicirana pravila;
- **Autonomni sustav** – sustav koji je svjestan namjera i smjerova, te je u mogućnosti odlučivati o načinu djelovanja i tražiti alternativna rješenja;
- **Navigacija** – sustav koji s visokim stupnjem točnosti pokazuje poziciju drona u bilo kojoj točki na Zemlji;
- **Sustav za upravljanje i kontrolu leta** – generira naredbe za upravljanje i pronalazi putanju leta;
- **„Otkrij i izbjegni“ sustav (engl. „Sense-and-Avoid“)** – primarni mehanizam za izbjegavanje sudara u zraku;
- **Sustav za praćenje grešaka** – sustav koji osigurava da neće doći do velikih pogrešaka u sustavu bespilotne letjelice koje vode do velikih kvarova;
- **Sustav za inteligentno planiranje leta** – sustav za planiranje rute i operacija pritom pazeći na status zračnog prostora, teren, vrijeme i prepreke;
- **Operacijski sustav.**[6]

2.4. Namjena dronova

2.4.1. Korištenje dronova u vojne svrhe

Od pojave prvih dronova pa sve do danas njihova glavna funkcija bila je obavljanje vojnih misija. U samim počecima dronovi su se koristili za kao oružje , a s razvojem tehnologije napredovale su i funkcije koje mogu obavljati. Sada se sustavi bespilotnih letjelica koriste za nadzor, obavještanje i izviđačke patrole, te kemijsko, biološko, radiološko i nuklearno otkrivanje. Također, dronovi mogu obavljati misije za koje se smatra da su opasne za zrakoplove s posadom. Korištenje dronova za izvršavanje vojnih zadataka uvelike smanjuje rizike i povećava uspješnost misije.

Vojne misije koje obavljaju dronovi mogu se podijeliti u tri kategorije: „dosadne“ misije (engl. dull), „prljave“ misije (engl. dirty) i opasne misije (engl. dangerous).

Pojam „dosadnih“ operacija odnosi se na obavljanje jednostavnih zadataka niskog radnog opterećenja koji traju više od 30 ili 40 sati. U ovu kategoriju ubrajaju se zadaci poput „*pattern-of-life*“ nadzora na fiksnim lokacijama, izvođenje litoralnih manevara u svrhu upravljanja nizom zadataka elektroničkog ratovanja, djelovanje kao komunikacijski relej i punjenje drugih zrakoplova gorivom u zraku. Dronovi su idealni za obavljanje takvih misija zbog jednostavne automatizacije zadataka, dok je jedini zadatak operatora nadziranje misije iz zemaljske stanice.[6]

Misije koje se obavljaju u neprijateljskim okruženjima, opasne su za ljude i posade zrakoplova nazivaju se „prljave“ misije. Dronovi su idealni za zadatke poput letenja u nuklearnim oblacima neposredno nakon eksplozije bombe i izviđanja požara na nepristupačnim mjestima. Za obavljanje takvih zadataka dronove je potrebno opremiti kamerama za promatranje i senzorima za uzorkovanje.[6]

Izviđanje neprijateljskih teritorija, prenošenje taktičkih zaliha i traženje improviziranih eksplozivnih naprava opasne su misije koje obavljaju bespilotne letjelice. Također, za suzbijanje integrirane protuzračne obrane poželjno je koristiti dronove zbog velikih prijetnji iz zraka i sa zemlje. U tom slučaju koriste se jeftini dronovi koji se žrtvuju za otkrivanje neprijateljskih položaja i time se prisiljava neprijatelja da troši velik broj projektila.[6]

Dronovi su od velike pomoći vojsci u obavljanju raznolikih vojnih operacija, te sljedeća lista prikazuje u koje su se svrhe do sada koristili:

- Izviđanje i prepoznavanje mete (*engl. Reconnaissance Surveillance and Target Acquisition – RSTA*);
- Nadzor u mirnom razdoblju i snimanje 2D i 3D karti tla pomoću SAR radara (*engl. Surveillance for peacetime and combat Synthetic Aperture Radar – SAR*);
- Operacije obmanjivanja (*engl. Deception operations*);
- Pomorske operacije poput ciljanja preko horizonta, protuzračne obrane i klasifikacije brodova;

- Elektroničko ratovanje;
- Meteorološke misije;
- Izviđanje ruta i pomoć pri slijetanju;
- Prilagođavanje na indirektnu paljbu;
- Procjene štete nakon bitke;
- Nadziranje nuklearnog oblaka. [6]

Zadaci koje dronovi obavljaju u vojne svrhe mogu se razvrstati i prema ulogama u oružanim snagama. Na sljedećoj listi navedeni su zadaci koje dronovi obavljaju za ratnu mornaricu:

- Napadanje neprijateljskih flota iz sjene;
- Mamljenje projektila;
- Prijenos radio signala;
- Zaštita luka od napada s mora;
- Postavljanje i nadzor sonarnih plutača;
- Ratovanje. [6]

Lista zadataka koje bespilotne letjelice obavljaju u vojne svrhe:

- Izviđanje;
- Nadzor neprijatelja;
- Praćenje nuklearnih, bioloških ili kemijskih kontaminacija;
- Određivanje ciljeva;
- Lociranje i uništavanje mina. [6]

Ratno zrakoplovstvo također ima listu zadataka koje obavljaju dronovi:

- Nadzor s velikih visina;
- Uništavanje radarskih sustava;
- Osiguravanje zrakoplovnih baza;
- Procjena štete na zračnim lukama;
- Uklanjanje bombi koje nisu eksplodirale. [6]

2.4.2. Korištenje dronova u civilne svrhe

Iako je primarna svrha dronova izvršavanje vojnih misija i zadataka, sve češće se dronovi koriste i u civilne svrhe. Civilne svrhe mogu biti komercijalne i industrijske, od javnog interesa i rekreativne.[7]

Državna tijela koriste dronove umjesto zrakoplova s posadom za nadziranje šuma i požara, ispitivanje zraka, potrage i spašavanje, te održavanje infrastrukture. Glavni razlog zašto se u te svrhe odabiru dronovi je veća efikasnost i ekonomičnost. Također, dronovi su pogodniji jer imaju mogućnost obavljanja opasnih zadataka koji bi predstavljaju prijetnju zrakoplovima s posadom. Komercijalne i industrijske primjene uključuju pružanje internetskih usluga, nadziranje poljoprivrednih zemljišta i aktivnosti, oglašavanje, nadzor, održavanje infrastrukture i dostavu. Rekreativno dronove koriste pojedinci, vlasnici dronova, za snimanje ili bilo koju drugu aktivnost.[7]

Civilne operacije dronova u europskom zračnom prostoru mogu se razvrstati u nekoliko kategorija:

- Naftna, plinska i električna industrija;
- Opskrba vodom;
- Građevinarstvo;
- Poštanske usluge;
- Oglašavanje i marketing;
- Telekomunikacije;
- Poljoprivreda;
- Sigurnost i nadzor;
- Rudarstvo;
- Nekretnine. [8]

Sve operacije u civilne svrhe moraju se odvijati prema pravilima i propisima, te je potrebno imati odobrenja nadležnih zakonodavnih tijela.

Američka savezna uprava za civilno zrakoplovstvo (engl. Federal Aviation Administration - FAA) je američko nadležno tijelo koje izdaje odobrenja za operacije dronovima i svrstava ih u jednu od pet kategorija: zračni nadzor, nekretnine, fotografiranje i snimanje iz zraka, poljoprivreda i inspekcija iz zraka. U sljedećoj tablici prikazane su prosječna težina i prosječna izdržljivost dronova prema industrijama koje koriste dronove.

Tablica 5. Tipovi dronova u komercijalnim operacijama, [9]

Industrija	Prosječna težina [lb (kg)]	Prosječna izdržljivost [min]
Poljoprivreda	9,14 (4,15)	37,59
Nekretnine	5,37 (2,44)	23,1
Film i televizija	12,39 (5,62)	19,05
Nafta i plin	9,83 (4,46)	97,4
Građevinarstvo	7,22 (3,28)	26,85

Poljoprivreda je jedna od prvih industrija koja je počela koristiti dronove za letove iznad polja i farmi. Dronovi također imaju potencijalnu primjenu u preciznoj poljoprivredi, što uključuje prikupljanje podataka o kvaliteti tla, usjevima, hranjivim tvarima, štetočinama i vlazi. Letjelice opremljene infracrvenim kamerama omogućavaju identifikaciju korova i zaraze insektima i time omogućuju ciljano tretiranje površine. U ovoj industriji očekuje se daljnji rast korištenja dronova jer direktno utječu na poboljšanje ove industrijske grane, a pritom predstavljaju mali rizik za ljude, imovinu i druge zrakoplove. [9] Na slici 2. prikazan je dron koji se koristi za sijanje u poljoprivredi.



Slika 2. DroneSeed bespilotna letjelica, [11]

Dronovi predstavljaju jeftiniju alternativu fotografiranju helikopterima, što uvelike olakšava posao brokerima nekretnina, ali takva komercijalna uporaba dronova trenutno nije dozvoljena. Dozvoljeno je korištenje dronova za bilježenje razmjera velikih parcela kao što su uredski parkovi, trgovački centri i neizgrađena zemljišta. U budućnosti se očekuje da će bespilotne letjelice postati rutinski alat za održavanje zgrada i imovine. [8]

Komunalna poduzeća koriste dronove za inspekciju i nadzor dalekovoda, cjevovoda, tornjeva i trafostanica. Infrastruktura za čije je održavanje nadležno komunalno poduzeće u većini slučajeva se nalazi na udaljenim područjima, te neki od zahvata tijekom održavanja predstavljaju opasnosti za čovjeka. Zbog toga su dronovi od velike važnosti u ovoj industriji, jer povećavaju sigurnost i smanjuju troškove. [9]

U građevinarstvu dronovi su se prvo koristili za inspekcije i mapiranje područja. Precizno topografsko mapiranje rezultira točnijim dizajnom projekta eliminirajući skupe izmjene na terenu tijekom gradnje. Također, povećava se sigurnost radnika na gradilištima tako što dronovi rade inspekcije s velikih visina, što su do sada radili ljudi pomoću visokih dizala i skela. U budućnosti se očekuje šira primjena dronova u ovom

području, a to uključuje vizualne zapise terena koji umanjuju mogućnost nastajanja sporova između vlasnika zemljišta i izvođača radova, te nošenje alata i opreme. [9]

Bespilotne letjelice pokazale su se korisnima u pronalaženju žrtava i isporuku pomoći u izvanrednim situacijama poput uragana i potresa. Specijalne termalne kamere koje se nalaze na dronovima pomažu pri otkrivanju požara tako što imaju mogućnosti otkrivanja abnormalnih temperatura u šumama i identifikacije požara unutar samo tri minute nakon njihovog početka. [10]

Sustavi za praćenje i proučavanje u kombinaciji s geoprostornim slikama omogućavaju dronovima praćenje životinja, njihovo označavanje i prikupljanje uzoraka. Uz praćenje kretanja životinja, moguće je pratiti i kretanje zaraznih bolesti uz pomoć termalnih kamera na dronovima. Također, dronovi omogućavaju istraživačkim timovima da provode istraživanja u zaštićenim područjima bez narušavanja prirodnih staništa životinja. Osim toga, konzervatori zaduženi za nadzor zaštićenih područja mogu uz pomoć dronova pratiti i zaustavljati krivolov. [10]

Inspekcije infrastrukture za vađenje nafte i plina nadziru se dronovima kako bi se smanjio rizik od zagađenja okoliša i potpuno eliminirale opasnosti koje prijete ljudima koji obavljaju te zadatke. Iz istih razloga dronovi su pronašli svoju funkciju i u rudarstvu. Mjerenje zaliha rudača, stijena i minerala, te snimanje rudnika su zadaci koje dronovi mogu uspješno obavljati u ovoj industriji. Rezultat je povećanje sigurnosti i efikasnosti. [9]

U zračnom prometu dronovi bi mogli pronaći svoju primjenu u inspekcijama zrakoplova. Pomoću slika i podataka koje bi dronovi prikupljali bit će moguće analizirati stanje strukture zrakoplova. [9]

U svim spomenutim industrijama, ali i ostalim poput građevinarstva, telekomunikacija i novinarstva dronovi se sve više koriste i razvijaju se da budu pogodniji zadatku svojim dimenzijama i opremom. Međutim, postoje i nove ideje o zadacima koje će dronovi moći obavljati u budućnosti. Na primjer, dostava pošiljaka iz trgovina, hrane iz restorana, prikupljanje podataka u svemiru, pa čak i transport ljudi.

Opseg zadataka koje dronovi mogu obavljati u civilne svrhe svakim danom je sve veći, te uz povećanje broja rekreativnih korisnika, nužno je potrebno zakonski regulirati njihovo korištenje. Također, sve veća prisutnost dronova otvara pitanja etičnosti i sigurnosti korištenja. Nadležna tijela u velikom broju država trenutno rade na zakonskom regulatornom okviru korištenja dronova, kako bi se dronovi mogli sigurnije i efikasnije koristiti u bilo koju od navedenih svrha.

2.5. Trendovi razvoja

Dronovi su postali ključni element u svakodnevnom životu ljudi. Tržište dronova svakodnevno raste, a Europsko tržište dronova trenutno vrijedi više od 10 milijardi eura. Očekuje se da će do 2035-te godine tržište dronova rasti za 5 milijardi eura više svake godine. Tome će najviše pridonositi povećano korištenje dronova u vojne i rekreativne svrhe. [12]

Razvoj industrije dronova uvelike ovisi o stupnju integracije dronova u sve vrste zračnog prostora, najviše u najnižem sloju zračnog prostora ispod 150 m. Do 2050-te godine očekuje se da će u Europi biti sedam milijuna dronova koji se koriste u rekreativne svrhe, te 400 000 dronova koji se koriste u komercijalne svrhe i u svrhe od javnog interesa. Također, u budućnosti se očekuje da će sve više obavljati operacije izvan vidnog polja operatora. [12]

Primjeri nekih od industrija na koje će razvoj dronova imati najveći gospodarski utjecaj su sljedeće:

- Poljoprivreda – predviđa se korištenje 100 000 dronova u preciznoj poljoprivredi čija je svrha obavljanje misija koje povećavaju produktivnost ovog sektora;
- Energetska industrija – 10 000 dronova će se koristiti za izvođenje preventivnog održavanja čime će se značajno smanjiti rizik za ljude zaposlene u ovom sektoru i za samu infrastrukturu;

- Dostava – flota od 100 000 dronova izvršavati će hitne dostave, kao što su dostave lijekova i specijalne dostave;
- Javna sigurnost – policija i vatrogasne snage koristiti će otprilike 50 000 dronova kako bi učinkovitije locirali i procijenili opasnosti prilikom provođenja civilne zaštite i humanitarnih misija. [12]

Nakon 2030-te godine očekuje se pojava većih bespilotnih letjelica koje će imati značajan utjecaj na prijevoz tereta, te kasnije i za prijevoz ljudi. Kako bi te ideje zaživjele potrebno je nastaviti razvijati i usavršavati bespilotne letjelice i razvijati nove zakone i regulative. [12]

3. Operativna podjela i klasifikacija zračnog prostora

Prema definiciji iz ICAO Aneksa 11 *Usluge u zračnom prometu* (engl. Air Traffic Services) iz 2001. godine, zračnim prostorom neke države smatra se cjelokupni prostor iznad mora i kopna unutar državnih granica. Iako je veličina, odnosno širina zračnog prostora ograničena državnim granicama, u visinu zračni prostor nema definiranih granica. Također, država u tom prostoru ima potpun i nepovrediv suverenitet. Za održavanje razine sigurnosti i kontroliranje zračnog prostora odgovorne su nadležne civilne i vojne kontrole zračnog prostora. Države potpisnice ICAO Čikaške konvencije dužne su prema odredbama uspostaviti službe za pružanje usluga zračnog prometa 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. [13]

3.1. Klase zračnog prostora

U ICAO Aneksu 11 opisana je klasifikacija zračnog prostora, odnosno, opisani su zahtjevi prema kojima se zračni prostor dijeli na sedam klasa. Svaka pojedina klasa ima propisane uvjete korištenja koji određuju stupanj pružanja usluga zračnog prometa, stupanj informiranosti korisnika zračnog prostora, ograničenja, zahtjeve za komunikacijom između pilota i kontrole zračnog prometa, te razdvajanje zrakoplova, izdavanje informacija, instrukcija savjeta i odobrenja. U Tablici 7. navedene su sve klase zračnog prostora i njihovi uvjeti.

Tablica 6. Klase zračnog prostora, [13]

Klasa	Vrsta leta	Razdvajanje	Razina pružanja usluge	Ograničenje brzine	Zahtjev za radio-komunikacijom	Odobrenje kontrole
A	Samo IFR	Svi zrakoplovi	Kontrola zračnog prometa	Nema	Neprekidna dvosmjerna	Da
	IFR	Svi zrakoplovi	Kontrola zračnog prometa	Nema	Neprekidna dvosmjerna	Da
	VFR	Svi zrakoplovi	Kontrola zračnog prometa	Nema	Neprekidna dvosmjerna	Da
B	IFR	IFR od IFR/IFR od VFR	Kontrola zračnog prometa	Nema	Neprekidna dvosmjerna	Da
	VFR	VFR od IFR	Kontrola zračnog prometa	250kt IAS ispod 3050 m (10 000 ft) AMSL	Neprekidna dvosmjerna	Da
	IFR	IFR od IFR	Kontrola zračnog prometa	250kt IAS ispod 3050 m (10 000 ft) AMSL	Neprekidna dvosmjerna	Da
C	VFR	VFR od IFR	Kontrola zračnog prometa	250kt IAS ispod 3050 m (10 000 ft) AMSL	Neprekidna dvosmjerna	Da
	IFR	IFR od IFR	Kontrola zračnog prometa	250kt IAS ispod 3050 m (10 000 ft) AMSL	Neprekidna dvosmjerna	Da
	VFR	Ne pruža se	IFR/VFR i VFR/VFR informiranje o prometu (sa vjetovanje za razdvajanje na zahtjev)	250kt IAS ispod 3050 m (10 000 ft) AMSL	Neprekidna dvosmjerna	Da
D	IFR	IFR od IFR	Kontrola zračnog prometa i informiranje o VFR letovima dokle god je moguće	250kt IAS ispod 3050 m (10 000 ft) AMSL	Neprekidna dvosmjerna	Da
	VFR	Ne pruža se	informiranje o letovima dokle god je moguće	250kt IAS ispod 3050 m (10 000 ft) AMSL	Ne	Ne
	IFR	IFR od IFR	Savjetodavne usluge i usluge informiranja	250kt IAS ispod 3050 m (10 000 ft) AMSL	Neprekidna dvosmjerna	Ne
E	VFR	Ne pruža se	Usluga informiranja	250kt IAS ispod 3050 m (10 000 ft) AMSL	Ne	Ne
	IFR	IFR od IFR do kada je moguće	Usluga informiranja	250kt IAS ispod 3050 m (10 000 ft) AMSL	Neprekidna dvosmjerna	Ne
	VFR	Ne pruža se	Usluga informiranja	250kt IAS ispod 3050 m (10 000 ft) AMSL	Neprekidna dvosmjerna	Ne
F	VFR	Ne pruža se	Usluga informiranja	250kt IAS ispod 3050 m (10 000 ft) AMSL	Neprekidna dvosmjerna	Ne
	IFR	Ne pruža se	Usluga informiranja	250kt IAS ispod 3050 m (10 000 ft) AMSL	Neprekidna dvosmjerna	Ne
	VFR	Ne pruža se	Usluga informiranja	250kt IAS ispod 3050 m (10 000 ft) AMSL	Neprekidna dvosmjerna	Ne
G	VFR	Ne pruža se	Usluga informiranja	250kt IAS ispod 3050 m (10 000 ft) AMSL	Ne	Ne
	IFR	Ne pruža se	Usluga informiranja	250kt IAS ispod 3050 m (10 000 ft) AMSL	Neprekidna dvosmjerna	Ne
	VFR	Ne pruža se	Usluga informiranja	250kt IAS ispod 3050 m (10 000 ft) AMSL	Neprekidna dvosmjerna	Ne

Sve države dužne su klasificirati svoj zračni prostor prema vlastitim potrebama, što znači da nije nužno koristiti svih sedam klasa. Na slici 3 prikazana je klasifikacija zračnog prostora iz 2006. godine. Vidljivo je kako svaka država ima različitu klasifikaciju zračnog prostora. Klasifikacija se određuje parametrima poput veličine zračnog prostora i gustoće prometa, a neki dijelovi zračnog prostora mogu se navesti kao neklasificirani ukoliko zakonodavne vlasti smatraju da je taj dio zračnog prostora nepotrebno klasificirati. [13]

OI-1A - Airspace Classifications as at 21 September 2006

FL or Alt Band	Albania	Armenia	Austria	Azerbaijan	Belgium/Lux	Bosnia Herz	Bulgaria	Croatia	Cyprus	Czech Rep	Denmark	Estonia	Finland
Up Limit CAS	660	400	660		660	410	660	1 Jul 07	400	660	400	660	660
245-400	C	C	C		C	C	C	C		C	C	C	C
205-245													
195-205													
150-195			D										
130 ⁰ -150													
95 ⁰ -130 ⁰													
3K ⁰ -95 ⁰													
5FC-3K ⁰													
Major TMA									No TMAs				
Minor TMA													
CTA/Arry	C	C	C	D	E			C	D	E	F	G	H
CTR ⁰													

FL or Alt Band	France/Monaco	FYROM	Germany	Georgia	Greece	Hungary	Ireland	Italy	Latvia	Lithuania	Malta	Moldova	Netherlands
Up Limit CAS	660	660	660	400		660	660	460	400	660	400	660	660
245-400	C	C	C	A		C	C	C	C	C	C	C	C
205-245													
195-205													
150-195													
130 ⁰ -150													
95 ⁰ -130 ⁰													
3K ⁰ -95 ⁰													
5FC-3K ⁰													
Major TMA	A	D	C					A	E	C	D	C	A
Minor TMA	C	D	E					D	E	C	D	C	A
CTA/Arry	D	E	D	E	C			D	E	C	D	C	A
CTR ⁰	A	D	E	D	F			A	C	D		C	C

FL or Alt Band	Norway	Poland	Portugal	Romania	Slovak Rep	Slovenia	Spain	Sweden	Switzerland	Turkey	Ukraine	UK	Spain - Illes Balears
Up Limit CAS	660	460	1 Jul 07	660	660	660	460	460	660		660	660	660
245-400	C						C	C	C				C
205-245													
195-205													
150-195													
130 ⁰ -150													
95 ⁰ -130 ⁰													
3K ⁰ -95 ⁰													
5FC-3K ⁰													
Major TMA	C			A	C	D	C	D	A	C	C	A	A
Minor TMA	D			A	C	D	C	D	A	C	C	A	A
CTA/Arry	D	E	C	C	C	D	C	D	A	C	C	A	A
CTR ⁰	D	E		C	D	D	D	D	C		C	A	A

Slika 3. Klasifikacije zračnih prostora određenih država iz 2006. godine, [14]

Kao što je vidljivo iz slike 3. dvije različite klase zračnog prostora osim što mogu biti jedna do druge, mogu biti i jedna iznad druge. Kada se zrakoplov nalazi na razini leta koja se podudara s granicom dvije različite klase zračnog prostora, tada se primjenjuju pravila iz one klase koja je manje restriktivna.

Također, prema ICAO Aneksu 11 i spomenutoj Tablici 7., zračni prostor se primarno dijeli na kontrolirani i nekontrolirani zračni prostor. U kontrolirani zračni prostor pripadaju klase A, B, C, D i E, dok su klase F i G nekontrolirani zračni prostor. Ta podjela

je izuzetno bitna kada se govori o letovima dronova, koji se za sad najviše koriste u nekontroliranom zračnom prostoru, a priprema se njihova integracija u kontrolirani zračni prostor, o čemu se više govori u poglavlju 4. ovog diplomskog rada.

3.2. Operativna podjela zračnog prostora

Operativna podjela odnosi se na dijeljenje zračnog prostora na horizontalni i vertikalni zračni prostor. Ova podjela mora biti u skladu s ICAO klasifikacijom zračnog prostora koja je prikazana u prethodnom poglavlju.

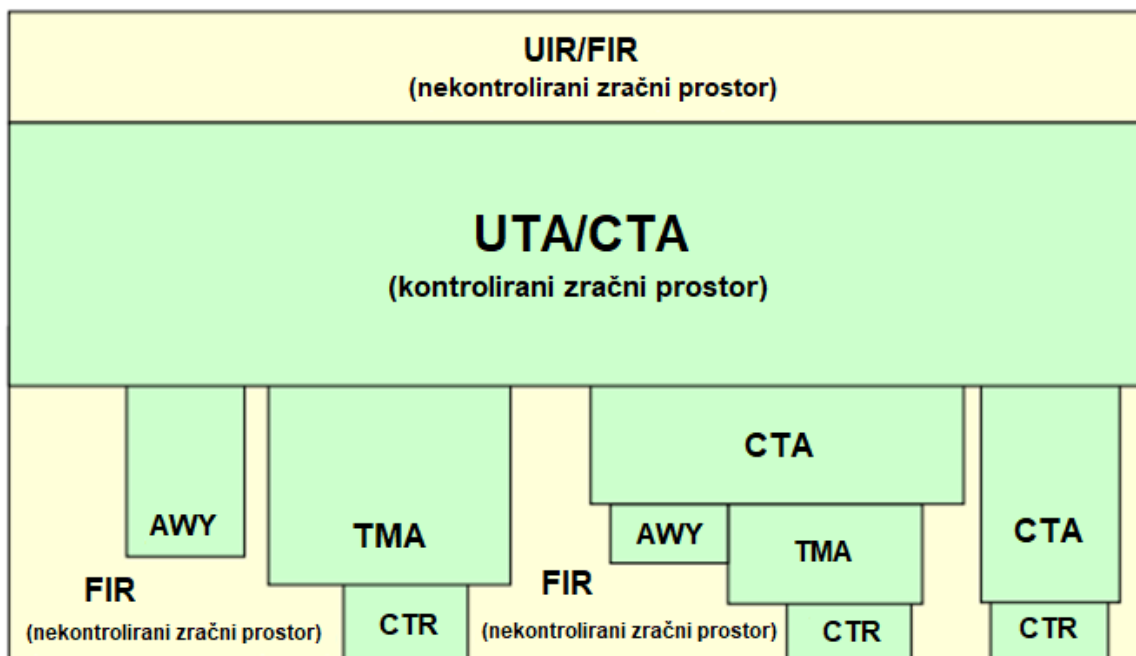
3.2.1. Horizontalna podjela zračnog prostora

Horizontalnom podjelom zračni prostor dijeli se na *kontrolirani zračni prostor*, *zračni prostoru u kojem je letenje posebno regulirano* i *nekontrolirani zračni prostor*.

3.2.1.1. Kontrolirani zračni prostor

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

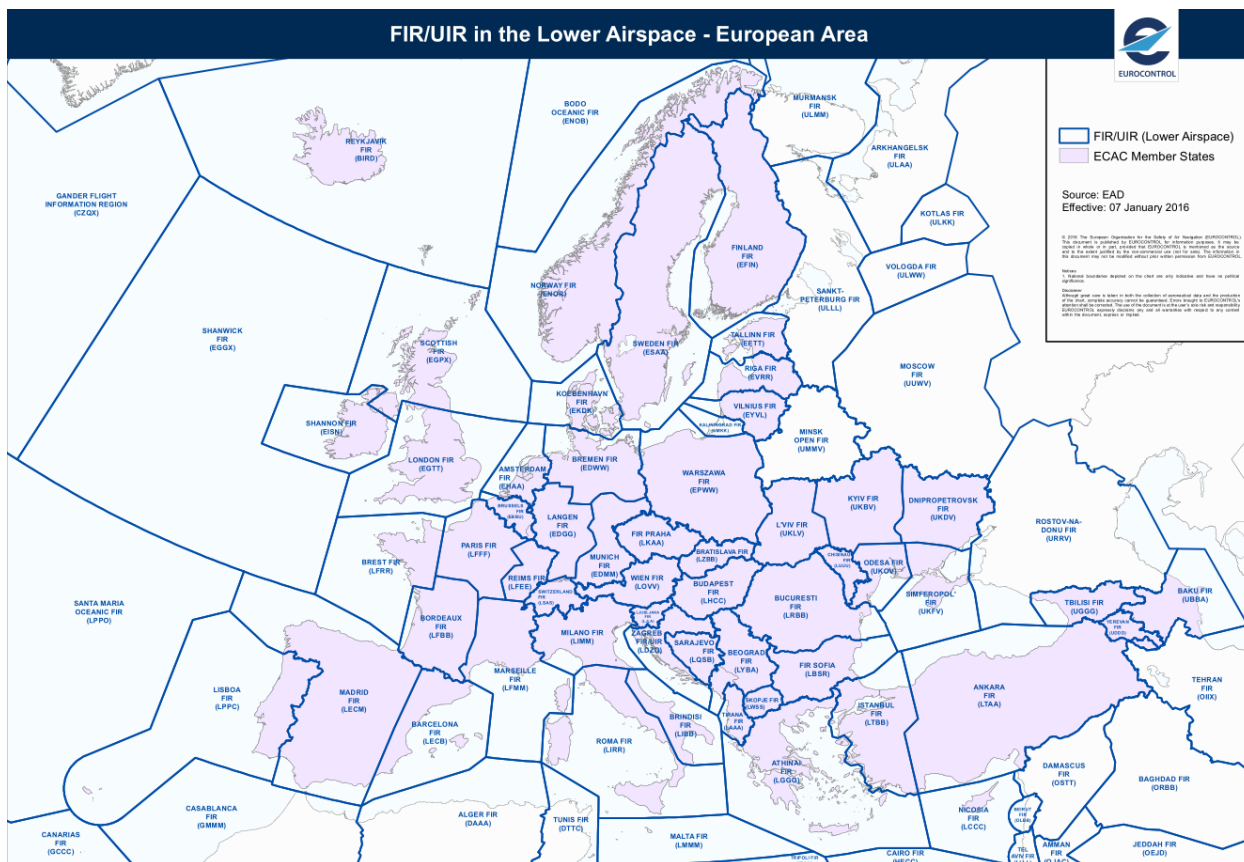
- Područja letnih informacija (engl. Flight Information Region – FIR i Upper Flight Information Region – UIR);
- Kontrolirani zračni prostor (engl. Control Area – CTA);
- Kontrolirane zone zračne luke (engl. Control Zone - CTR);
- Završne kontrolirane oblasti (engl. Terminal Maneuvering Area – TMA);
- Zračne putove (engl. Airway);
- Granično ulazno izlazni koridori. [15]



Slika 4. Podjela kontroliranog zračnog prostora, [13]

Na Slici 4. prikazani su svi nabrojani dijelovi kontroliranog zračnog prostora, a njihova pozicija u zračnom prostoru određuje se prema uslugama koje je kontrola zračnog prometa dužna pružiti u određenom dijelu zračnog prostora.

Područja letnih informacija (FIR/UIR) su dijelovi zračnog prostora u kojima se svim zrakoplovima pružaju usluge informiranja o letu i usluge uzbunjivanja. FIR se odnosi na područja pružanja letnih informacija u donjem sloju zračnog prostora (prikazano na slici 5.), a UIR na područje pružanja letnih informacija u gornjem sloju. [13]



Slika 5. Područje pružanja letnih informacija u donjem sloju zračnog prostora, [16]

Kontrolirani zračni prostor (CTA) je dio zračnog prostora gdje je nužno pružiti uslugu kontrole zračnog prometa svim zrakoplovima koji lete instrumentalno (IFR letovi). Ovo područje ima definiranu donju granicu, te se proteže u visinu, Donja granica kontroliranog zračnog prostora ne treba biti niža od 200 m (700 ft) iznad zemlje i vodenih površina i uglavnom se podudara s gornjim granicama završnih kontroliranih oblasti, kontroliranih zona zračnih luka, te sloja slobodnog letenja. U slučaju da se donja granica nalazi na visini većoj od 900 m (3000 ft), tada se za donju granicu CTA prostora uzima jedan od nivo leta za VFR letove. Kontrolirani zračni prostor može biti neograničen, ali je moguće postaviti gornju granicu iznad koje se usluge kontrole zračnog prometa neće pružati. Također, moguće je CTA sloj podijeliti na donji i gornji sloj kontroliranog zračnog prostora (engl. Control Area - CTA i Upper Control Area - UTA). Dimenzije samog

kontroliranog zračnog prostora oblikuju se prema konfiguraciji zračnih puteva, mreža aerodroma i gustoće prometa. [17]

Kontrolirana zona zračne luke (CTR) proteže se horizontalno najmanje 5 nautičkih milja od središnje točke zračne luke u smjeru iz kojeg prilaze zrakoplovi prilikom slijetanja. Unutar te zone može biti smješteno i više zračnih luka koje se nalaze u neposrednoj blizini. Oblik kontrolirane zone je elipsa, krug ili krug s produžecima ukoliko se operacije slijetanja obavljaju s više prilaznih strana. Donja granica kontrolirane zone zračne luke je površina zemlje, dok se gornja granica posebno utvrđuje za svaku zračnu luku u ovisnosti o visini i broju prepreka u blizini zračne luke ili unutar kontrolirane završne oblasti. Ako se CTR nalazi unutar prostora završne kontrolirane oblasti, tada se gornja granica CTR podudara s donjom granicom završne kontrolirane oblasti koja iznosi 200 m (700 ft). U slučaju da se gornja granica nalazi na visini većoj od 900 m (3000 ft) potrebno je izjednačiti granicu sa najbližom razinom leta za letenje po pravilima s vidljivošću (VFR letovi). [17]

Završna kontrolirana oblast (TMA) je zračni prostor u kojem se nalazi jedna ili više zračnih luka, te u njega ulazi više zračnih putova. Brojni parametri određuju veličinu i oblik TMA, a neki od njih su broj zračnih luka smještenih u tom prostoru, broj zračnih puteva koji ulaze u tu oblast, intenzitet prometa, te broj i lokacija radionavigacijskih sredstava. Radionavigacijska sredstva nalaze se na granicama završno kontroliranih oblasti, od kojih zrakoplovi započinju završno prilaženje i usmjeravaju se u pravac za slijetanje. Donja granica završnih kontroliranih oblasti ne smije biti niža od 200 m (700 ft) od površine zemlje i uglavnom se podudara s gornjom granicom kontrolirane zone i sloja slobodnog letenja. Postoji mogućnost da je donja granica TMA na visini većoj od 900 m (3000 ft) i u tom slučaju se podudara s jednim od nivoa leta za letenje pod pravilima s vidljivošću (VFR letovi). Iznad gornje granice završne kontrolirane oblasti ne pružaju se usluge kontrole zračnog prometa, a kada se iznad TMA zone nalazi kontrolirano područje (CTA) podudaraju se gornja granica TMA i donja granica CTA. [17]

Zračnim putovima (Airway) obavlja se zračna plovidba koju nadziru nadležne službe kontrole zračnog prometa, te se njima povezuju aerodromi i granični ulazno-izlazni

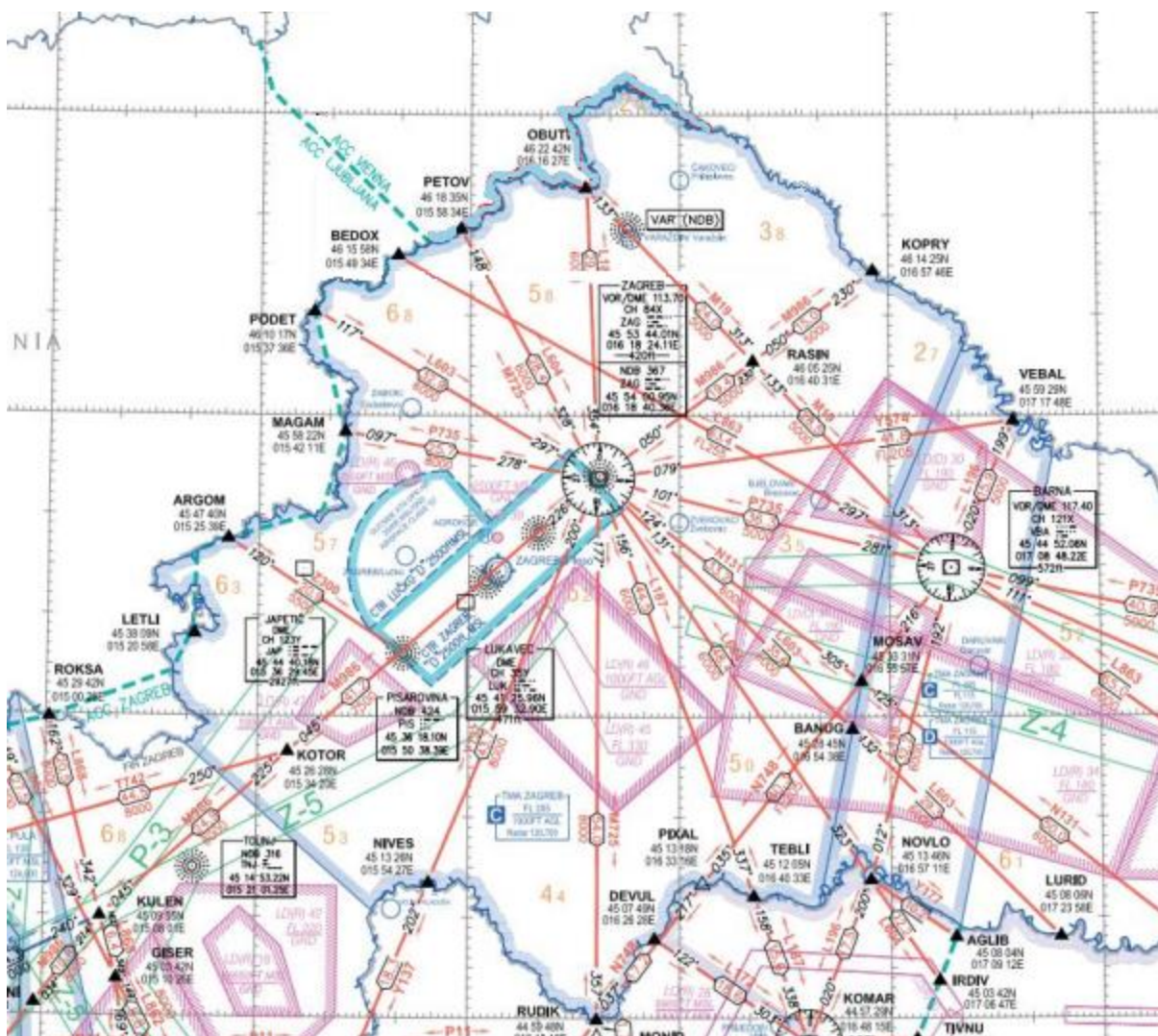
koridori s ostalim aerodromima i graničnim ulazno-izlaznim koridorima. Širina zračnog puta iznosi 10 NM, te se sa svake strane dodaje zaštitni prostor širine 2,5 NM. Zračni putevi počinju na visini od 300 m (1000 ft) iznad površine zemlje ili vodenih površina i proteže se neograničeno u vis. To jest, donja granica zračnog puta je ravnina koja je na visini 300 m iznad zemlje, iznad najviše zapreke na zračnom putu ili dijelu zračnog puta. Neposredno iznad donje granice nalazi se sigurnosni sloj čija debljina iznosi 150 m (500 ft), te je gornja granica sigurnosnog sloja najmanja dopuštena visina leta uz pomoć instrumenata. Donje granice i minimalne dopuštene razine leta određuju se za svaki segment zračnog puta posebno. Svi letovi moraju se održavati unutar definiranih zračnih putova, iako je moguće napraviti iznimke za letove zrakoplova uprave, saniteta, sportske i znanstvene namjene, te svih ostalih inozemnih turističko-poslovnih zrakoplova uz prethodnu najavu i odobrenje nadležne kontrole zračnog prometa. 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 označuju 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. [17]

Uz osnovno označavanje postoji i detaljno označavanje zračnih putova slovima K (za helikopterske rute), U (rute u gornjem zračnom prostoru) i S (rute za supersonične zrakoplove). Također postoje i dodatne oznake kojim se obilježavaju zračni putevi i one su:

- Slovo V za zračne puteve 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. [17]



Slika 6. Mreža zračnih putova, [18]

Na slici 6. prikazana je mreža zračnih putova na niskim razinama leta, te su također vidljivi i podaci poput granica kontroliranog zračnog prostora, VHF frekvencije, kanali, zemljopisne koordinate, zračne luke, minimalne nadmorske visine i prepreke na ruti, točke izvještavanja, udaljenosti zračnih putova, te dijelovi zračnog prostora s posebnom namjenom i rute koje se koriste u vojne svrhe.

Granični ulazno-izlazni koridori su dijelovi zračnog prostora koji predstavljaju početke i krajeve zračnih putova unutar granica jedne države. Jednake su širine i visine kao i zračni putevi, te su obilježeni radio-navigacijskim uređajima i geografskim koordinatama. Granični ulazno izlazni koridori određuju se međudržavnim sporazumima.[17]

3.2.1.2. Zračni prostor u kojem je letenje posebno regulirano

Neke od operacija u zračnom prometu zahtijevaju posebnu regulaciju u svrhu povećavanja nacionalne sigurnosti i sigurnosti zračnog prometa. Zbog toga države imaju mogućnosti zabraniti i ograničiti letenje u određenim dijelovima zračnog prostora. Taj dio zračnog prostora naziva se zračni prostor u kojem je letenje posebno regulirano, te se dalje dijeli na:

- 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)[17]

Na slici 7. prikazan je dio zračnog prostora Republike Hrvatske na kojem su vidljive zone letenja s posebnom regulacijom. Zabranjene, ograničene i opasne zone označene su ljubičastim poligonima, dok su privremeno izdvojena područja također označena ljubičastom bojom ali granice nisu ravni bridovi poligona. [17]



Slika 7. Dio zračnog prostora RH sa posebno reguliranim zonama, [19]

Zabranjene zone (P) su dijelovi zračnog prostora definiranih dimenzija iznad kopna ili vodenih površina određene države, te je letenje u tim zonama strogo zabranjeno za sve zrakoplove. [10] Unutar tih zona uglavnom su smješteni vojni ili industrijski kompleksi i druge instalacije. U slučaju pada zrakoplova u tim područjima, posljedice bi bile katastrofalne, te je to glavni razlog zabrane prometovanja iznad tih područja. Zabranjene zone označavaju se slovo P i rednim brojem. Zrakoplovi koji se ne pridržavaju zabrane letenja u tim zonama čine teške prekršaje i podliježu sankcijama. [17]

Ograničene ili uvjetno zabranjene zone (R) su dijelovi zračnog prostora definiranih dimenzija iznad kopna ili vodenih površina određene države, gdje je letenje ograničeno prema određenim uvjetima. [10] Uglavnom se ograničava letenje u određenim vremenskim razdobljima ili na određenim visinama u određenim vremenskim razdobljima. Kada je zona aktivna, te su nadležne službe objavile vrijeme i visinu zabrane, letenje kroz

zonu se zabranjuje zbog potencijalnog ugrožavanja sigurnosti zračnog prometa. Ograničene zone označavaju se slovom R, rednim brojem i nacionalnim simbolom. Ukoliko se zrakoplovi ne pridržavaju zabrane letenja u ograničenoj zoni podliježu sankcijama. [17]

Opasne zone (D) su dijelovi zračnog prostora definiranih dimenzija unutar koje se obavljaju aktivnosti potencijalno opasne za zrakoplove. Te zone označene su slovom D i rednim brojem. [15]

Privremeno izdvojeno područje (TSA) je definirani dio zračnog prostora u nadležnosti jednog zrakoplovnog tijela i privremeno je izdvojeno zajedničkim sporazumom. U tom slučaju, područje je izdvojeno radi ekskluzivne uporabe drugog zrakoplovnog nadležnog tijela. Drugim zrakoplovima je zabranjen prolaz kroz TSA zonu kada je ona aktivna.[15]

Privremeno rezervirano područje (TRA) su definirani dijelovi zračnog prostora koji se nalaze u nadležnosti jednog zrakoplovnog tijela. Ta zona je privremeno rezervirana, zajedničkim sporazumom, za specifičnu uporabu drugog zrakoplovnog tijela. Drugim zrakoplovima moguće je dopustiti prolaz kroz rezervirano područje uz odobrenje kontrole zračnog prometa. [15]

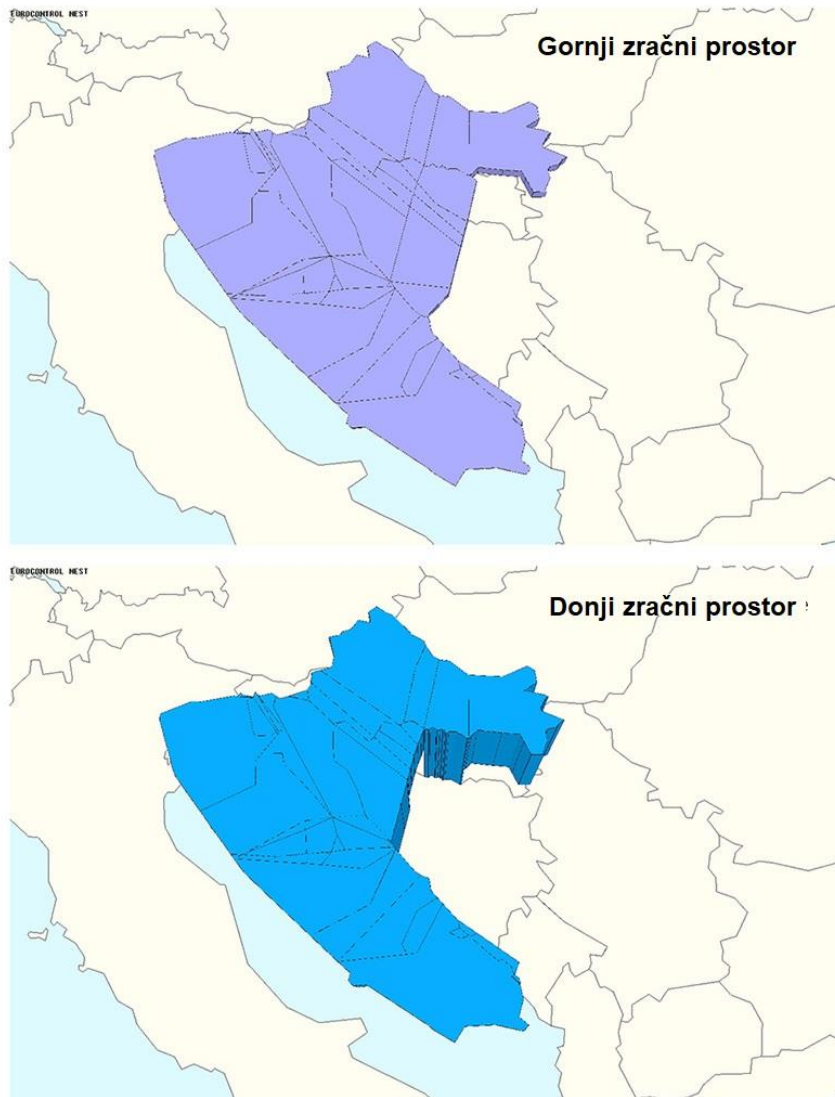
3.2.1.3. **Nekontrolirani zračni prostor**

Sav zračni prostor jedne države ili regije koji se nalazi izvan granica kontroliranog zračnog prostora, zračnih puteva, kontroliranih zona, završno kontroliranih oblasti, te opasnih, zabranjenih i uvjetno zabranjenih zona naziva se nekontrolirani zračni prostor. Drugi naziv za nekontrolirani zračni prostor je sloj slobodnog letenja.

Nekontrolirani zračni prostor proteže se od površine zemlje do 900 m (3000 ft) apsolutne visine ili 450 m (1500 ft) iznad terena. Sloj slobodnog letenja u blizini aerodroma definira se kao aerodromska prometna zona (engl. ATZ – Aerodrome Traffic Zone). [15]

3.2.2. Vertikalna podjela zračnog prostora

Zračni prostor ima svoj volumen koji se može podijeliti i vertikalno. Od površine zemlje pa do određene visine, zračni prostor se dijeli u slojeve. Sloj najbliži površini zemlje je *sloj slobodnog letenja*, na koji se nastavlja *donji zračni prostor* i na kraju *gornji zračni prostor*. Ta podjela prikazana je na slici 8. na primjeru hrvatskog zračnog prostora.



Slika 8. Slojevi zračnog prostora, [20]

Za **sloj slobodnog letenja** vrijede ista pravila kao i kod horizontalne podjele zračnog prostora. To jest, sloj se proteže od površine zemlje ili mora, izvan kontrolirane zone, a doseže visinu od 200 m (700 ft) ili do 900 m (3000 ft) nadmorske visine, ovisno koja je veća. Sloj slobodnog letenja koristi se isključivo za letove pod uvjetima s vidljivosti (VFR letovi) koji nisu u nadležnosti kontrole zračnog prometa. [17]

Donji zračni prostor (engl. Lower) nalazi se iznad sloja slobodnog letenja i iznad gornjih granica kontroliranog zračnog prostora i završnih kontroliranih oblasti. U visinu se proteže do određenog nivoa leta, koji prema europskoj regulativi iznosi FL 285 u europskom zračnom prostoru. [17]

Gornji zračni prostor (engl. Upper) nalazi se iznad sloja donjeg zračnog prostora i proteže se u visinu do nivoa letenja FL 660. [17]

Zračni prostor može biti podijeljen u više od tri navedena sloja. Nadležna kontrola zračnog prometa zadužena je za određivanje i praćenje operativnih parametara koji uvjetuju dijeljenje zračnog prostora u više razina. Osim već spomenutog donjeg i gornjeg zračnog prostora, neke od razina su *sektor viših razina leta (engl. HIGH)* i *sektor vrlo visokih razina leta (engl. TOP)*. Sektor viših razina proteže se od razine letenja FL 355 do FL 375, a sektor vrlo visokih razina od FL 375 do FL 660.[17]

4. Integracija dronova u kontrolirani zračni prostor

Zbog svoje široke primjene i mnogih pozitivnih utjecaja, dronovi su sve češća pojava u zračnom prostor. Većina bespilotnih letjelica obavlja vlastite operacije unutar najnižeg sloja letenja, odnosno nekontroliranog zračnog prostora. Ali, u današnje vrijeme i u bližoj budućnosti očekuju se operacije dronova unutar kontroliranog zračnog prostora. U oba slučaja potrebno je razviti sustave i regulatorne okvire kako bi se operacije odvijale sigurno i efikasno. Sada već postoje regulative koje određuju pravila letenja za bespilotne letjelice u najnižem sloju letenja, dok se sustavi i regulative za letenje u kontroliranom zračnom prostoru još uvijek razvijaju.

Za uspješnu integraciju dronova potrebno je provesti brojna istraživanja, testiranja i simulacije, što je kompliciraniji zadatak od donošenja pravila letenja za zrakoplove s posadom. Razlog tome je što na bespilotne letjelice vanjski utjecaji i drugi parametri imaju drugačije učinke. Zbog toga nadležne zrakoplovne vlasti poput EUROCONTROLA u Europi, te FAA (engl. Federal Aviation Administration) i NASA-e (engl. National Aeronautics and Space Administration) u Americi provode opsežna istraživanja kako bi u nekoliko godina mogli postići potpunu integraciju dronova u kontrolirani zračni prostor.

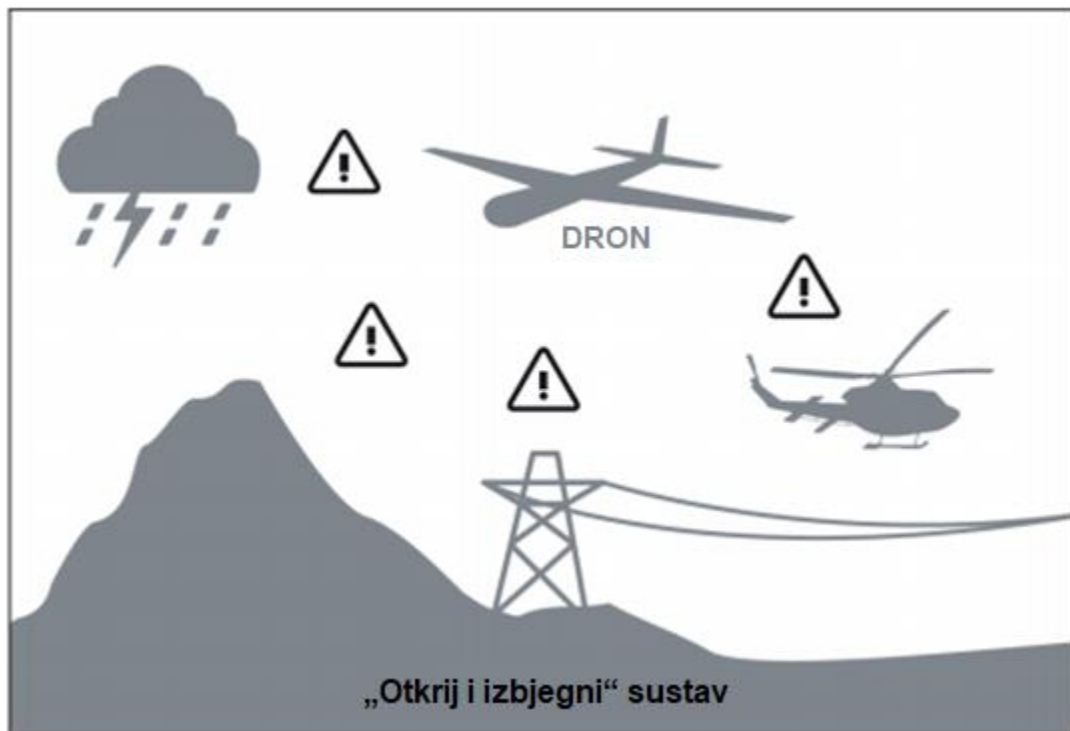
4.1. Integracija dronova u nekontrolirani zračni prostor

Svrha same integracije je napredak i razvoj zrakoplovne industrije, te poboljšanje civilne i komercijalne primjene dronova. Za potrebe sigurnog i efikasnog obavljanja operacija dronovima unutar nekontroliranog zračnog prostora bilo je potrebno razviti sustave poput tehnologije za otkrivanje i izbjegavanje, frekvencijskog spektra čija je namjena zaštita od slučajnog i nezakonitog ometanja, standarde razdvajanja, te na kraju regulatorne okvire i licenciranje. ICAO je objavio cirkular 328 u 2011. godini koji detaljno opisuje pravila letenja i ostale navedene točke za integraciju dronova u nekontrolirani zračni prostor.

4.1.1. Pravila letenja i sustavi za izbjegavanje sudara

Prema ICAO Aneksu 2 – „Pravila letenja“, sva pravila letenja iznad kopna i vodenih površina koja se odnose na zrakoplove s posadom, odnose se i na bespilotne letjelice, bez iznimaka. Nadalje, pravila iz Aneksa 2 odnose se na zrakoplove koji nose obilježja i registraciju države potpisnice gdje god se nalazili, sve dok se pravila ne kose sa zakonima države u čijoj se nadležnosti nalazi letjelica.

Za otkrivanje i izbjegavanje potencijalnih sudara i ostalih opasnih situacija odgovorni su operatori bespilotne letjelice na zemlji. Svaka letjelica mora biti opremljena sustavom koji analizira okolinu letjelice u svakom trenutku koji šalje podatke jedinici na zemlji, u svrhu pravovremenog reagiranja i uspješnog izbjegavanja opasnih situacija. Na sljedećoj slici nalazi se prikaz potencijalnih opasnosti u letu bespilotnom letjelicom.[21]



Slika 9. Potencijalne opasnosti u letu, [21]

Pravila letenja temelje se na uvjetu da osoba koja upravlja bespilotnom letjelicom ima letjelicu u vidnom polju i na tom principu razdvaja dron od drugih letjelica, te ga drži podalje od ostalih zrakoplova. Pritom se mora pridržavati pravila „prednosti prolaska“ koje je esencijalno pravilo za sigurno izvođenje operacija letjelica s i bez posade. Pravila integracije dronova u kontrolirani zračni prostor usvajaju se pomoću Standarda i preporučenih praksi (engl. Standard and Recommended Practices – SARP). Standardi i preporučene prakse su dokumenti koji osiguravaju najveći stupanj ujednačenosti regulative, standarda, procedura i organizacije, koji se tiče zrakoplova, osoblja, zračnih putova i pomoćnih usluga, te je njihova svrha unapređenje pružanja navigacijskih usluga. Također, operacije na aerodromu i u njegovoj okolini moraju biti provedene sigurno i efikasno bez da se remete operacije drugih zrakoplova. [21]

Od operatora bespilotnih letjelica se zahtjeva da promatraju, tumače i obraćaju pozornost na vizualne signale namijenjene privlačenju pozornosti i informiranju. Signali na koje je potrebno paziti mogu biti različiti, od svjetlosnih i pirotehničkih signala koji se koriste na aerodromima do signala koji se koriste prilikom presretanja zrakoplova. To su pravila koje se odnose jednako na pilote zrakoplova s posadom i operatore bespilotnih letjelica. [21]

Uzimajući u obzir sve navedeno, sustav za otkrivanje i izbjegavanje mora zadovoljavati određene uvjete koji se odnose na odgovornosti posade. Ovisno o tipu i lokaciji odvijanja operacija bespilotnih letjelica, neki od uvjeta koje moraju zadovoljavati sustavi za otkrivanje i izbjegavanje su:

- Prepoznati i razumjeti oznake, signale i svjetlosne signale na aerodromima;
- Identificirati vizualne signale;
- Identificirati i izbjeći vremenske neprilike;
- Održavati sigurnu udaljenost od oblaka;
- Osigurati dovoljan razmak od drugih zrakoplova ili vozila;
- Izbjegavati sudare. [21]

Zrakoplovna industrija i dalje će raditi na razvijanju poboljšanih sustava za otkrivanje i izbjegavanje sudara i opasnih situacija, jer dosadašnja rješenja ne ispunjavaju sve zahtjeve koji bi omogućili integraciju potpuno autonomnih dronova. Takvi sustavi zahtijevaju mnoga odobrenja i dozvole od nadležnih tijela zbog održavanja visoke razine sigurnosti. Napretkom navedenih sustava olakšat će se integracija dronova i u kontrolirani zračni prostor, što je također od velike važnosti u situacijama kada operator na zemlji nema vizualni kontakt s bespilotnom letjelicom. [21]

4.1.2. Regulatorni okviri

Države potpisnice ugovorile su određena prava i obveze koje omogućavaju siguran razvoj međunarodnog civilnog zrakoplovstva na temelju jednakih mogućnosti, te efikasnosti i ekonomičnosti. Sva prava i obveze odnose se jednako na sve zrakoplove s posadom i bez posade. Za zrakoplove bez posade, tj. bespilotne letjelice potrebno je razviti setove novih pravila koje će se odnositi specifično na njih ili naći alternative već postojećim pravilima. Svi zakoni su napravljeni prema člancima iz Čikaške konvencije. [21]

U Članku 3 navedeno je da sve države ugovornice imaju pravo u određenim okolnostima zahtijevati slijetanje zrakoplova koji leti iznad njihovog teritorija. Prema tome, operator bespilotne letjelice mora se pridržavati uputa koje je izdala država, te preusmjeriti i spustiti letjelicu na zračnu luku na zahtjev te države. Država može zahtijevati spuštanje elektroničkim signalom ili pomoću vizualnih sredstava. [21]

Članak 8 detaljno opisuje uvjete upravljanja bespilotnom letjelicom iznad teritorija bilo koje države ugovornice. Ovdje se naglašava da zrakoplovi bez pilota moraju biti kontrolirani sa zemaljske jedinice da bi se izbjegle moguće opasnosti za civilne zrakoplove, što ukazuje na to da se na bespilotne letjelice moraju primjenjivati mjere kontrole. Ovim člankom se u prvi plan stavlja sigurnost civilnih zrakoplova. Također, predviđeno je da će se nakon usvajanja SARP-ova u sklopu Aneksa 2 početi provoditi međunarodne operacije bespilotnih letjelica na sličan način kako se provode operacije zrakoplova s posadom. [21]

Člankom 12 države ugovornice se obvezuju da će provoditi nacionalnu regulativu u skladu s ICAO standardima. Te regulative su temelj za interoperabilnost i usklađivanje međunarodnih pravila. U skladu s Člankom 12 i Aneksom 2, operator bespilotne letjelice obvezuje se da će se pridržavati pravila letenja tijekom cijelog leta.. Članak definira pravila predaje komande nad dronom između dva udaljena pilota ili u slučaju predaje komande zbog smjenskog rada. Najveća moguća udaljenost između dva pilota koja upravljaju bespilotnom letjelicom iznosi 1000 km. [21]

Države ugovornice prema Članku 15 imaju mogućnost ograničavanja operacija bespilotnih letjelica na samo određene aerodrome, pod uvjetom da takva odluka nije rezultat diskriminacije strane bespilotne letjelice. [21]

Člankom 29 propisani su dokumenti koji moraju biti uz bespilotnu letjelicu, a to su sljedeći:

- Potvrda o registraciji;
- Certifikat plovidbenosti;
- Odgovarajuće licence za svakog člana posade;
- Dnevnik putovanja bespilotne letjelice;
- Licenca za radio stanicu (ukoliko je bespilotna letjelica opremljena radio stanicom).

Za bespilotne letjelice nije praktično nositi originalne dokumente u papirnatom obliku, alternativa su elektronički oblici dokumenata. [21]

Svaka bespilotna letjelica mora imati certifikat o plovidbenosti izdan u državi registracije. Članak 31 propisuje navedeno pravilo, koje se primjenjuje jednako za zrakoplove s i bez posade. [21]

Člankom 32 određeno je da svaki pilot i ostali članovi posade moraju imati certifikate koji potvrđuju njihovu sposobnost za upravljanje letjelicom i ostale licence koje se izdaju u državi registracije. Piloti na daljinu i ostali članovi tima za upravljanje bespilotnom letjelicom ne podliježu odredbama članka 32. Prethodno navedeni moraju

imati licencu ili certifikat koji dokazuje njihovu sposobnost za upravljanje bespilotnim sustavima na daljinu. [21]

Certifikati o plovidbenosti i licence izdane od strane države ugovornice u kojoj je letjelica registrirana, moraju biti valjani u svim drugim državama ugovornicama, pod uvjetom da su dokumenti valjani. To pravilo određeno je člankom 33 i odnosi se jednako na zrakoplove s i bez posade. [21]

4.1.3. Certificiranje bespilotnih letjelica

Certificiranje bespilotnih letjelica vrlo je slično certificiranju zrakoplova s posadom. Činjenica je da se upravljanje dronom bitno razlikuje od zrakoplova s posadom po tome što dronovi ovise o sustavima poput udaljenih upravljačkih stanica i podatkovne veze za komadu i kontrolu (engl. Command and Control - C2). Ti sustavi su podložni promjenama, poput zamjene pilota ili stanice tijekom jednog leta. Navedeni razlozi kompliciraju izdavanje certifikata. [21]

Prvi od potrebnih certifikata je Certifikat o vrsti bespilotne letjelice, koji uključuje podatke o konfiguraciji drona. Nadalje, svaki dron mora imati vlastiti Certifikat o plovidbenosti koji izdaje država registracije. Certifikat o plovidbenosti dokazuje da letjelica zadovoljava barem minimalne zahtjeve plovidbenosti. [21]

4.1.4. Sustavi za upravljanje

Jedan od uvjeta za uspješnu integraciju dronova su sustavi za upravljanje poput stanica za daljinsko upravljanje, radionavigacijskih uređaja, uređaja za navigaciju u letu, nadzornih sustava i sustava za komunikaciju.

Svi zrakoplovi moraju imati redundantne konfiguracije koje su uvjet za izdavanje certifikata o plovidbenosti i ostalih licenci. Za postizanje slične razine redundancije bespilotnih letjelica, cijeli sustav mora uključivati bespilotnu letjelicu, stanicu za daljinsko upravljanje i C2 dana linkove. Sve komponente tog sustava moraju biti ispravne i imati jednaku ili veću razinu redundancije od one koju imaju zrakoplovi s posadom. Također,

bespilotne letjelice i stanice za upravljanje moraju biti opremljene snimačima podataka o letu. [21]

Radionavigacijski sustavi i oprema za navigaciju u letu obavezne su stavke svakog bespilotnog zrakoplova, te moraju zadovoljavati određene uvjete za uspješno obavljanje operacija u letu. Dronovi koji koriste letenje unutar vidnog polja operatora (engl. Visual Line Of Sight – VLOS) kao način navigacije ne mora nužno imati ugrađene uređaje za određivanje pozicije ili za letenje općenito. Operacije takvim dronovima obavljaju se u vremenskim uvjetima kada je vidljivost vrlo dobra, što osigurava da se dron konstantno nalazi u vidnom polju operatora. Dronovi koji obavljaju operacije na velikim udaljenostima, pri čemu nije moguće dron održavati u vidnom polju, moraju biti opremljeni uređajima za instrumentalno letenje, sustavima za komunikaciju, navigaciju i nadzor, te odgovarajuće certifikate koji potvrđuju da ta letjelica može i smije obavljati operacije u određenom dijelu zračnog prostora. Specifičan slučaj su mali dronovi kojima se na zahtjev može odobriti letenje izvan VLOS-a. Za njih je također potrebno da budu opremljeni sustavima za navigaciju. [21]

Svaka bespilotna letjelica mora biti opremljena sustavima za nadzor, točnije transponderima koji šalju podatke o visini i lokaciji. Alternativno tome, službe za kontrolu zračnog prometa mogu nadzirati bespilotne letjelice pomoću ADS-B sustava (engl. Automatic Dependent Surveillance – Broadcast), čija je glavna namjena nadziranje zrakoplova s posadom. Da bi dronovi mogli biti nadzirani pomoću navedenog sustava, moraju imati ugrađene transpondere, koji se zbog svojih dimenzija za sad ugrađuju jedino na dronove većih dimenzija. U tijeku je razvoj transpondera manjih dimenzija kako bi u budućnosti svi dronovi mogli biti nadzirani kao i ostali zrakoplovi. [21]

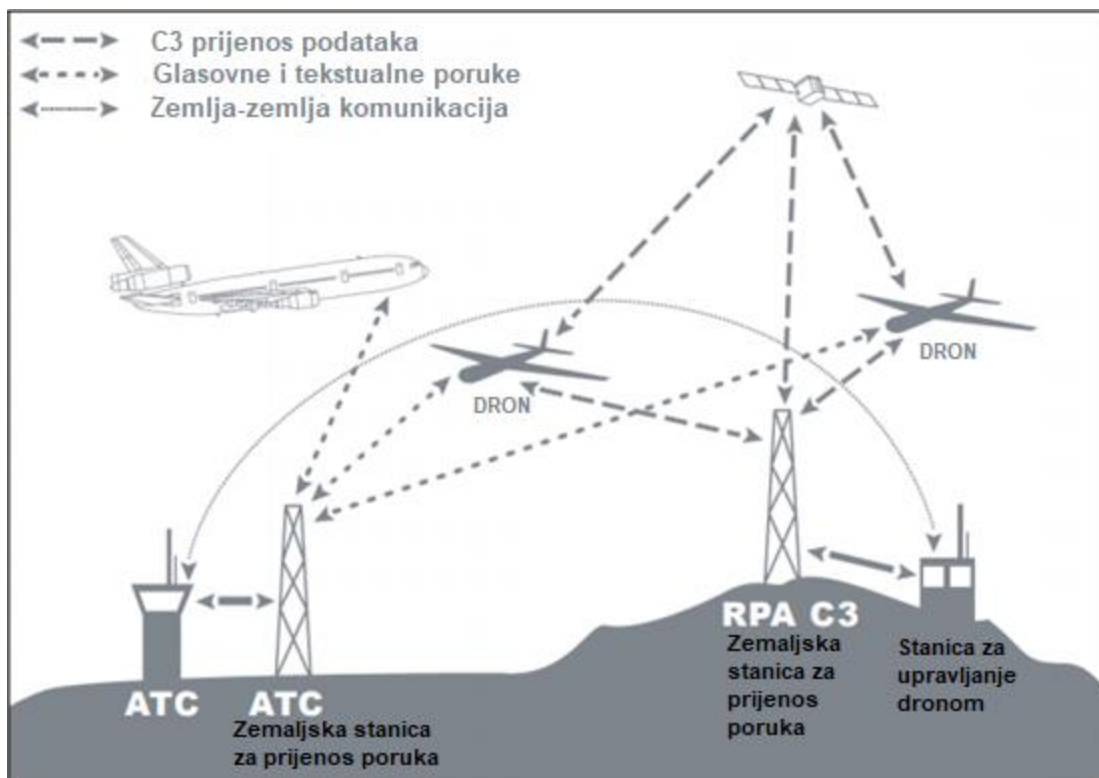
Za potrebe komunikacije mora postojati komunikacijski relej između pilota i bespilotne letjelice koji zadovoljava sve uvjete za izvođenje operacija u određenom dijelu zračnog prostora. Za komunikaciju upotrebljavaju se specifični frekvencijski pojasevi, koji su zaštićeni od ometanja i koriste se isključivo za zrakoplovnu komunikaciju. Letjelice koje su namijenjene za izvođenje misija na velikim udaljenostima moraju biti opremljene VHF radijima za komunikaciju, koji imaju mogućnost prijenosa podataka do operatora ili

nadležne kontrole zračnog prometa. U istu svrhu se mogu koristiti i SATCOM (engl. Satellite Communications) sustavi za udaljenu komunikaciju. Problem kod korištenja SATCOM sustava je što postoje područja koja su slabo pokrivena, te je tamo onemogućena učinkovita komunikacija u stvarnom vremenu. Povećanjem operacija dronova bit će potrebno proširiti raspon frekvencija i spektara za komunikaciju na velike udaljenosti. [21]

Velika pomoć prilikom upravljanja bespilotnim zrakoplovima su aeronautičke karte. Piloti dronova uvelike ovise o podacima iščitanim iz aeronautičkih karti kako bi lakše pratili položaj letjelice u zračnom prostoru. [21]

4.1.5. Komunikacija sa službama kontrole zračnog prometa

Kontrola zračne plovidbe komunicira sa zrakoplovima pomoću zemlja-zemlja i zrak-zemlja komunikacijskih sustava. Zrak-zemlja komunikacijski sustavi pokazali su se neefikasni za potrebe komunikacije s operatorima bespilotnih letjelica zbog velikog kašnjenja poruka. Zbog toga potrebno je razviti sustav za direktnu komunikaciju između operatora drona i kontrole zračnog prometa. CPDLC (engl. Controller-Pilot Data Link Communications) sustav vrlo je pogodan za korištenje u ovom slučaju zbog stabilne podatkovne veze za komadu i kontrolu (engl. Command and Control – C2), koja se koristi za razmjenu podataka, i zbog toga što omogućuje automatski prijenos letjelice drugoj nadležnoj kontroli zračnog prometa ili drugom operatoru. Pritom je glavni uvjet da letjelicom može upravljati samo jedan pilot odjednom. Na slici 10. nalazi se prikaz komunikacije između kontrole zračnog prometa, operatora i svih letjelica u zračnom prostoru. Kontrola zračnog prometa može komunicirati direktno s bespilotnom letjelicom pomoću transmisije glasovnih ili tekstualnih poruka. Dron ima direktnu komunikaciju sa satelitom i stanicom za upravljanje pomoću podatkovne veze za komandu, kontrolu i komunikaciju C3 (engl. Command, Control, and Communication – C3). Bitna komponenta sustava su zemaljske stanice koje omogućuju prijenos podataka, a funkcioniraju tako da prikupljaju podatke od kontrole zračnog prometa ili stanice za upravljanje zemlja-zemlja sustavom komuniciranja i šalju dalje informacije odgovarajućim sustavima. [21]



Slika 10. Sustav komunikacije bespilotnih letjelica sa službama kontrole zračnog prometa i stanicama za upravljanje, [21]

4.2. Integracija dronova u američki zračni prostor

Kao što je slučaj i u europskom zračnom prostoru, i u Americi se pojavila potreba za stvaranjem sustava koji će omogućiti sigurnu i efikasnu integraciju bespilotnih letjelica u kontrolirani zračni prostor. Ovdje su za to nadležne Savezna uprava za civilno zrakoplovstvo (FAA) i Američka državna uprava za zrakoplovna i svemirska istraživanja (NASA). Njihova suradnja rezultirala je stvaranjem Sustava za upravljanje prometom bespilotnih letjelica (engl. Unmanned Aerial Vehicle Traffic Management – UTM).

Za potrebe integracije stvoren je tim za istraživanje i tranziciju (engl. Research Transition Team – RTT), te je i stvoren plan za zajedničko upravljanje (engl. Joint Management Plans – JMP). Njihovi ciljevi su stvaranje vremenskih i regulatornih okvira za integraciju dronova, te organizacija i planiranje suradnje svih odgovornih tijela. [22]

NASA sa svojim partnerima istražuje i vrši testiranja izvođenja operacija bespilotnih letjelica koja služe za razvoj UTM sustava i planiranje njegove implementacije. Razvoj i implementacija vršit će se prema Razinama tehničkih mogućnosti (engl. Technical Capability Levels – TCL):

1. TCL 1 je prva razina tehničkih mogućnosti gdje su dozvoljene operacije dronova jedino iznad nenaseljenih područja ili vode, i gdje je minimalna razina dugih aktivnosti u zraku. Ovu vrstu operacija i upravljanje u nepredviđenim situacijama obavlja sam operator bespilotne letjelice. TCL 1 omogućuje korištenje dronova u poljoprivredi, gašenju požara i pregledavanju infrastrukture;
2. TCL 2 je druga razina koja omogućava operacije izvan vidnog polja operatora i operacije na većim udaljenostima. Operacije dronova izvode su u slabo naseljenim područjima, ne smiju biti prečeste i obavezno se nadziru;
3. TCL 3 je razina u kojoj su češće BVLOS operacije dronova, koje se također mogu izvoditi u dijelovima zračnog prostora gdje se izvode operacije zrakoplova s posadom. Dronovi u ovoj razini imaju mogućnost međusobne komunikacije, povezani su internetom te se koriste za dostavljanje paketa. TCL 3 operacije obavezno se nadziru s posebnim naglaskom na javnu sigurnost;
4. TCL 4 omogućuje izvođenje operacija dronova u urbanim i gusto naseljenim područjima. Dronovi na ovoj razini će se koristiti za prikupljanje informacija i vijesti, te dostave. [22]

4.2.1. UTM koncept operacija

UTM koncept operacija dronova se primarno odnosi na operacije u najnižem sloju zračnog prostora, ali uz prisutnost tradicionalnog zrakoplovstva. Prema trenutnom stanju koncepta za sad su moguće jedino VLOS operacije malih dronova, a za operacije većih VLOS dronova i autonomnih BVLOS dronova potrebne su bolje tehnologije i nove zakonske regulative. Za obavljanje operacija velikim VLOS dronovima u najnižem sloju zračnog prostora potrebno je zadovoljiti sljedeće uvjete:

1. Osiguranje regionalne i nacionalne sigurnosti koje uključuju zaštitu ključnih područja na zemlji poput zračnih luka, Bijele kuće, važnih spomenika i slično;
2. Sigurno upravljanje dronovima prilikom izvođenja svih vrsta operacija;
3. Pozitivni ekonomski utjecaji korištenja niskog sloja zračnog prostora. Dronovi koji će obavljati komercijalne operacije poput dostave, prikupljanja podataka i nadziranja javne sigurnosti uvelike pridonose ekonomskom razvoju tih sektora te privlače investicije.[23]

Temeljna pravila za omogućavanje izvođenja operacija svih dronova u najnižem sloju letenja, te kasnije i same integracije u kontrolirani zračni prostor, osiguravaju dovoljnu razinu sigurnosti za sve oblike zračnog prometa i odnose se na:

- Odobravanje operacija i zahtjeva za integraciju poput praćenja vozila, upravljanje, kontrola i komunikacije, upravljanje sudarima, predviđanje vremena i jačine vjetera, sigurnost konstrukcije drona, te rizici na zemlji i u zraku;
- Poštivanje privatnosti prilikom izvođenja operacija. Dronovi su opremljeni brojnim senzorima i uređajima za snimanje koji mogu izazvati probleme vezane za privatnost. Državna tijela surađuju na izradi najboljih praksi za očuvanje privatnosti, transparentnosti i odgovornosti;
- Razmatranje nacionalne i regionalne sigurnosti. Tri su vrste razmatranja: prvo se odnosi na nekooperativne sustave koji su namijenjeni za uzrokovanje šteta na tlu i u zraku; drugo se odnosi na letenje unutar

zaštićenih zona bez odobrenja; a treće se odnosi na hakirane bespilotne letjelice koje uzrokuju oštećenje na tlu ili u zraku;

- Zaštitu okoliša. Ti uvjeti se uglavnom odnose na zaštitu od buke;
- Javno prihvaćanje. Javnost je još uvijek relativno skeptična prema korištenju dronova u civilne i komercijale svrhe, te se intenzivno radi na njihovom prihvaćanju. Pritom je bitno prikazati bespilotne letjelice kao sigurne i pouzdane.[23]

Operacije dronova unutra UTM sustava svrstavaju se u tri kategorije. Prva kategorija su operacije unutar nekontroliranog zračnog prostora (klasa G). Prilikom izvođenja operacija u ovom dijelu zračnog prostora nema komunikacije sa kontrolorom zračnog prometa. Ali, bespilotne letjelice dijele ovaj dio zračnog prostora s generalnom avijacijom, helikopterima, jedrilicama, balonima i drugim zrakoplovima. Druga kategorija su operacije unutar kontroliranog zračnog prostora koje su odvojene od ostalog zračnog prometa. Takav sustav će osiguravati dijelove zračnog prostora u kojem će se obavljati operacije dronovima, te ako će biti potrebno i spajati te dijelove "tunelima". Zračni prostor konfigurirat će se prema zahtjevima za operacijama u kontroliranom zračnom prometu. Treća kategorija je integracija operacija dronova i konvencionalnog zrakoplovstva. Pritom je bitno da u tom trenu dronovi imaju osigurane sve tehnologije i regulative za neometano odvijanje prometa.[23]

4.2.2. Ključne aktivnosti UTM sustava

Kako bi se omogućila integracija u kontrolirani i ne kontrolirani zračni prostor, NASA je izradila plan koji određuje korake integracije za svaku godinu, počevši s 2014. godinom. Te godine stvorena su partnerstva koja su pokrenula različita istraživanja i početak razvoja UTM koncepta. Također, vršila se početna analiza funkcionalnog dizajna autonomnih bespilotnih letjelica. 2015. godine razvijale su se funkcije UTM sustava poput dizajna zračnog prostora i označavanja zabranjenih zona. Provodile su se analize sigurnosti i analize troškova i koristi UTM sustava, te studije komunikacijskih, nadzornih, navigacijskih i komunikacijskih sustava bespilotnih letjelica. U 2016. godini provodile su se simulacije u tri kategorije, simulacije uživo, virtualne i konstruktivne (engl. Live, Virtual,

Constructive – LVC). Simulacijama se testiralo provođenje početnih uvjeta za neometanu integraciju. Nadalje, nastavile su se razvijati UTM tehnologije poput tehnologija za usmjeravanje, izbjegavanje terena i objekata, upravljanje zagušenjima, izbjegavanje vremenskih neprilika i slično. Također, započelo je analiziranje funkcija UTM sustava. Tada su provedene prve demonstracije i testovi u najnižem sloju zračnog prostora s UTM sustavom. 2017. godine radilo se na daljnjem razvijanju funkcionalnosti UTM-a, te su stvoreni standardi razdvajanja i alternative za upravljanje razdvajanjem. Provedene su simulacije koje su demonstrirale prednosti UTM sustava. U prošloj godini dostigla se treća faza u razvijanju UTM sustava gdje su se provodile analize nadzora, komunikacije i navigacije, te se radilo na dovršavanju arhitekture potrebne za uspješnu integraciju.[24]

U 2019. godini očekuje se dovršenje četvrte faze UTM sustava u kojoj se testira uvođenje strojnog učenja za upravljanje bespilotnih letjelicama, te se provode mnoga LVC testiranja i demonstracije. Ove godine se očekuje potpuna mogućnost korištenja usavršenog UTM sustava i njegovih komponenti. Narednih godina očekuju se dodatna istraživanja bazirana na autonomnosti bespilotnih letjelica i samog UTM sustava. Sve navedeno omogućit će povećanje broja dronova, proširiti raspon misija koje će dronovi moći obavljati, povećanje potražnje za uslugama koje će pružati dronovi.[24]

4.2.3. Područje djelovanja i ciljevi UTM tima za istraživanje i tranziciju

NASA i FAA stvorile su tim za istraživanja i tranziciju (engl. UTM Research and Transition Team - UTM RTT) s kojim zajednički rade na razvoju i usavršavanju UTM koncepata, razmjeni podataka i implementaciji UTM tehnologija i operacija.

UTM tim za istraživanje i tranziciju provodi istraživanja, razvoj i testiranja operacija velikih i BVLOS dronova u najnižem sloju zračnog prostora. Kako bi mogli provoditi spomenute aktivnosti moraju surađivati za vladinim organizacijama i zrakoplovnom industrijom. Za simulacije i testove koriste UTM platformu za istraživanje, te su u partnerstvu s FAA. Neki od ciljeva UTM RTT sustava su stvaranje strategije za prijelaz operacija dronova iz udaljenih područja u urbana središta, te stvaranje procedura i tehnologija koje će omogućiti izvođenje operacija svih bespilotnih letjelica, od malih

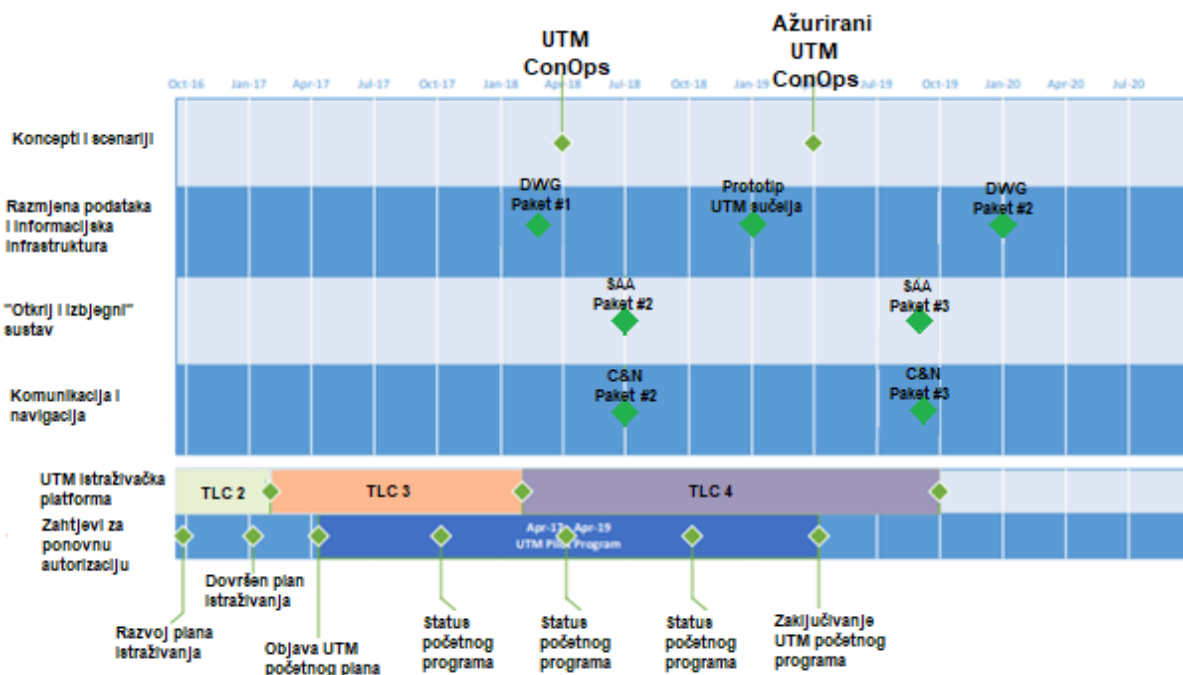
dronova u nekontroliranom zračnom prostoru, do polu-autonomnih i autonomnih u kontroliranom zračnom prostoru. UTM RTT ima razvijen plan kojim će pokriti istraživanja i testiranja svih koraka u integraciji dronova u kontrolirani zračni prostor, a kada se dovrše sva testiranja, svi nastali koncepti predat će se FAA i industriji na daljnji razvoj. FAA i zrakoplovna industrija će prema rezultatima tih istraživanja stvarati detaljnu dokumentaciju za operatore i pružatelje usluga u zračnom prometu. U planu je također stvaranje prototipa sustava za upravljanje letnim informacijama. [22]

4.2.4. Plan za zajedničko upravljanje

Plan za zajedničko upravljanje (engl. Joint Management Plans - JMP) sastoji se od nekoliko JMP grupa koje zajednički rade na UTM RTT ciljevima poput definicije UTM koncepta, izrade sustava i tehnologija za izvođenje operacija, te stvaranja pravila. Svaka grupa ima svoje specifične zadatke i ciljeve kojima pridonosi razvoju UTM sustava. Grupa za koncepte i scenarije (engl. Concept & Use Cases – CWG) odgovorna je za postavljanje koncepcijskih okvira za svaku drugu grupu, unutar kojih će se istraživati scenariji korištenja bespilotnih letjelica. Prema tome, grupa za razmjenu podataka i informacijsku arhitekturu (engl. Data Exchange & Information Architecture – DWG) razvija i testira očekivane razmjene podataka i informacijsku arhitekturu prema uputama CWG grupe. Nadalje, grupa za komunikaciju, navigaciju i sustav za otkrivanje i izbjegavanje (engl. Communication/Navigation – Com/Nav i 'Sense-and-Avoid' - SAA) analizira scenarije prema CWG okvirima, te identificira i procjenjuje ključne izazove i ograničenja. Svaka grupa svojim istraživanjem i rezultatima testiranja pridonosi razvoju UTM sustava tako što rezultate svojih istraživanja dijeli sa svim ostalim grupama, te s NASA-om i FAA. [22]

Na sljedećoj slici prikazan je raspored izvođenja istraživanja i ključni događaji UTM sustava, te vremenski rokovi za implementaciju skupova pravila i regulativa. Do danas CWG grupa je uspostavila okvire za istraživanja, te je ažurirala koncepte izvođenja operacija. DWG grupa provela je istraživanja razmjene podataka i iznijela setove rezultata prema kojima je napravljen prototip UTM sučelja. SAA i Com/Nav grupe također su odradile početna istraživanja i testiranja, a u budućnosti se očekuju testiranja, istraživanja i nadogradnja sustava od svih spomenutih grupa. UTM istraživačka platforma trenutno se

nalazi na TCL 4 razini kojom se implementiraju operacije u urbanim središtima i kontroliranom zračnom prostoru.[22]



Slika 11. UTM RTT raspored ključnih događaja u implementaciji UTM sustava, [22]

CWG grupa definira koncepte UTM-a, točnije definira sva konceptualna načela i pretpostavke povezane s operacijama dronova, arhitekturom, informacijskim tokovima i razmjenama, te definira uloge i odgovornosti FAA i operatora bespilotne letjelice. Fokus ove grupe usmjeren je na uspostavljanje prvih UTM operacija u određenom vremenskom roku. Kako bi to postigli stvaraju scenarije i istraživanja potrebne za uspostavljanje brojnih operacija i osiguranje dovoljne pokrivenosti UTM sustava. Prema rezultatima istraživanja, CWG definira uloge i odgovornosti operatora bespilotne letjelice, FAA, pružatelja usluga zračnog prometa i pilota zrakoplova s posadom u različitim aspektima UTM operacija.

Zadaci i ciljevi ove grupe uključuju:

- Definiranje i stvaranje konsenzusa između FAA i NASA-e za potrebe razvoja UTM sustava, uključujući stvaranje okvira za RTT razvoj;
- Osiguravanje suradnje svih ostalih grupa i poštivanje zadanih rokova za izvršenje postavljenih zadataka i ciljeva;
- Nadziranje svih aktivnosti vezanih za provođenje istraživanja;
- Pružanje podrške ostalim grupama prilikom definiranja i razvoja UTM koncepta.[22]

Cilj DWG grupe je identificirati i zajednički istražiti i razviti tehnička rješenja za razmjenu podataka/informacija između svih korisnika UTM sustava, poput operatora, pružatelja usluga i svih ostalih korisnika zračnog prostora. Bitno je istražiti sve moguće propuste i greške u prijenosu podataka, te analizirati i implementirati dodatke i tehničku dokumentaciju za usavršavanje sustava. [22]

Dio istraživanja koji se odnosi na razmjenu podataka ima zadatak identificirati i razviti standarde, protokole i naputke za uspješnu razmjenu podataka između svih korisnika UTM sustava. Područje istraživanja informacijske arhitekture odnosi se na istraživanje funkcionalnosti i izvedbe arhitekture potrebne za uspostavljanje pristupa UTM sustavu, te razvoj arhitekture potrebne FAA za pružanje podrške UTM sustavu.[22]

Sustav za otkrivanje i izbjegavanje ima cilj istražiti moguća rješenja koja može primijeniti operator drona kako bi izbjegao moguće sudare za drugima bespilotnim letjelicama i zrakoplovima s posadom. Specifično se istražuju rješenja za dijeljene informacija o položaju letjelice prilikom izvođenja operacija, uzimajući u obzir gustoću prometa, prioritetnost, dostupne tehnologije i pouzdanost. SAA izdaje dokumentaciju s najboljim praksama i uputama za operatore i evaluacijom korektivnih procesa. DWG grupa usko surađuje sa SAA grupom kako bi se stvorila sigurna veza za razmjenu podataka koja bi omogućavala uspješno izbjegavanje sudara.[22]

Glavni cilj ove grupe je istražiti rješenja za osiguravanje potpune operativne kontrole nad bespilotnom letjelicom i zadržavanje letjelice u definiranom području.

Specifična područja u ovom istraživanju uključuju upravljanje i kontrolu, navigaciju/pozicioniranje, te usklađenost i prikupljanje podataka.[22]

Grupa je odgovorna za analiziranje metodologija i dostupnih alata za osiguranje operativne kontrole i definiranje postupaka u nepredviđenim situacijama. Pritom je bitno surađivati sa svim nadležnim tijelima i proizvođačima dronova koji zajednički donose najbolje prakse za održavanje najveće moguće razine sigurnosti. U suradnji sa SAA grupom analizira se efektivnost operativne koordinacije i dijeljenja informacija.[22]

Prema slici vidljivo je da je trenutno u izradi Tranzicijski plan i program za pilote (engl. Pilot Program Transition plan). Tranzicijski plan u skladu s FAA regulativama definira daljnji razvoj UTM sustava nakon potpune implementacije UTM RTT plana. Fokus ovog plana je na donošenju uvjeta i zakona, razvoju prototipa i demonstraciji mogućnosti UTM sustava. [22]

4.3. Integracija u europski kontrolirani zračni prostor

Posljednjih godina ubrzano raste broj dronova i raspon zadataka koje mogu obavljati. Nakon uspješne integracije dronova u najniži sloj letenja, sljedeći korak je integracija dronova u kontrolirani zračni prostor. Time bi se postigli brojni benefiti za industrije koje svakodnevno koriste dronove za obavljanje različitih misija. Za uspješnu integraciju potrebno je razraditi brojne planove i sustave koji bi omogućili uspješnu integraciju i samim time efikasno i sigurno korištenje cjelokupnog zračnog prostora za sve sudionike u prometu, od zrakoplova s posadom do bespilotnih letjelica. Za planiranje i provođenje integracije u Europi zadužene su organizacije EUROCONTROL, EASA (engl. European Aviation Safety Agency) i SESAR-JU (engl. Single European Sky ATM Research Joint Undertaking). EUROCONTROL je međuvladina organizacija koja broji 41 članicu i čiji je glavni zadatak stvaranje jedinstvenog europskog neba s naprednim sustavom upravljanje zračnim prometom. [25] EASA je agencija čija je misija osiguranje najveće moguće razine sigurnosti u europskom zračnom prometu, stvaranje jedinstvene regulative za sve države članice, stvaranje ujednačenog zrakoplovnog tržišta i suradnja s međunarodnim zrakoplovnim organizacijama.[26] SESAR-JU je organizacija odgovorna za modernizaciju europskog sustava za upravljanje zračnim prometom, koja se bavi koordiniranjem svih bitnih istraživanja i inovacija u Europskoj Uniji. [27]

U ovom poglavlju detaljno su opisani svi projekti i koraci koji navedene organizacije poduzimaju kako bi u skoroj budućnosti dronovi postali dio kontroliranog zračnog prostora.

4.3.1. Zakonski okviri integracije u kontrolirani zračni prostor

4.3.1.1. Postojeći zakonski okviri

Kako bi se osigurala sloboda kretanja bespilotnih letjelica i jednaki uvjeti u okviru Europske unije, EASA je razvila zajednička europska pravila. Stvaranjem zajedničkih europskih pravila osiguravaju se najviši europski sigurnosni standardi za sve vrste zrakoplova, a pravila se temelje na procjenama rizika i uspostavljanju ravnoteže između

obaveza proizvođača i operatora u pogledu sigurnosti, poštivanja privatnosti, zaštite okoliša i zaštite od buke. Pravila se odnose na sve korisnike, profesionalne i rekreativne, i pokrivaju sve vrste operacija. Time se informira operatore dronova što je dozvoljeno, a što nije. Cilj regulative je postići neometano korištenje dronova u svim državama članica Europske unije i u svim industrijama koje se koriste dronovima. Također, potiče se investiranje i stvaranje inovacija u ovom brzo rastućem sektoru. [28]

U veljači 2019. godine EASA-in odbor daje pozitivan glas prijedlogu Europske komisije o provedbi Regulative 2018/1139 kojim se uređuju operacije bespilotnih letjelica u otvorenoj i specifičnoj kategoriji. Ciljevi Regulative su:

- Pridonijeti široj politici zrakoplovstva u Europskoj uniji i poboljšanju ukupnog učinka civilnog zrakoplovstva;
- Olakšati slobodno kretanje roba, osoba, usluga i kapitala te poboljšati konkurentnost zrakoplovne industrije Europske unije;
- Poboljšati razinu zaštite okoliša;
- Olakšati kretanja roba, usluga i osoblja diljem svijeta;
- Promicati troškovnu učinkovitost, kao i učinkovito korištenje resursa na razini Europske unije i na nacionalnoj razini;
- Pridonijeti uspostavljanju i održavanju visoke jedinstvene razine sigurnosti civilnog zrakoplovstva;
- Pomoći državama članicama u ostvarivanju njihovih prava i ispunjavanju njihovih obveza iz Čikaške konvencije;
- Promicati stajališta Unije o standardima i pravilima civilnog zrakoplovstva.
- Promicati istraživanje i inovacije;
- Promicati tehničku i operativnu interoperabilnost i razmjenu najboljih administrativnih praksi;
- Podržati povjerenje putnika u sigurno civilno zrakoplovstvo.[29]

U ožujku 2019. godine Europska Komisija usvojila je prijedlog Delegiranog akta (Commission Delegated Regulation (EU) 2019/945 of 12 March 2019 on unmanned aircraft systems and on third-country operators of unmanned aircraft systems) EASA-e kojim se definiraju tehnički zahtjevi za bespilotne letjelice u Europskoj Uniji. Delegiranim aktom Europska Komisija predložila je proširenje područja primjene europskih propisa o sigurnosti u zrakoplovstvu na sve bespilotne letjelice bez obzira na njihovu težinu. Predloženi su operativni zahtjevi i postupci za određene vrste bespilotnih letjelica, na temelju procjena učinaka i konzultacija s dionicima.[30]

Delegirani aktovi objavljeni su sredinom lipnja 2019. godine i stupili su na snagu 20 dana nakon toga. Regulativa će se početi postupno primjenjivati godinu dana nakon njezine objave. Predviđeno je da će do 2022. godine završiti prijelazno razdoblje i propis će biti primjenjiv u potpunosti.[30]

Jedna od regulativa objavljena u lipnju 2019. godine je „Provedbena uredba Komisije (EU) 2019/947 od 24. svibnja 2019. o utvrđivanju pravila i postupaka za rad bespilotnih zrakoplova“³ kojom su definirana pravila i procedure za operacije bespilotnih letjelica. Donesena su pravila se primjenjuju na sve operatore bespilotnih letjelica, profesionalce i one koje lete rekreativno. Propisani su tehnički zahtjevi za bespilotne letjelice kako bi se održavala najveća moguća razina sigurnosti i konkurentnosti na europskom zrakoplovnom tržištu. Pravila iz navedene regulative zamijenit će postojeća nacionalna pravila u državama članicama Europske Unije, a ona se odnose na ublažavanje sigurnosnih rizika povezanih s bespilotnim letjelicama. Sva nacionalna tijela imat će sustave za registraciju operatora, identifikaciju dronova na daljinu, definiranje geografskih zona i sredstva za sprječavanje zlouporabe i nezakonitih aktivnosti dronova. Operatori bespilotnih letjelica čije težina ne prelazi 25 kg moći će letjeti bez prethodnih odobrenja, dok će biti potrebno samo registrirati i elektronički identificirati dron. Letenje će se moći odvijati pod uvjetima da operator uvijek drži dron u svom vidnom polju, ne leti

³ Provedbena uredba Komisije (EU) 2019/947 od 24. svibnja 2019. o utvrđivanju pravila i postupaka za rad bespilotnih zrakoplova; Dostupno na: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32019R0947> (pristupljeno lipanj 2019.)

na visini većoj od 120 m, te da je dovoljno daleko od ljudi. Države članice imat će mogućnost definirati zone zabrane letenja gdje putem geo-lociranja dronovi neće moći ući. Zone zabrane letenja uključuju područja zračnih luka ili gradskih centara. [31]

U istoj Regulativi kategorizirane su operacije bespilotnih letjelica. Određeno je da će se sve operacije morati izvoditi u jednoj od tri kategorije prema sljedećim uvjetima:

- a) Operacije dronova u „otvorenoj“ kategoriji ne trebaju prethodna operativna ovlaštenja, niti operativne izjave operatora bespilotne letjelice prije odvijanja operacije;
- b) Operacije dronova u „specifičnoj“ kategoriji zahtijevaju operativno odobrenje izdano od nadležnog tijela ili operativnu izjavu koju treba dati operator bespilotne letjelice prije izvođenja operacija;
- c) Operacije dronova u „certificiranoj“ kategoriji zahtijevaju certifikat bespilotne letjelice sukladno Delegiranom aktu Europske Unije 2019/945 i certifikat operatora i/ili licencu pilota na daljinu.[32]

Operacije bespilotnih letjelica bit će klasificirane kao „otvorene“ (engl. „open“) ako su zadovoljeni sljedeći uvjeti:

- a) Dron pripada jednoj od klasa (nazvanih C0, C1, C2 i C4 u kojima su dronovi podijeljeni po težini) utvrđenih Delegiranim aktom Europske Unije 2019/945 ili je samostalno izgrađen ili ispunjava uvjete definirane u članku 20;
- b) Bespilotna letjelica ima maksimalnu masu pri polijetanju manju od 25 kg;
- c) Pilot na daljinu osigurava da je bespilotna letjelica na sigurnoj udaljenosti od ljudi i skupine ljudi;
- d) Pilot na daljinu drži letjelicu u vidnom polju u svakom trenutku, osim kada leti u modu praćenja ili kada je prisutan promatrač bespilotne letjelice;
- e) Tijekom leta bespilotni zrakoplov održava se unutar 120 metara od najbliže točke površine Zemlje, osim u slučaju izbjegavanje prepreke;
- f) Tijekom leta dron ne smije nositi opasne stvari niti ispuštati nikakve materijale.[32]

Dronovi koji obavljaju operacije kategorizirane kao „specifične“ (engl. „specific“) moraju imati odobrenja od nadležnih tijela prije leta. Kako bi se dobilo navedeno odobrenje operator mora procijeniti rizike i podnijeti ih zajedno za zahtjevom za izdavanje odobrenja. Odobrenje se izdaje kada nadležna tijela utvrde da su rizici ublaženi. Nadležno tijelo prilikom izdavanja odobrenja navodi da li je operativno odobrenje jedne operacije ili više operacija u određenom vremenu, određenom mjestu ili oboje. Također, odobrenje mora sadržavati mjere ublažavanja rizika.[32]

Operacije dronova bit će kategorizirane kao „certificirane“ (engl. „certified“) ako su zadovoljeni sljedeći uvjeti:

- a) Bepilotna letjelica mora biti certificirana u skladu za stavkama iz Delegiranog akta Europske unije 2019/945;
- b) Operacije se moraju provoditi nekom od sljedećih uvjeta:
 - a. Letovi iznad skupina ljudi;
 - b. Prijevoz ljudi;
 - c. Prijevoz opasnih tvari, što predstavlja velike rizike za treće osobe u slučaju nesreće.

Nadalje, operacije dronova se klasificiraju kao „certificirane“ ako nadležno tijelo na temelju procjene rizika smatra da se rizici ne mogu ublažiti na odgovarajuće načine bez certifikata drona i operatora drona.[32]

4.3.1.2. **Predstojeći zakonski okviri**

U narednih nekoliko godina predviđeno je donošenje nekoliko novih regulativa, uredba i priručnika čija je svrha pratiti i uređivati postupnu integraciju dronova u europski kontrolirani zračni prostor.

U listopadu 2019. godine bit će objavljeni Vodič (engl. Guidance Material - GM), Prihvatljiva sredstva usklađenosti (engl. Acceptable Means of Compliance - AMC) i EASA-ine unaprijed definirane procjene rizika. Navedeni materijali uključivat će:

- revidiranu verziju nacrtu Prihvatljivih sredstva usklađenosti i Vodiča koji su objavljeni s Mišljenjem 01/2018 (engl. Opinion 01/2018);

- opis metodologije procjene rizika (engl. Specific Operation Risk Assessment - SORA) koja je uvjet za izdavanje odobrenja za operacije dronova u „specifičnoj“ kategoriji;
- prvu unaprijed definiranu procjenu rizika za pomoć operatorima prilikom podnošenja zahtjeva za odobrenje „specifičnih“ operacija dronova:
 - Iznad slabo naseljenih područja;
 - U nekontroliranom zračnom prostoru;
 - Na vrlo niskim razinama;
 - BVLOS (engl. Beyond Visual Line Of Sight) s vizualnim ublažavanjem rizika;
 - Korištenje bespilotnih letjelica karakterističnih dimenzija do 3 m;

Sljedeće unaprijed definirane procjene rizika bit će objavljene u narednim godinama kako bi se obuhvatile najčešće operacije dronovima koje se odvijaju u Europskoj Uniji.[28]

U isto vrijeme kada će biti objavljeni Vodič, Prihvatljiva sredstva usklađenosti i prve procjene rizika, EASA će objaviti Mišljenja kojima se predlaže izmjena i dopuna Provedbene uredbe Europske Komisije (EU) 2019/947. Spomenutim dokumentom predstaviti će se dva standardna scenarija izvođenja operacija dronovima, čija je svrha olakšati izvođenje operacija niskog rizika. Za tu vrstu operacija bit će dovoljno poslati izjavu nadležnom tijelu, te odobrenja neće biti potrebna. Operacije koje će pripadati standardnim scenarijima su:

1. Urbani VLOS letovi (engl. Visual Line Of Sight)
 - a. VLOS u naseljenom okruženju koji uključuje samo aktivne sudionike;
 - b. Ispod 120 m;
 - c. Korištenje drona karakterističnih dimenzija do 3 m;
2. Ruralni BVLOS (engl. Beyond Visual Line Of Sight) letovi
 - a. Operacije u slabo naseljenim područjima pomoću vizualnih promatrača;
 - b. Ispod 120 m;
 - c. Korištenje drona karakterističnih dimenzija do 3m. [28]

Registracija operatora bespilotnih letjelica i certificiranje dronova postat će obavezno u lipnju 2020. godine. Od tada će svi operatori morati biti registrirani prije izvođenja operacije, a registrirat će se u jednu od dvije navedene kategorije:

- U „otvorenoj“ kategoriji, ukoliko lete s dronom težim od 250 g ili lakšim od 250g koji nije klasificiran kao igračka i opremljen je senzorima koji omogućuju prikupljanje osobnih podataka;
- U „specifičnoj“ kategoriji, ukoliko lete s certificiranim dronom i/ili izvode operacije visokog rizika. Dronovi ove kategorije moraju biti registrirani i nositi broj registracije na trupu.[28]

Od lipnja 2020. godine moći će se provoditi operacije u „specifičnoj“ kategoriji nakon izdavanja odobrenja od strane nadležne nacionalne zrakoplovne uprave na temelju procjene rizika i procedura definiranih europskim regulativama, te procjene rizika koju je EASA objavila kao Prihvatljiva sredstva usklađenosti .[28]

Korisnici dronova moći će početi s izvođenjem operacija u „otvorenoj“ kategoriji između lipnja 2020. i lipnja 2022. godine.

- Letjelice čija težina ne prelazi 500 g moći će se koristiti na područjima gdje neće nadlijetati ljude ili skupine ljudi
- Prilikom izvođenja operacija dronovima težine do 2 kg neće biti dopušteno letenje na manjoj horizontalnoj udaljenosti od 50 m od ljudi.
- Prilikom izvođenja operacija dronovima težine do 25 kg neće biti dopušteno letenje na manjoj horizontalnoj udaljenosti od 150 m od stambenih, rekreativnih i industrijskih područja, te ne smije nadlijetati ljude.[28]

Do lipnja 2021. godine, države članice moraju dovršiti definiranje geografskih područja u kojima će letovi dronovima biti zabranjeni i područja gdje će biti potrebna dodatna odobrenja za izvođenje operacija, te prilagoditi postojeću nacionalnu regulativu sustavu Europske Unije.[28]

Svi modelarski klubovi i udruženje trebali bi imati odobrenja nadležnih nacionalnih tijela za zrakoplovstvo do lipnja 2022. godine. Države članice mogu pružiti modelarskim klubovima i udruženjima odstupanje od svih pravila europske regulative. [28]

4.3.2. 'U-space' i ostali projekti za integraciju dronova

Tehnološki razvoj bespilotnog zrakoplovstva trenutno se kreće mnogo brže nego razvoj zrakoplovstva s posadom. Ovaj brzi rast upotrebe bespilotnih letjelica (civilnih i vojnih) povećao je potrebu za pristupom cjelokupnom zračnom prostoru. Konkretno, postoji jak pritisak na vrlo nisku razinu (engl. Very Low Level - VLL) operacije na kojima je tržište vođeno novim poslovnim mogućnostima.

U-space koncept nastao je iz razvoja tehnologije i regulative za operacije dronova u najnižem sloju letenja (VLL). U-space je skup novih usluga koje se oslanjaju na visok stupanj digitalizacije i automatizacije funkcija, te specifičnih postupaka osmišljenih za održavanje sigurnog i učinkovitog odvijanja velikog broja operacija bespilotnih letjelica. Za potrebe daljnjeg razvoja U-space-a i uspješne integracije, potrebno je koristiti sva najnovija tehnološka dostignuća poput umjetne inteligencije, „Internet-of-Things“ (IOT), 5G mreže i slično. Pritom je bitno uzimati u obzir zahtjeve za sigurnost, te upravljanje greškama i hitnim situacijama. Neovisno o izabranim tehnologijama, na prvom mjestu uvijek moraju biti sigurnost, zaštita privatnosti i zaštita okoliša.[33]

Operacije dronovima unutar strogo zaštićenih područja, poput zračnih luka, bit će strože regulirane, a nadležne službe imat će razvijene sustave za brzo reagiranje u slučaju nezakonitog korištenja dronova u navedenim područjima.[33]

Dronovi koji će izvoditi operacije na visinama između 150 m (500 ft) i 19 000 m (60 000 ft) bit će integrirani u zračni prostor zajedno sa konvencionalnim zrakoplovstvom. Postupna integracija provodit će se pomoću ICAO standarda i preporučenih praksi (SARP), a potpuna integracija se previđa 2023. godine. Uspostavljanje odgovarajuće infrastrukture za izvođenje operacija bespilotnih letjelica bit će ključno za iskorištavanje potencijala sektora. Ključni izazov SESAR-a je uspješno ujedinjavanje konvencionalnog zrakoplovstva i bespilotnih letjelica.[33]

U „Putokazu za sigurnu integraciju bespilotnih letjelica u sve klase zračnog prostora“ (engl. „Roadmap for the safe integration of drones into all classes of airspace“) opisana su istraživanja i koraci u razvoju koja podržavaju širenje tržišta dronova i osiguravaju nesmetanu i sigurnu integraciju. „Putokaz“ je dio Europskog mater plana za upravljanje zračnih prometom iz 2018., kao što je i dio izrađivanja regulatornih okvira.[33]

ICAO propisuje tri glavna pravila za sigurnu integraciju bespilotnih letjelica:

1. Kako bi se integrirali u kontrolirani zračni prostor, dronovi se moraju, koliko je to moguće, pridržavati operativnih postupaka kojih se pridržavaju i zrakoplovi s posadom. Operacije dronova ne smiju ugrožavati druge zrakoplove, ljude i imovinu;
2. Operacije bespilotnih zrakoplova ne smiju narušavati razinu sigurnosti;
3. Standardi za operacije dronovima se moraju, u najvećoj mogućoj mjeri, prilagoditi standardima koji se odnose na zrakoplove s posadom. Operacije dronova mogu se ograničiti na nekontrolirani zračni prostor ukoliko predstavljaju velik rizik za ostale zrakoplove.[33]

Potpuna integracija dronova provodit će se u tri faze:

- Faza 1 (IFR dronovi u klasama A-C) – dronovi će moći izvoditi operacije u klasama A-C zračnog prostora prema instrumentalnim pravilima letenja (IFR). Dronovi će biti opremljeni ustavom za otkrivanje i izbjegavanje (engl. Detect And Avoid – DAA) koji osigurava uspješno izbjegavanje sudara i svjesnost situacije. Dronovi će također imati sustav za komunikaciju s kontrolom zračnog prometa. Oprema za nadzor i navigaciju odgovarati će zahtjevima klase zračnog prostora u kojem se planiraju izvoditi operacije. Za izvođenje operacija na zračnim lukama bit će potreba dodatna odobrenja. Dronovi će biti opremljeni tehnologijama za rješavanje nepredviđenih situacija;
- Faza 2 (IFR dronovi u klasama A-G) – dronovi će moći letjeti prema instrumentalnim pravilima letenja(IFR) i vizualnim pravilima letenja (VFR), pod uvjetom da imaju sustav za otkrivanje i izbjegavanje. Komunikacija

dronova i kontrole zračnog prometa koristit će odgovarajuću arhitekturu, čime će biti riješen problem integriteta i sigurnosti;

- Faza 3 (dronovi u klasama A-G) – dronovi će imati mogućnost izvođenja operacija u nekontroliranim i kontroliranom zračnom prostoru, prema IFR ili VFR pravilima letenja, te će biti integrirani s ostalim prometom. U ovoj fazi očekuje se povećano korištenje dana-linka za komunikaciju sa kontrolom zračnog prometa.[33]

Prema ICAO Faza 1 i 2 su razdoblja „smještanja“ dronova u kontrolirani zračni prostor, do Faza 3 predstavlja potpunu integraciju. Razdoblje „smještanja“ odnosi se na razdoblje kada će dronovi moći izvoditi samo određene operacije za koje će u tom trenu postojati tehnologija i regulativa, te se u razdoblju integracije očekuje rutinsko izvođenje operacija u zračnom prostoru, bez posebnih odredbi.[33]

Za integraciju vojnih dronova potrebno je inkorporirati posebna tehnička, operativna i regulatorna pravila. Navedeno će se provoditi zajedno s integracijom civilnih dronova. Operacije od državnog interesa imat će veću razinu prioriteta, kao što trenutno imaju vojni zrakoplovi s posadom. Za izvođenje operacija vojnih dronova bit će potrebno unaprijed rezervirati zračni prostor prema odredbama naprednog korištenja zračnog prostora (engl. AFUA - Advanced Flexible Use of Airspace). [33]

U-space će se progresivno primjenjivati kroz četiri koraka nazvanih U1, U2, U3 i U4..U svakom koraku predložene su nove usluge, uključujući poboljšane verzije usluga iz prethodnog koraka. Koraci će se provoditi paralelno na europskoj i lokalnoj razini. S vremenom, U-space usluge razvijati kako se povećavaju stupnjevi automatizacije dronova i sustavi digitalne razmjene informacija.

„U1“ korak predstavlja uvođenje temeljnih usluga poput e-registracije dronova, e-identifikacije i geo-referenciranja. Glavni ciljevi ovih usluga su identifikacija dronova i obavještanje operator dronova o ograničenjima određenih područja. U početku, ovim korakom omogućavat će se operacija dronova u područjima gdje je gustoća prometa niska. Time će se pojednostaviti administrativne procedure za izdavanje odobrenja.

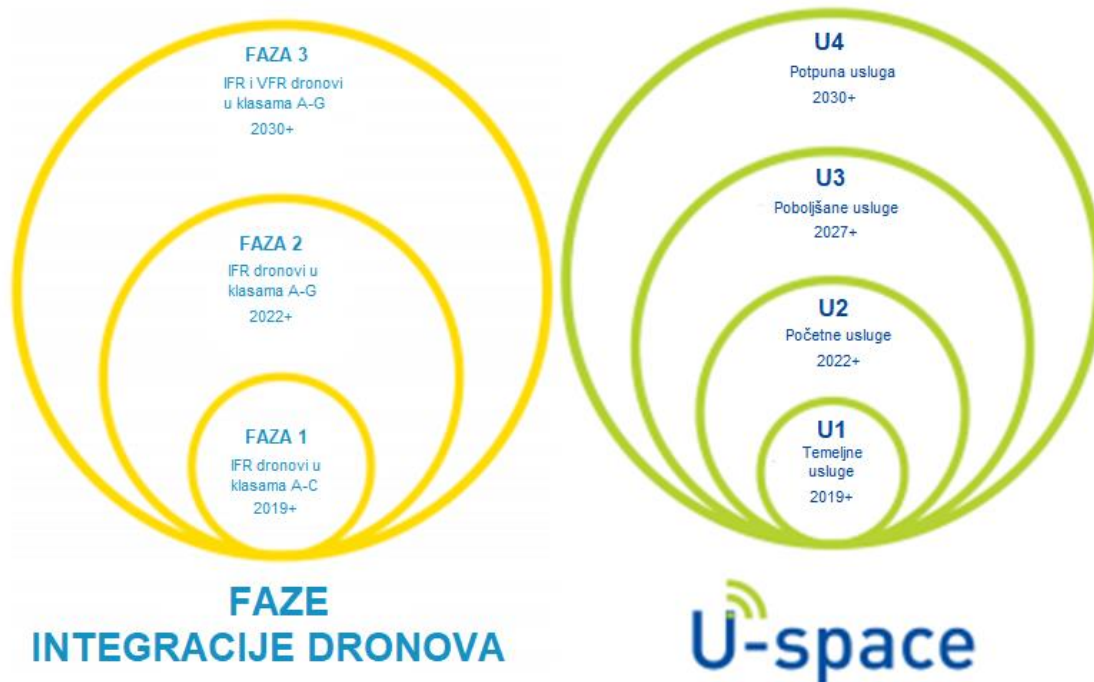
Raspon VLOS rutinskih operacija će se proširiti, uključujući VLOS operacije u urbanim središtima. BVLOS operacije i dalje će biti ograničene.[34]

„U2“ korak odnosi se na početni skup usluga koje podržavaju sigurno izvođenje operacija bespilotnih letjelica, te prvu razinu sučelja i veza za komunikaciju s kontrolom zračnog prometa i drugim zrakoplovima. Gdje je prikladno, U2 usluge će iskoristiti postojeću infrastrukturu za upravljanje zračnim prometom, te će se pojaviti mogućnost izvođenja nove vrste operacija uz pomoć bežične tehnologije prijenosa podataka (engl. Long Term Evolution - LTE). Broj operacija u niskom sloju zračnog prostora će se povećati, te se očekuje početak izvođenja operacija u kontroliranom zračnom prostoru. Neke operacije dronova postat će rutinske, kao i neke od BVLOS operacija.[34]

„U3“ korak će se temeljiti na poboljšanim uslugama U2 koraka koje će omogućavati izvođenje operacija u područjima visoke gustoće prometa i visoke složenosti. Nove tehnologije poput sustava za otkrivanje i izbjegavanje poboljšat će funkcionalnost i pouzdanost komunikacijskog sustava, te će sve više korisnika imati pristup sučeljima za komunikaciju s kontrolom zračnog prometa i ostalim zrakoplovima. U ovom koraku očekuje se značajan porast operacija dronova, posebno u urbanim sredinama, te će uvoditi nove vrste operacija kao što je urbana mobilnost. [34]

U4 korak fokusiran je na usluge koje nude integrirana sučelja za komunikaciju s kontrolom zračnog prometa i ostalim zrakoplovima. Očekuje se puna operabilnost ovih usluga i visoka razina automatizacije. Završetkom U3 koraka očekuje se značajno povećanje potrebe za novim uslugama. [34]

Na sljedećoj slici nalazi se grafički prikaz faza i koraka u integraciji dronova u europski kontrolirani zračni prostor. Također je vidljivo što se očekuje u kojoj fazi i koje godine se očekuju.



Slika 12. Faze i koraci integracije dronova, [34]

Za potrebe integracije SESAR-JU razvija mnoge druge projekte pod ingerencijom U-space projekta. Svrha tih dodatnih projekata je olakšati i ubrzati sami proces integracije. U nastavku se nalaze opisi tih projekata i njihova uloga u integraciji bespilotnih letjelica u europski kontrolirani zračni prostor.

4.3.2.1. **Koncept operacija za europski sustav upravljanja prometom bespilotnih letjelica**

Koncept operacija za europski sustav upravljanja prometom bespilotnih letjelica
 Koncept operacija za europski sustav upravljanja prometom bespilotnih letjelica (engl. Concept of Operations for European UTM Systems - CORUS) je koncept rada europskog sustava upravljanja zračnim prometom bespilotnih letjelica. Koncept se uglavnom odnosi na najniži sloj zračnog prostora, te zračni prostor oko zračnih luka. Baza za ovaj koncept je U-space Blueprint i Master plan za upravljanje zračnim prometom, a projekt će stvoriti

definicije usluga koje će biti potrebne za operacije dronova u najnižem sloju zračnog prostora. Usluge će biti definirane na način kako bi se trebale koristiti da bi se osigurale sigurne operacije bespilotnih letjelica. Točnije, CORUS će uspostaviti i jasno opisati koncepte operacije, razviti jasne slučajeve uporabe dronova prema scenarijima i opisati kako se nositi s manje sigurnim situacijama. Nadalje, razviti će koncept sigurne interakcije u različitim klasama zračnog prostora, uzimajući u obzir gustoću i volumen prometa, te hitne slučajeve. Uz to, identificirat će se nužne usluge za održavanje visoke razine sigurnosti i predložiti opisi potrebne arhitekture. [35]

4.3.2.2. Projekt DroC2om – Drone Critical Communications

Ključni cilj projekta DroC2om je doprinijeti definiciji integriranih specifikacija podatkovne veze za satelitske sustave koje će koristiti bespilotne letjelice. Glavni fokus je dizajniranje i evaluacija podatkovnih veza na temelju eksperimentalnih radio istraživanja i simulacija sustava. DroC2om će osmisлити koncept arhitekture satelitskog sustava, koji osigurava pouzdan i siguran rad za daljinski upravljane, poluautonomne i potpuno autonomne male bespilotne letjelice.[36]

4.3.2.3. Portal za upravljanje informacijama koji omogućuje integraciju bespilotnih letjelica i Studija priručnika aeronautičkih informacija za dronove

Portal za upravljanje informacijama koji omogućuje integraciju bespilotnih letjelica (engl. Information Management Portal To Enable The Integration of Unmanned Systems - IMPETUS) analizira potrebe upravljanja informacijama o operacijama bespilotnih letjelica u najnižem sloju zračnog prostora. Projekt također predlaže tehnološki i komercijalno izvediva rješenja za rješavanje tih potreba.[37]

Rješenje razvijeno u IMPETUS-u nadovezuje se na postojeće informacijske sustave za upravljanje prometom koji se bave ključnim pitanjima kao što su osiguranje kvalitete podataka, potrebe za integracijom podataka s ATM sustavima i skalabilnost informacijskih usluga za bespilotne letjelice za više korisnika s različitim poslovnim modelima.[37]

Studija priručnika aeronautičkih informacija za dronove (engl. Drone European AIM Study - DREAMS) analizira trenutno stanje i buduće potrebe za aeronautičkim informacijama za podržavanje rasta prometa bespilotnih letjelica. Glavni ciljevi DREAMS projekta su:

- Popuniti prazninu između postojećih informacija koje se koriste u tradicionalnom zrakoplovstvu s ljudskom posadom i potrebama novog bespilotnog zrakoplovstva;
- Analizirati i simulirati sadašnje i buduće stanje sustava, kako bi se osiguralo da se sustav može prilagoditi rastu tržišta za bespilotne letjelice;
- Analizirati i potvrditi tehnologije vezane za razmjenu informacija koje omogućavaju implementaciju budućeg koncepta U-space.[38]

4.3.2.4. Europsko tehnološko istraživanje za upravljanju prometom bespilotnih letjelica i Projekt za praćenje aktivnosti dronova u realnom vremenu

Europsko tehnološko istraživanje za upravljanju prometom bespilotnih letjelica (engl. Technological European Research for RPAS (Sustavi bespilotnih letjelica – engl. Remotely Piloted Air System) in ATM - TERRA) analizira zahtjeve za operacijama dronova u najnižem sloju zračnog prostora i identificira tehnologije zemaljskih sustava, postojećih i novih, koji mogu ispuniti te zahtjeve. Cilj projekta je uspostaviti tehnička rješenja koja će biti osnova za buduće standarde sigurnog izvođenja operacija bespilotnim letjelicama, a provodit će se kroz dva koraka:

1. Utjecanje na postojeće najnovije tehnologije i potencijalne nove tehnologije kako bi razvili elemente arhitekture U-space zemaljskih sustava koji će:
 - Istražiti otpornost arhitekture;
 - Imati veliku bazu daljinski upravljanih i autonomnih dronova u mješovitom okruženju;

- Biti fokusirani na izvođenje operacija u najnižem sloju zračnog prostora, uz mogućnost izvođenja istih u drugim dijelovima zračnog prostora;
2. Demonstriranje otpornosti kritičnih elemenata arhitekture i sposobnost prilagođavanja istih.[39]

Projekt CLASS (engl. Clear Air Situation for uas) je projekt kojim će se ujediniti postojeće tehnologije upravljanja zračnim prometom bespilotnih letjelica (engl. Unmanned Traffic Management System – UTMS). Ovaj projekt će osigurati praćenje aktivnosti dronova u realnom vremenu i podjela istih na kooperativne i nekooperativne. Kooperativni dronovi su oni koji odašilju svoju lokaciju, a lokaciju nekooperativnih dronova moguće je pratiti putem vanjskih sustava. U oba slučaja, prikupljaju se podaci iz više izvora, koji se sjedinjavaju tako da se u svakom trenutku može znati točna lokacija svake bespilotne letjelice. [40]

4.3.2.5. **Projekt PercEvite**

PercEvite je tehnologija za otkrivanje i izbjegavanje za male dronove. Cilj ovog projekta je razvoj senzora i komunikacijskih uređaja za male dronove koji mogu autonomno otkriti i izbjeći prepreke na zemlji i druge leteće objekte. Izbjegavanje drugih bespilotnih letjelica postiže se interoperabilnim rješenjem koje kombinira višestruke tipove komunikacijskih hardvera (ADSB, 4 / 5G, WiFi) za razmjenu informacija o položaju, brzini i budućim točkama kretanja. To će omogućiti bespilotnim letjelicama da uspješno izbjegavaju ostale leteće objekte čak i u zračnom prostoru vrlo visoke gustoće.[41]

4.3.2.6. **Sigurnosni koncepti za operacije dronova**

Glavne aktivnosti uključuju analizu operativnog okruženja u najnižem sloju zračnog prostora, kako bi se pronašli načini za smanjenje rizika od neočekivanih smetnji. Glavni cilj Sigurnosnih koncepata za operacije dronova (engl. Security Concepts for drone Operations – SECOPS) je definirati integrirani koncept sigurnosti za izvođenje operacija bespilotnih letjelica, koji osigurava da su sigurnosni rizici u U-space-u ublaženi do prihvatljive razine. Pritom se posebna pažnja pridodaje:

- Dronovima koji se ne odvajaju od svojih misija zbog neočekivanih smetnji;
- Dronove koji se ne mogu namjerno zloupotrijebiti za nezakonite ili opasne operacije;
- Otkrivanje i djelovanje prilikom zloupotrebe bespilotnih letjelica.[42]

Projekt Prikazivanja operacija dronova u početnim fazama upravljanja prometom bespilotnih letjelica (engl. Proving Operations of Drones with Initial UTM – PODIUM) je U-space projekt kojim će se provoditi testiranja i simulacije svakog pojedinog koraka u integraciji dronova u europski kontrolirani zračni prostor. Previđeno je više od 185 testnih letova širom Europe. Sva rješenja za upravljanje zračnim prometom bespilotnih letjelica bit će testirana na VLOS i BVLOS letovima unutar nekontroliranog i kontroliranog zračnog prostora, urbanih i ruralnih područja, te u neposrednoj blizini zračnih luka. [43]

4.4. Integracija dronova u hrvatski zračni prostor

U Hrvatskoj, kao i u Europi, radi se na integraciji bespilotnih letjelica u kontrolirani zračni prostor. Dronovi su trenutno uspješno integrirani u najniži sloj nekontroliranog zračnog prostora Republike Hrvatske. Letenje dronovima u Hrvatskoj regulirano je sljedećim propisima:

1. Pravilnik o sustavima bespilotnih zrakoplova;
2. Pravilnik o letenju zrakoplova;
3. Uredba (EU) br. 923/2012;
4. Uredba (EU) br. 376/2014;
5. Zakon o zračnom prometu;
6. Pravilnik o upravljanju zračnim prostorom. [44]

Prema pravilniku o sustavima bespilotnih zrakoplova, u Hrvatskoj se dronovi klasificiraju prema težini u tri klase (Klasa 5, Klasa 25 i Klasa 150), a područja izvođenja operacija podijeljena su u četiri klase, kao što je opisano u poglavlju 2.2. ovog diplomskog rada. Također, u spomenutom Pravilniku opisani su svi potrebni zahtjevi koje operator

bespilotne letjelice mora zadovoljiti prije izvođenja operacija. Svaka bespilotna letjelica mora biti osigurana prema propisu kojim se uređuju obvezna osiguranja u prometu, te svaka letjelica mora biti označena identifikacijskom negorivom pločicom. Negoriva pločica mora biti odgovarajuće veličine i pričvršćena na letjelicu, te mora sadržavati sljedeće podatke:

- Identifikacijsku oznaku bespilotne letjelice;
- Ime, adresu i informacije za kontakt operatora ili vlasnika. [5]

4.4.1. Izvođenje letačkih operacija i pravila letenja

Pravilnik o sustavima bespilotnih letjelica sadrži dodatke u kojima su kategorizirane letačke operacije i detaljno opisani operativni zahtjevi za izvođenje istih. Letačke operacije kategoriziraju se prema operativnoj masi drona i klasi područja izvođenja leta. Klasifikacija bespilotnih letjelica i područja izvođenja leta već je ranije opisana u ovom diplomskom radu, u poglavlju 2.2. Prema Pravilniku postoje četiri kategorije letačkih operacija, nazvane slovima A, B,C i D, i one su prikazane u sljedećoj tablici. [45]

Tablica 7. Kategorije letačkih operacija [45]

Klasa sustava bespilotne letjelice	Klasa područja izvođenja operacija			
	I	II	III	IV
5	A	A	B	C
25	A	B	C	D
150	B	C	D	D

Kategorije letačkih operacija razlikuju se prema različitim operativnim i tehničkim zahtjevima. Tablica 8. detaljno opisuje operativne zahtjeve za spomenute letačke kategorije, a tablica 9. tehničke zahtjeve. [45]

Tablica 8. Operativni zahtjevi za izvođenje letačkih operacija [45]

Zahtjev	Kategorizacija operacija			
	A	B	C	D
Dob rukovatelja	Navršениh 16 godina		Navršениh 18 godina	
Psihofizička sposobnost	Izjava rukovatelja ili Certifikat o zdravstvenoj sposobnosti Klase I, II ili III ili liječničko uvjerenje o zdravstvenoj sposobnosti za upravljanje vozilima koje se izdaje vozačima kojima upravljanje vozilom nije osnovno zanimanje, a koje nije starije od 5 godina ili vozačka dozvola		Certifikat o zdravstvenoj sposobnosti Klase I, II ili III ili liječničko uvjerenje o zdravstvenoj sposobnosti za upravljanje vozilima koje se izdaje vozačima kojima upravljanje vozilom nije osnovno zanimanje, a koje nije starije od 5 godina ili vozačka dozvola	
Poznavanje primjenjivih zrakoplovnih propisa	Izjava rukovatelja ili Pilotska dozvola ili potvrda o položenom teorijskom ispitu koji provodi Agencija		Pilotska dozvola ili potvrda o položenom teorijskom ispitu koji provodi Agencija	
Osposobljenost za upravljanje sustavom	Izjava rukovatelja		Izjava rukovatelja	

Tablica 9. Tehnički zahtjevi za izvođenje letačkih operacija [45]

Zahtjev	Kategorija operacija			
	A	B	C	D
Sustav upravljanja	Kodirani digitalni prijenos podataka direktnom vezom između upravljačke stanice i prijemnika s automatskim izborom frekvencije bez smetnji	Kodirani digitalni prijenos podataka direktnom vezom između upravljačke stanice i prijemnika s automatskim izborom frekvencije bez smetnji, umjetna stabilizacija osim za prirodno stabilne avione i cepeline	Kodirani digitalni prijenos između upravljačke stanice i prijemnika s automatskim izborom frekvencije bez smetnji, umjetna stabilizacija te navigacija s povratkom kući	Kodirani digitalni prijenos podataka direktnom vezom između upravljačke stanice i prijemnika s automatskim izborom frekvencije bez smetnji, umjetna stabilizacija, navigacija s povratkom kući
Prikaz telemetrijskih parametara rukovatelju	Nije primjenjivo	Jačina radio-signalna, napon napajanja, potrošnja struje	Jačina radio-signalna, broj satelita, napon napajanja, potrošnja struje, udaljenost i smjer prema rukovatelju, visina, brzina, smjer, prikazivanje kvara/ prikazivanje rada rezervnog sustava	Jačina radio-signalna, broj satelita, napon napajanja, potrošnja struje, udaljenost i smjer prema rukovatelju, visina, brzina, smjer, prikazivanje kvara/ prikazivanje rada rezervnog sustava
Sigurnosni sustav	Nije primjenjivo			
Najmanji broj motora multikoptera	6	8	8	8
Bitne funkcije - sustavi koje ne smije ugroziti pojedini kvar		Napajanje, prijem signala, umjetna stabilizacija i upravljanje letom	Napajanje, prijem signala, umjetna stabilizacija i upravljanje letom, GNSS, magnetometar	
Obavljanje analize kvarova i njihovog utjecaja	Nije primjenjivo	Samovrednovanje – tabelu analize čuvati, Agenciji dostaviti izvjavu, ponoviti u slučaju modifikacija	Masa < 5kg: samovrednovanje – tabelu analize čuvati. Agenciji dostaviti izvjavu, ponoviti u slučaju modifikacija, a samovrednovanje dostaviti Agenciji na prihvaćanje	
Obavljanje pregleda, opsluživanje i održavanje	Nije primjenjivo	Prema listama provjere u skladu sa uputama proizvođača, ako nema uputa od proizvođača mora razviti vlastite, o svim obavljenim radovima čuvati zapise 3 god.		

Pravilnikom o sustavima bespilotnih zrakoplova određeni su i opći uvjeti za letenje bespilotnim letjelicama. Operator bespilotne letjelice dužan je osigurati da se let dronom izvodi na način da ne predstavlja opasnost po život, zdravlje ili imovinu ljudi zbog udara ili gubitka kontrole nad dronom, te da ne ugrožava i ne ometa javni red i mir. Rukovatelj bespilotnom letjelicom također mora ispuniti i sljedeće uvijete:

- Let dronom mora se odvijati danju;
- Prije leta potrebno je provjeriti i uvjeriti se u ispravnost sustava bespilotne letjelice;
- Potrebno je prikupiti sve informacije za planirani let i uvjeriti se da meteorološki i ostali uvjeti u području leta osiguravaju sigurno izvođenje leta;
- Osigurati da bespilotni zrakoplov tijekom uzlijetanja ili slijetanja sigurno nadvisuje sve prepreke;
- Tijekom leta osigurati sigurnu udaljenost bespilotnog zrakoplova od ljudi, životinja, objekata, vozila, plovila, drugih zrakoplova, cesta, željezničkih pruga, vodenih putova ili dalekovoda, ne manju od 30 metara;
- Osigurati da je minimalna udaljenost bespilotnog zrakoplova od skupine ljudi 150 metara;
- Osigurati da se let bespilotnog zrakoplova odvija unutar vidnog polja rukovatelja i na udaljenosti ne većoj od 500 m od rukovatelja;
- osigurati da se let bespilotnog zrakoplova odvija izvan kontroliranog zračnog prostora;
- Osigurati da se let bespilotnog zrakoplova odvija na udaljenosti najmanje 3 km od aerodroma i prilazne ili odlazne ravnine aerodroma, osim u slučaju kada su posebno predviđene procedure za letenje bespilotnih zrakoplova definirane naputkom za korištenje aerodroma;
- Osigurati da se tijekom leta iz ili s bespilotnog zrakoplova ne izbacuju predmeti. [5]

Operator bespilotne letjelice obvezan je imenovati odgovornu osobu koja ima ukupnu odgovornost nad aktivnostima operatora, te uspostaviti sustav izvješćivanja o događajima povezanim sa sigurnošću u zračnom prometu. Nadalje, operator mora uspostaviti sustav vođenja i čuvanja zapisa o letu. Zapis o letu sadržava podatke poput datuma leta, vremena početka i završetka izvođenja letačkih operacija, trajanja leta, ime i prezime rukovatelja koji je obavio let, lokacije izvođenja operacija, klasifikacije područja letenja, operativne mase drona i slično. Sve zapise o letu potrebno je čuvati najmanje dvije godine od datuma leta. [5]

Kako bi operator bespilotne letjelice mogao započeti izvođenje letačkih operacija mora dobiti odobrenje od Hrvatske agencije za civilno zrakoplovstvo. Prilikom podnošenja zahtjeva, Agenciji se dostavljaju sljedeći podaci:

- Ime i adresa podnositelja zahtjeva;
- Opis namjeravanih letačkih operacija;
- Broj i tip sustava bespilotne letjelice koja se koristi u izvođenju letačkih operacija u okviru traženog odobrenja;
- Dokaz o ispunjavanju operativnih i tehničkih zahtjeva za izvođenje letačkih operacija;
- Fotografije drona koji će se koristiti za izvođenje operacija;
- Dokumentacija procjene rizika namjeravanih letačkih operacija;
- Operativni priručnik;
- Izjava operatora. [5]

Agencija za civilno zrakoplovstvo u svrhu izdavanja odobrenja može provesti nadzor operatora i zatražiti izvođenje demonstracijskih letova. Odobrenje za izvođenje letačkih operacija izdaje se na rok od dvije godine. [5]

4.4.2. AMC Portal

Hrvatska kontrola zračnog prometa osmislila je AMC (Jedinica za upravljanje zračnim prostorom - engl. Airspace Management Cell) portal u svrhu informiranja korisnika o rezervacijama u zračnom prostoru. Pomoću AMC portala registrirani korisnici imaju mogućnost rezervirati strukturu u zračnom prostoru i komunicirati sa kontrolom zračnog prometa. Korisnici se mogu registrirati na samom portalu tako da ispune obrazac, nakon čega je potrebno verificirati adresu elektroničke pošte i dostaviti potrebne dodatne informacije o aktivnosti koju žele obaviti u zračnom prostoru. Nakon što korisnik dostavi sve potrebne informacije, kontrola zračnog prometa odobrava registraciju. Registrirani korisnik potom može predati zahtjev za rezervaciju područja u zračnom prostoru. [46]

Zahtjev za rezervaciju područja vrši se preko obrasca na portalu. Zahtjev se podnosi do sedam dana prije planiranog dana izvođenja aktivnosti, ili najkasnije do 09:00 sati prema koordiniranom svjetskom vremenu na zadnji dan prije izvođenja aktivnosti. Na dan aktivnosti vrši se aktivacija rezerviranog područja. Voditelj aktivnosti, odnosno osoba koja izvodi aktivnosti, dužna se javiti telefonom voditelju smjene Oblasne kontrole Zagreb na dan aktivnosti 30 minuta prije planiranog početka. Prilikom prvog javljanja voditelj aktivnosti će koordinirati svoj plan rada koji sadržava:

- vrijeme početka i planirano vrijeme završetka aktivnosti;
- planirane pauze tijekom obavljanja aktivnosti u trajanju duljem od 45 minuta. [47]

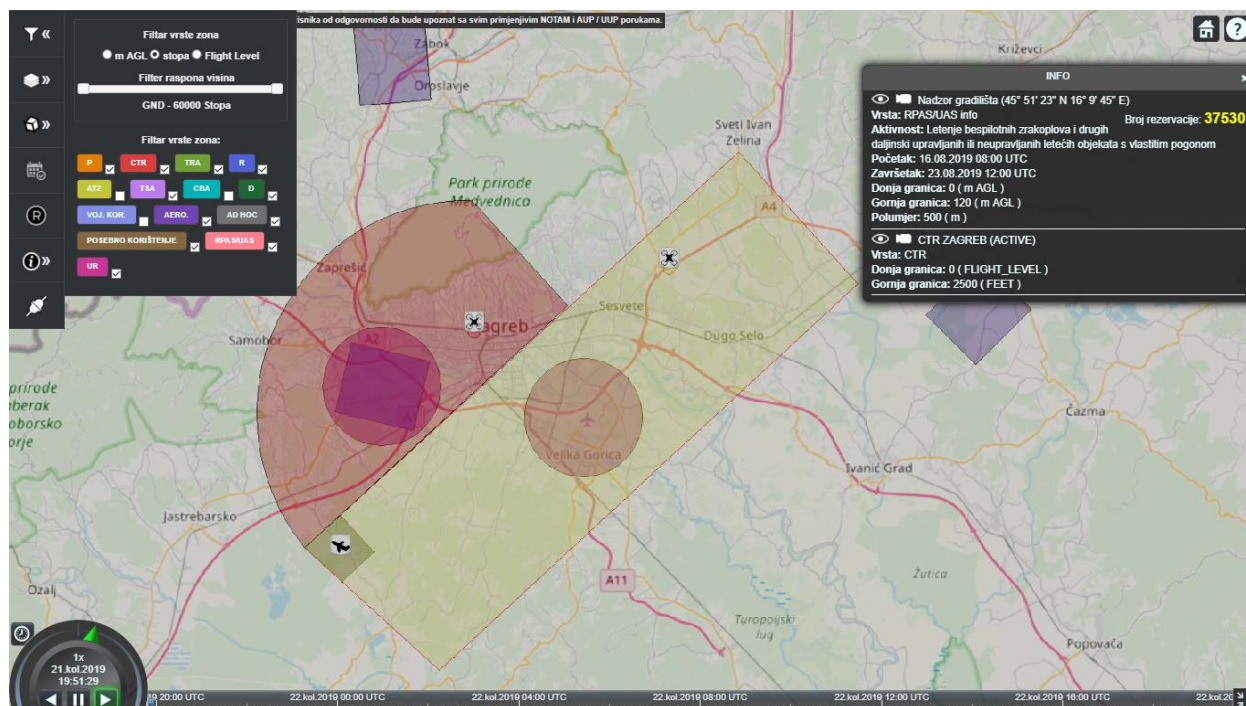
Voditelj smjene može dodatno ograničiti vrijeme i visinu odobrene rezervacije zračnog prostora iz sigurnosnih razloga, a voditelj aktivnosti dužan je pridržavati se svih uputa voditelja smjene. Ukoliko se voditelj aktivnosti ne javi voditelju smjene 30 minuta prije planiranog početka aktivnosti rezervacija se poništava.[47]

Voditelj aktivnosti dužan je javiti završetak svih aktivnosti u aktiviranom rezerviranom području na telefon voditelja smjene, nakon čega se područje deaktivira, a rezervacija poništava. [47]

Sve aktivnosti unutar rezerviranog područja moraju se održavati u skladu s sljedećim pravilima:

- Najveća visina leta od tla iznosi 120 m;
- Najveća visina leta od prepreka iznosi 50 m;
- Letjelica mora biti u vidnom polju voditelja aktivnosti;
- Minimalna horizontalna udaljenost od skupine ljudi iznosi 50 m (osim u slučaju sudjelovanja u priredbi);
- Minimalna horizontalna udaljenost od ljudi iznosi 30 m, odnosno 5 m pri brzini od 3 m/s.[46]

Sljedeća slika prikazuje AMC portal na kojem su vidljive zone unutar zračnog prostora, te su označene i opisane aktivnosti bespilotnih letjelica.



Slika 13. Faze i koraci integracije dronova, [34]

Klikom na sličicu drona na portalu moguće se dobiti sve informacije o tom letu. Vidljivo je u koju svrhu se izvode operacije dronom, u kojem vremenskom razdoblju, na kojoj visini i u kojem radijusu, te vrsta aktivnosti i broj rezervacije. Osim letova dronova, portal prikazuje sve vrste zona zračnog prostora koje se mogu filtrirati, kako je prikazano na slici. Također, moguće je pratiti i druge aktivnosti kao što su školski letovi zrakoplovom (označeni sličicom zrakoplova) ili skokovi padobranom (označeni sličicom padobrana).

4.5. Sigurnost i procjene rizika

EUROCONTROL ima razvijen širok raspon modela za procjenu rizika za zrakoplovstvo s posadom koji će biti ključni pri procjenjivanju rizika za bespilotno zrakoplovstvo. Stvaranje regulativa za održavanje visoke razine sigurnosti u zrakoplovstvu je velik izazov, koji će postati još veći kada započne integracija dronova u kontrolirani zračni prostor. EUROCONTROL i SESARJU zaduženi su za stvaranje modela za procjenu rizika u U-space programu koji će se odnositi na potencijalne opasnosti u zraku i na zemlji. Temeljno pravilo za kojim će se voditi je da integracija dronova ne smije narušiti postojeću razinu sigurnosti. Tri su glavna slučaja pomoću kojih će se procjenjivati rizici:

1. Operacije dronova u normalnim uvjetima;
2. Operacije dronova u abnormalnim uvjetima;
3. Operacije dronova u uvjetima otkaza. [49]

Za operacije u normalnim uvjetima potrebno je imati robustan sustav upravljanja zračnim prostorom, uzimajući u obzir sve kategorije dronova, pa i one koji lete malim brzinama i slabim performansama penjanja. Za operacije u abnormalnim uvjetima potrebno je procijeniti koliko vanjski faktori utječu na upravljanje zračnim prometom. Pritom se misli na vanjske faktore poput jakih bočnih vjetrova ili drugih vremenskih neprilika koji mogu poremetiti trajektoriju kretanja bespilotne letjelice. Nadalje, rizici koji se pojavljuju zbog otkaza i kvarova dronova moraju biti ublaženi prema sigurnosnim standardima.[49]

Pojava novih rizika kvantificirat će se prema postojećim metodologijama. Njihov utjecaj na sustav upravljanja zračnim prometom, pritom misleći na kontrolore, radare i sustave komunikacije, procjenjivat će se metodološkim načinima koji će pridonijeti uspješnoj integraciji novih letjelica. To znači da, ukoliko se dron zbog bočnih vjetrova nađe preblizu komercijalnom zrakoplovu, sustav upravljanja zračnim prometom moći se detektirati i ublažiti problem. [49]

EUROCONTROL razvija mnogobrojne sustave za upravljanje rizicima u slučajevima sudara u zraku i na uzletno sletnim stazama, koji će se moći modificirati prema stupnju integracije dronova u kontrolirani zračni prostor. [49]

Trenutno ne postoje definirane razine sigurnosti za najniži sloj zračnog prostora, zbog jednostavnosti i ograničenosti operacija koje se tamo izvode. Da bi se uspješno mogle provoditi procjene rizika za spomenuti dio zračnog prostora, prvo je potrebno definirati odgovarajuću razinu sigurnosti. U prijašnjem poglavlju spomenut je projekt CORUS koji se upravo bavi problemom određivanja razine sigurnosti. [49]

Glavni cilj je stvoriti potpuno fleksibilan sustav za upravljanje prometom bespilotnih letjelica, te visok stupanj digitalizacije i automatizacije koji nisu prezahtjevni za obavljanje vrlo jednostavnih operacija bespilotnih letjelica.[49]

5. Zaključak

Broj operacija u zračnom prometu svakim danom sve više raste, što za sobom povlači konstantan trend razvoja novih tehnologija za upravljanje zračnim prostorom. Promet zrakoplova s posadom i upravljanje istim danas je na vrlo visokoj razini sigurnosti, ali se javlja potreba za većom fleksibilnosti upravljanja zbog sve većeg zagušenja zračnog prostora. Zbog toga je proces integracije dronova u već izrazito kompleksan zračni prostor veliki zadatak.

U sam taj proces bilo je potrebno ubrojiti mnoge faktore poput samog dizajna bespilotnih letjelica, njihovih karakteristika i namjena, stupnjeve razvoja tehnologija za nadzor, navigaciju i komunikaciju, te oblika, gustoće i same podjele zračnog prostora.

Bespilotne letjelice prvi puta su se pojavile prije nekoliko desetaka godina, te od tada bilježe konstantna poboljšanja i proširenja područja primjene. U današnje vrijeme postoji mnogo različitih vrsta dronova čija težina može biti nekoliko grama ili nekoliko tisuća kilograma. Njihove performanse se također konstantno poboljšavaju pa tako postoje letjelice koje imaju dolet veći od 1500 m, mogu konstantno biti u zraku više od 24 sata, te imaju mogućnost letenja na visinama većim od 10 000 m. Uz klasične bespilotne letjelice kojima upravlja operator na zemlji, pojavile su se polu-autonomne i autonomne letjelice opremljene raznim tehnologijama i senzorima koji omogućavaju izvođenje leta bez pomoći čovjeka. Područja primjene dronova svakim danom su sve šira. Izvođenje vojnih misija bila je prva namjena dronova, te se u tu svrhu koriste i danas. Dronove se šalje na sve misije koje se smatraju preteške i preopasne za čovjeka. Civilna namjena dronova podijeljena je na komercijalnu, industrijsku, rekreativnu i od javnog interesa. Što znači da se danas dronovi sve više koriste u gospodarskim granama poput poljoprivrede, građevinarstva, telekomunikacija i naftne industrije, te u ostale svrhe poput slikanja i snimanja iz zraka, nadzora i prikupljanje podataka. Jedna od najznačajnijih uloga dronova je pomoć pri potragama i spašavanju, pomoć pri gašenju požara te olakšan pristup nepristupačnim i opasnim terenima.

Sve operacije zrakoplova, bespilotnih i onih s posadom, izvode se u određenim dijelovima zračnog prostora u kojem imaju ovlaštenja. Zbog toga je potrebno klasificirati i operativno podijeliti zračni prostor. Postoji sedam klasa zračnog prostora označenih slovima od A do G. Klase A, B, C, D i E pripadaju kontroliranom zračnom prostoru, a F i G nekontroliranom. Svaka od klasa ima određene uvijete koje moraju ispunjavati zrakoplovi da bi mogli obavljati operacije. Uvjeti su vrsta leta, pritom misleći na pravila letenja (VFR i IFR), pravila razdvajanja, razina pružanja usluga, ograničenje brzine, zahtjevi za radio-komunikacijom i izdavanje odobrenja kontrole zračnog prometa. Zračni prostor je horizontalno podijeljen na kontrolirani zračni prostor, prostor posebne regulacije letenja i nekontrolirani zračni prostor. Ta podjela je baza za stvaranje sustava za postupnu integraciju dronova. Što znači da će se dronovi prvo integrirati u nekontrolirani, pa u kontrolirani zračni prostor. Letovi u posebno reguliranim područjima strogo su kontrolirani i u većini slučajeva strogo zabranjeni.

Za potrebe sigurnog i efikasnog obavljanja operacija dronovima unutar nekontroliranog zračnog prostora razvijeni su mnogi sustavi. Neki od tih sustava su: tehnologije za otkrivanje i izbjegavanje, frekvencijski spektar čija je namjena zaštita od slučajnog i nezakonitog ometanja, sustavi za komunikaciju s pružateljima usluga u zračnom prometu i slično. Također, za kako bi se osiguralo sigurno letenje dronovima stvoreni su standardi razdvajanja, te regulatorni okviri i licence. Prije nekoliko godina uspješno je razvijen i implementiran sustav za praćenje i upravljanje operacijama dronova u nekontroliranom zračnom prostoru koji je baza za daljnju integraciju u kontrolirani zračni prostor.

Unutar europskog zračnog prostora, EUROCONTROL, SESARJU i EASA zajednički su radili na projektima i procesima integracije. Rezultat njihove suradnje je U-space program koji definira proces integracije u četiri koraka. Prvi korak je bila e-registracija i e-identifikacija dronova, te geo-referenciranje. U toj fazi integracije dozvoljene su operacije samo u nekontroliranom zračnom prostoru. Drugi korak je implementacija sustava za komunikaciju s kontrolom zračnog prometa i drugim zrakoplovima. U ovoj fazi očekuju se prve operacije dronova u kontroliranom zračnom

prostoru. Treći korak omogućava izvođenje operacija u područjima visoke gustoće prometa i visoke složenosti. Četvrti korak karakterizira potpuna operabilnost svih usluga i visoka razina automatizacije. Unutar U-space programa nalaze se brojni projekti koji služe kao potpora za uspješnu integraciju dronova u svakoj fazi i u svakom koraku.

Integracija dronova u Hrvatskoj prati stupanj integracije u Europi, zbog toga što su svi doneseni propisi i regulative važeće na europskoj razini. Što znači da su u Hrvatskoj dronovi uspješno integrirani u najniži sloj nekontroliranog zračnog prostora. Također, u Hrvatskoj postoji specifičan portal koji se koristi za prijave letova dronova. Pomoću tog portala korisnici mogu nekoliko dana unaprijed najaviti svoje aktivnosti i dobiti sva potrebna odobrenja od nadležnih tijela. AMC portalom moguće je ostvariti i direktnu komunikaciju s kontrolom zračnog prometa i primiti sve potrebne informacije u realnom vremenu.

Za potrebe integracije dronova u američki zračni prostor razvijen je UTM sustav koji je vrlo sličan europskom sustavu. Integracija će se također vršiti u četiri faze prema razinama tehničkih mogućnosti. U prvoj fazi dozvoljene su operacije dronova jedino iznad nenaseljenih područja ili vode. Druga razina omogućava operacije izvan vidnog polja operatora i operacije na većim udaljenostima. U trećoj fazi očekuje se izvođenje operacija u kontroliranom zračnom prostoru. Četvrta faza omogućava operacije dronova u urbanim i gusto naseljenim područjima.

Prilikom provođenja svih procesa integracije bitno je osigurati i održati visoku razinu sigurnosti u svim dijelovima zračnog prostora. Zbog toga nadležna tijela provode brojna istraživanja, testiranja i procjene rizika. Cilj toga je stvoriti sustav za upravljanje rizicima u slučaju gubitka kontrole nad letjelicom, te u slučajevima moguće pojave sudara letjelica u zraku i sudara letjelica i drugih objekata.

Trenutno su dronovi uspješno integrirani u najniži sloj letenja, odnosno nekontrolirani zračni prostor, što podrazumijeva da su doneseni svi zakoni i propisi koji omogućavaju neometano izvođenje operacija. Time su određena sigurnosna pravila koja diktiraju na kojim udaljenostima od ljudi i objekata se smiju izvoditi operacije, na kojim

visinama, u kojim uvjetima i slično. Iako je integracija u nekontrolirani zračni prostor lakši zadatak nego integracija u kontrolirani zračni prostor, stvorili su se bitni temelji za daljnje korake u integraciji.

Činjenica da se u kontroliranom zračnom prostoru odvijaju mnogobrojne operacije zrakoplova s posadom čini integraciju dronova složenijom. Zbog toga se treba intenzivno raditi na razvoju komunikacijske, navigacijske i nadzorne opreme za bespilotne letjelice. Kontrola zračnog prometa ne može na isti način komunicirati sa pilotom konvencionalnog zrakoplova i bespilotnom letjelicom, što predstavlja glavni problem u integraciji. Zrakoplovne vlasti i kontrole zračnog prometa rade na rješavanju tog problema kako bi se u bliskoj budućnosti mogle početi izvoditi prve operacije dronova u kontroliranom zračnom prostoru. Pritom je najbitnije održati razinu sigurnosti za sve korisnike zračnog prostora.

Modernizacijom komunikacijskog sustava postići će se kompatibilnost u komunikaciji kontrole zračnog prometa sa svim sudionicima u prometu, što je temelj za daljnji razvoj integracije. Nakon toga, uslijedit će transformacija upravljanja zračnim prometom, u smislu povećanja kapaciteta, odnosno broja operacija svih vrsta letjelica u zračnom prostoru. Daljnjim razvojem tehnologije dronova i tehnologije zemaljskih sustava za komunikaciju, nadzor, navigaciju i upravljanje postići će se stanje potpune integracije dronova u kontrolirani zračni prostor.

Danas, svi procesi i projekt integracije dronova u kontrolirani zračni prostor konstantno napreduju. Što znači da se provode sva potrebna testiranja i donose regulative koje će određivati izvođenje operacija. Potpuna integracija donijet će mnogobrojne pozitivne utjecaje na razvoj zrakoplovstva i drugih gospodarskih sektora, ali bitno je i dalje raditi na usavršavanju sustava i podizanju razine sigurnosti kako bi u budućnosti zračni prostor bio potpuno siguran, fleksibilan i efikasan za sve korisnike.

Popis literature

- [1] Interesting engineering: „A Brief History of Drones: The Remote Controlled Unmanned Aerial Vehicles (UAVs)“; Dostupno na: <https://interestingengineering.com/a-brief-history-of-drones-the-remote-controlled-unmanned-aerial-vehicles-uavs> (pristupljeno: svibanj 2019.)
- [2] De Havilland Aircraft Museum: Queen Bee; Dostupno na: <http://www.dehavillandmuseum.co.uk/aircraft/de-havilland-dh82b-queen-bee/>, (pristupljeno: svibanj, 2019.)
- [3] Drone enthusiast: „The History Of Drones (Drone History Timeline From 1849 To 2019)“; Dostupno na: <https://www.dronethusiast.com/history-of-drones/> (pristupljeno: svibanj 2019.)
- [4] M. Arjomandi, „Classification of Unmanned Aerial Vehicles“, The University of Adelaide, Adelaide, Australija, 2008.
- [5] Pravilnik o sustavima bespilotnih zrakoplova; Dostupno na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015_05_49_974.html (pristupljeno: svibanj 2019.)
- [6] S. Gupta, M. Ghonge, P.M. Jawandhiya: "Review of Unmanned Aircraft System (UAS)", International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET), volume 2, issue 4, 2013.
- [7] P. Boucher, "Domesticating the Drone: The Demilitarisation of Unmanned Aircraft for Civil Markets", Science and Engineering Ethics, volume 21, issue 6, 2015.
- [8] B. de Miguel Molina, M. Segarra Oña: "The Drone Sector in Europe", Universitat Politècnica de València, Valencia, Spain, 2018.
- [9] B. Canis, "Unmanned Aircraft Systems (UAS): Commercial Outlook for a New Industry", Congressional Research Service, SAD, 2015.
- [10] CBINSIGHTS: "Drone impact on society"; dostupno na: <https://www.cbinsights.com/research/drone-impact-society-uav/>. (pristupljeno: svibanj 2019.)
- [11] New Atlas: Tree planting drone; Dostupno na: <https://newatlas.com/tree-planting-drones-droneseed/45259/>, (pristupljeno: svibanj 2019)

- [12] SESAR-JU: "European Drones Outlook Study: Unlocking the value for Europe", 2016.
- [13] International Civil Aviation Organization Annex 11 to the Convention on International Civil Aviation - Air Traffic Services, International Civil Aviation Organization, 2001.
- [14] Ehpu: Airspace; Dostupno na: http://www.ehpu.org/images/airspace_klein.gif, (pristupljeno: lipanj 2019)
- [15] European Organization For The Safety Of Air Navigation, „EUROCONTROL Manual for Airspace Planning“, EUROCONTROL, 2003.
- [16] Donji zračni prostor Europe, Dostupno na: <http://harekatmemuru.com/resimler/fir/fir1.png>, (pristupljeno: lipanj 2019)
- [17] T. Mihetec, „Upravljanje zračnom plovidbom“, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, 2014.
- [18] International Virtual Aviation Organisation; Dostupno na: <https://hr.iviao.aero/download/LoA%20LOVV-LDZO%20Final.pdf> (pristupljeno: kolovoz 2019.)
- [19] Crocontrol: Dio zračnog prostora RH; Dostupno na: http://www.crocontrol.hr/UserDocsImages/AIS%20produkti/VFR%20karta/VFR_25APR2019-sektor-S2.pdf, (pristupljeno: lipanj 2019)
- [20] http://www.crocontrol.hr/UserDocsImages/SUZP/ACC_Zagreb_AoR.jpg
- [21] International Civil Aviation Organization, „Unmanned Aircraft Systems (UAS), Circular 328“, International Civil Aviation Organization , 2011.
- [22] NASA i FAA, "UAS Traffic Management RTT Plan", 2017.
- [23] P. Kopardekar, J. Rios, T. Prevot, M. Johnson, J. Jung, J. E. Robinson, "Unmanned Aircraft System Traffic Management (UTM) Concept of Operations", 16th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference, Washington, D.C., 2016.
- [24] P. Kopardekar, "Unmanned Aerial System (UAS) Traffic Management (UTM): Enabling Low-Altitude Airspace and UAS Operations", NASA, 2014.

- [25] EUROCONTROL; Dostupno na: <https://www.eurocontrol.int/articles/who-we-are>. (pristupljeno: lipanj 2019.)
- [26] European Union Aviation Safety Agency; Dostupno na: <https://www.easa.europa.eu/the-agency/the-agency>. (pristupljeno: lipanj 2019.)
- [27] SESARJU; Dostupno na: <https://www.sesarju.eu/discover-sesar/history>. (pristupljeno: lipanj 2019.)
- [28] European Union Aviation Safety Agency: "Civil drones (Unmanned aircraft)"; Dostupno na: <https://www.easa.europa.eu/easa-and-you/civil-drones-rpas#main-content>. (pristupljeno: lipanj 2019.)
- [29] Skybrary: "Regulativa 2018/1139"; Dostupno na: https://www.skybrary.aero/index.php/Regulation_2018/1139_-_Common_Rules_in_the_Field_of_Civil_Aviation_and_Establishing_EASA#Further_Reading. (pristupljeno: lipanj 2019.)
- [30] Europska Unija: "Registar delegiranih aktova"; Dostupno na: <https://webgate.ec.europa.eu/regdel/#/delegatedActs/1202>. (pristupljeno: lipanj 2019.)
- [31] Europska Unija, "European Commission adopts rules on operating drones"; Dostupno na: https://ec.europa.eu/transport/modes/air/news/2019-05-24-rules-operating-drones_en. (pristupljeno: lipanj 2019.)
- [32] Europska Unija, "Commission Implementing Regulation (EU) 2019/947 of 24 May 2019 on the rules and procedures for the operation of unmanned aircraft", Official Journal of the European Union, 2019.
- [33] SESARJU, „European ATM Master Plan: Roadmap for the safe integration of drones into all classes of airspace“, 2018.
- [34] SESARJU, „U-space Blueprint“, 2017.
- [35] SESARJU, "Concept of Operations for European UTM Systems - CORUS"; Dostupno na: <https://www.sesarju.eu/projects/corus>. (pristupljeno: lipanj 2019.)
- [36] SESARJU, "Drone Critical Communications - DroC2om" Dostupno na: <https://www.sesarju.eu/projects/droc2om>. (pristupljeno: lipanj 2019.)

- [37] SESARJU, "Information Management Portal To Enable The Integration of Unmanned Systems - IMPETUS"; Dostupno na: <https://www.sesarju.eu/projects/impetus>. (pristupljeno: lipanj 2019.)
- [38] SESARJU, "Drone European AIM Study - DREAMS"; Dostupno na: <https://www.sesarju.eu/projects/dreams>. (pristupljeno: lipanj 2019.)
- [39] SESARJU, "Technological European Research for RPAS in ATM - TERRA"; Dostupno na: <https://www.sesarju.eu/projects/terra>. (pristupljeno: lipanj 2019.)
- [40] SESARJU, "Ground BAsed Technologies for a Real-time Unmanned Aerial System Traffic Management System (UTMS) - CLASS"; Dostupno na: <https://www.sesarju.eu/projects/class>. (pristupljeno: lipanj 2019.)
- [41] SESARJU, "Sense and Avoid Technology for small drones - PercEvite"; Dostupno na: <https://www.sesarju.eu/projects/percevite>. (pristupljeno: lipanj 2019.)
- [42] SESARJU, "SECOPS – Security COncpts for drone OperationS"; Dostupno na: <https://www.sesarju.eu/projects/secops>. (pristupljeno: lipanj 2019.)
- [43] SESAJU, "PODIUM – Proving Operations of Drones with Initial UTM"; Dostupno na: <https://www.sesarju.eu/projects/podium>. (pristupljeno: lipanj 2019.)
- [44] Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo: Letačke operacije sustavim bespilotnih zrakoplova; Dostupno na: https://www.ccaa.hr/hrvatski/faq-uas_377/ (Pristupljeno: kolovoz 2019.)
- [45] Pravilnik o sustavima bespilotnih zrakoplova, Dodaci 1-5; <https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/dodatni/435818.pdf> (pristupljeno: kolovoz 2019.).
- [46] AMC Portal: Informacije; Dostupno na: <https://amc.crocontrol.hr/Informacije> (pristupljeno: kolovoz 2019.)
- [47] AMC Portal, Dokumenti: Pravila I postupci; Dostupno na: https://amc.crocontrol.hr/Portals/0/Slike_Vijesti/Dokumenti/Pravila%20i%20post-upci%20AMC%20Portal.pdf (pristupljeno: kolovoz 2019.)
- [48] AMC Portal, Karta stanja; Dostupno na: <https://amc.crocontrol.hr/Current-situation-anonymous-users> (pristupljeno: kolovoz 2019.)

[49] EUROCONTROL, "Holistic airspace risk assesment will be key to assuring UAS safety" Skyway, spring/summer 2018.

Popis kratica

ADS-B - Vrsta identificirajuće tehnologije - engl. Automatic Dependent Surveillance – Broadcast

AIM – Priručnik aeronautičkih informacija – engl. Aeronautical Information Manual

AMC - Prihvatljiva sredstva usklađenosti – engl. Acceptable Means of Compliance

ATM – Upravljanje zračnim prometom – engl. Air Traffic Management

ATZ - Aerodromska prometna zona - engl. Aerodrome Traffic Zone

BVLOS – izvan vidnog polja - engl. Beyond Visual Line Of Sight

CLASS - projekt ujedinjenja postojećih tehnologija upravljanja zračnim prometom bespilotnih letjelica engl. Clear Air Situation for uas

Com/Nav – Komunikacija/NAvigacija – engl. Communicatio/Navigation

CORUS - koncept rada europskog sustava upravljanja zračnim prometom bespilotnih letjelica – engl. Concept of Operations for European UTM Systems

CPDLC – sustav komunikacije između pilota i kontrolora zračnog prometa - engl. Controller-Pilot Data Link Communications

CTA - Kontrolirani zračni prostor – engl. Control Area

CTR - Kontrolirane zone zračne luke - engl. Control Zone

CWG - Grupa za koncepte i scenarije - engl. Concept & Use Cases

DAA – sustav za otkrivanje i izbjegavanje – engl. Detect and Avoid

DREAMS – projekt analiziranja trenutnog stanja i buduće potrebe za aeronautičkim informacijama - engl. Drone European AIM Study

DroC2om – sustav za definiranje integriranih specifikacija podatkovne veze za satelitske sustave – engl. Drone Critical Communications

DWG - grupa za razmjenu podataka i informacijsku arhitekturu - engl. Data Exchange & Information Architecture

EASA – Europska agencija za sigurnost zračnog prometa - engl. European Aviation Safety Agency

FAA – Savezna uprava za civilno zrakoplovstvo - engl. Federal Aviation Administration

FIR - Područja letnih informacija - Flight Information Region

FL – razina leta – engl. Flight Level

GM - Vodič - engl. Guidance Material

GPS – Globalni sustav za pozicioniranje – engl. Global Positioning System

ICAO – Međunarodna organizacija za civilno zrakoplovstvo – engl. International Civil Aviation Organization

IMPETUS - projekt analiziranja potreba za upravljanjem informacijama o operacijama bespilotnih letjelica u najnižem sloju zračnog prostora - engl. Information Management Portal To Enable The Integration of Unmanned Systems

IFR – letenje pomoću instrumenata – engl. Instrument Flight Rule

IOT - Internet-of-Things

ISTAR - Inteligentne, nadzorne, izviđačke i letjelice za ciljanje – engl. Inteligentne, nadzorne, izviđačke i letjelice za ciljanje

JMP - plan za zajedničko upravljanje - engl. Joint Management Plans

LTE – bežična telekomunikacijska tehnologija – engl. Long Term Evolution

LVC - simulacije uživo, virtualne i konstruktivne - engl. Live, Virtual, Constructive

NASA – Američka državna uprava za zrakoplovna i svemirska istraživanja - engl. National Aeronautics and Space Administration

PODIUM – projekt za provođenje testiranja i simulacija - engl. Proving Operations of Drones with Initial UTM

RPAS – sustavi bespilotnih letjelica – engl. Remotely Piloted Air System

RPVs - letjelice na daljinsko upravljanje – engl. Remotely Piloted Vehicles

RSTA - Izviđanje i prepoznavanje mete - engl. Reconnaissance Surveillance and Target Acquisition

RTT - tim za istraživanje i tranziciju - engl. Research Transition Team

SAA - sustav za otkrivanje i izbjegavanje – engl. 'Sense-and-Avoid

SAR – Radar za nadzor - engl. Surveillance for peacetime and combat Synthetic Aperture Radar

SARP - Standardi i preporučene prakse - engl. Standard and Recommended Practices

SATCOM – satelitska komunikacija – engl. Satellite Communications

SECOPS – sustav za analizu operativnog okruženja - engl. Security Concepts for drone Operations

SESAR – sustav upravljanja jedinstvenim europskim nebom – engl. Single European Sky ATM Research

SESARJU – Zajednički sustav za upravljanje jedinstvenim europskim nebom - engl. Single European Sky ATM Research Joint Undertaking

SORA - opis metodologije procjene rizika - engl. Specific Operation Risk Assessment

TCL – Razine tehničkih mogućnosti - engl. Technical Capability Levels – TCL

TERRA – sustav za analizu operacija dronova u najnižem sloju zračnog prostora – engl. Technological European Research for RPAS in ATM

TMA – Završne kontrolirane oblasti – engl. Terminal Maneuvering Area

TRA – Privremeno rezervirano područje – engl. Temporary Reserved Area

TSA - Privremeno izdvojeno područje – engl. Temporary Segregated Area

UAV – bespilotna letjelica – engl. Unmanned Aerial Vehicle

UCAV - Borbene bespilotne letjelice - engl. Unmanned Combat Aerial Vehicles

UHF – Ultra visoka frekvencija - engl. Ultra High Frequency

UIR – Područja letnih informacija – engl. Upper Flight Information Region

UTM – upravljanje zračnim prometom bespilotnih letjelica - engl. Unmanned Aerial Vehicle Traffic Management

UTMS - upravljanja zračnim prometom bespilotnih letjelica - engl. Unmanned Traffic Management System

UV - bespilotna letjelica – engl. Unmanned Vehicle

VFR – pravila vizualnog letenja – engl. Visual Flight Rules

VHF – vrlo visoka frekvencija – engl. Very High Frequency

VLL – Vrlo niska razina - engl. VLL - Very Low Level

VLOS – unutar vidnog polja - engl. Visual Line Of Sight

VOR – radio-navigacijski uređaj - engl. VHF Omni-Directional Range

VTOL - Bespilotne letjelice s vertikalnim polijetanjem i slijetanjem - engl. Vertical Take-Off and Landing

Popis slika

Slika 1. Queen Bee, [2].....	3
Slika 2. DroneSeed bespilotna letjelica, [11]	16
Slika 3. Klasifikacije zračnih prostora određenih država iz 2006. godine, [14]....	22
Slika 4. Podjela kontroliranog zračnog prostora, [13]	24
Slika 5. Područje pružanja letnih informacija u donjem sloju zračnog prostora, [16]	25
Slika 6. Mreža zračnih putova, [18].....	28
Slika 7. Dio zračnog prostora RH sa posebno reguliranim zonama, [19].....	30
Slika 8. Slojevi zračnog prostora, [20]	32
Slika 9. Potencijalne opasnosti u letu, [21]	35
Slika 10. Sustav komunikacije bespilotnih letjelica sa službama kontrole zračnog prometa i stanicama za upravljanje, [21].....	42
Slika 11. UTM RTT raspored ključnih događaja u implementaciji UTM sustava, [22]	48
Slika 12. Faze i koraci integracije dronova, [34]	62
Slika 13. Faze i koraci integracije dronova, [34]	74

Popis tablica

Tablica 1. Klasifikacija dronova prema težini, [4]	5
Tablica 2. Podjela dronova prema doletu i istrajnosti, [4]	5
Tablica 3. Podjela prema visini leta, [4]	6
Tablica 4. Podjela prema opterećenju krila, [4].....	7
Tablica 5. Tipovi dronova u komercijalnim operacijama, [9]	15
Tablica 6. Klase zračnog prostora, [13]	21
Tablica 7. Kategorije letačkih operacija [45]	68
Tablica 8. Operativni zahtjevi za izvođenje letačkih operacija [45]	69
Tablica 9. Tehnički zahtjevi za izvođenje letačkih operacija [45]	70



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 **Integracija dronova u kontrolirani zračni prostor**

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

Student/ica:

U Zagrebu, 3.9.2019

(potpis)