

Definiranje sigurnosnih događaja kod integracije bespilotnih letjelica u kontrolirani i nekontrolirani zračni prostor

Mežnarić, Marin

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

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:119:158532>

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

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



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Marin Mežnarić

**DEFINIRANJE SIGURNOSNIH DOGAĐAJA KOD
IMPLEMENTACIJE BESPILOTNIH LETJELICA U
KONTROLIRANI I NEKONTROLIRANI ZRAČNI
PROSTOR**

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2021.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

**DEFINIRANJE SIGURNOSNIH DOGAĐAJA KOD
IMPLEMENTACIJE BESPILOTNIH LETJELICA U
KONTROLIRANI I NEKONTROLIRANI ZRAČNI
PROSTOR**

**DEFINING SAFETY OCCURRENCES IN THE
IMPLEMENTATION OF UNMANNED AERIAL
VEHICLES IN THE CONTROLLED AND
UNCONTROLLED AIRSPACE**

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

Student: Marin Mežnarić

JMBAG: 0135224786

Zagreb, 2021.

Sažetak

Završni rad obrađuje sigurnosne prepreke koje se nalaze pred integracijom bespilotnih letjelica u Europi. Povećana upotreba bespilotnih letjelica donosi mnoge rizike na koje organizacije poput Eurocontrol-a, EASA-e, i SESAR JU aktivno utječu kako bi njihova integracija bila što efikasnija. Sustav upravljanja sigurnosti je ključni alat za prepoznavanje sigurnosnih događaja, poput zagušenja zračnog prostora, koji prijete integraciji bespilotnih letjelica, te će se prikazati sigurnosna procjena njihovih operacija. S obzirom na to da se bespilotne letjelice mogu kategorizirati na različite načine, njihova pravila i regulacije bi isto trebale biti specificirane ovisno o kategoriji. SESAR JU je sa svojim partnerima pokrenuo ili planira pokrenuti mnoštvo projekata koje bi razriješile tehničku, regulatornu i problematiku upravljanja zračnim prostorom (eng. Air Traffic Management – ATM) kako bi uspješno obavili integraciju.

KLJUČNE RIJEČI: bespilotna letjelica, integracija, SESAR, sigurnosni događaj, SMS

Summary

This thesis describes safety obstacles that can be found in the process of integrating unmanned aerial vehicles – UAV into the European airspace. Increased usage of the UAVs brings many risk on which organisations such as Eurocontrol, EASA, SESAR JU actively impact so their integration presents efficient. Safety management system – SMS is the key tool for recognising safety occurrences, such as airspace overload, which presents a threat to their integration, and so the safety assessment will be presented in this paper. Regarding that the UAVs can be categorised on variety of ways, their rules and regulations should also be specified according to their category. SESAR JU is along with their partner started working on vast amount of projects that would resolve problems of technical, regulatory or ATM nature, regarding their integration.

KEY WORDS: unmanned aerial vehicle, integration, SESAR, safety occurrence, SMS

SADRŽAJ:

1.	UVOD.....	1
2.	POJAM I NAMJENA BESPILOTNIH LETJELICA	2
2.1.	Povijesni pregled razvoja bespilotnih letjelica	2
2.2.	Klasifikacija bespilotnih letjelica.....	4
2.3.	Kategorizacija operacija bespilotnih letjelica.....	5
2.4.	Primjena bespilotnih letjelica.....	6
2.4.1.	Primjena bespilotnih letjelica u vojne svrhe	7
2.4.2.	Primjena bespilotnih letjelica u civilne svrhe	8
3.	JEDINSTVENO EUROPSKO NEBO I PROJEKTI SESAR-A O INTEGRACIJI BESPILOTNIH LETJELICA U ZRAČNI PROSTOR KONVENCIONALNIH ZRAKOPLOVA	9
3.1.	SESAR.....	10
3.2.	U-space	11
4.	PRINCIPI UPRAVLJANJA ZRAČNIM PROSTOROM S INTEGRIRANIM BESPILOTNIM LETJELICAMA	13
4.1.	Integracija bespilotnih letjelica u nekontrolirani zračni prostor	14
4.2.	Integracija bespilotnih letjelica u kontrolirani zračni prostor	16
5.	DEFINIRANJE SIGURNOSNIH DOGAĐAJA KOJI UTJEČU NA SIGURNOST PROMETA U KONTROLIRANOM I NEKONTROLIRANOM ZRAČNOM PROSTORU	17
5.1.	Sustav upravljanja sigurnosti u zračnom prometu.....	17
5.2.	Procjena rizika operacija bespilotnih letjelica u kontroliranom i nekontroliranom zračnom prostoru	20
5.2.1.	Identifikacija sigurnosnog događaja	21
5.2.2.	Procjena ozbiljnosti rizika.....	22
5.2.3.	Mitigacija rizika.....	24
5.2.4.	Dokumentacija i implementacija	26
5.2.5.	Revizija	26
5.3.	Postojeće stanje sigurnosti operacija bespilotnih letjelica	27
6.	PREGLED SESAR RJEŠENJA ZA SPRJEČAVANJE SIGURNOSNIH DOGAĐAJA	31
6.1.	Integracija bespilotnih letjelica u IFR.....	31
6.2.	Pojačani sustavi detekcije i izbjegavanja za bespilotne letjelice	31
6.3.	Operacije bespilotnih letjelica na tlu	32
6.4.	Pouzdana komunikacije kao osnova sigurnih operacija bespilotnih letjelica	33
7.	ZAKLJUČAK.....	34

POPIS ILUSTRACIJA.....	35
POPIS LITERATURE.....	36

1. UVOD

Posljednjih godina broj sigurnosnih događaja s bespilotnim letjelicama povećao se do neočekivane razine. Male bespilotne letjelice civilne uporabe postaju sve dostupnije za razne komercijalne djelatnosti, a isto tako i široj javnosti do velike mjere. Oni predstavljaju novi rizik ljudima i imovini na zemlji, isto tako kao i zrakoplovnom svijetu u kojem otvaraju nove mogućnosti konflikata. S većom popularnosti bespilotnih letjelica, javlja se i potreba za stvaranjem sustava koji će omogućiti njihove operacije i integraciju na sigurnoj i nesmetanoj razini.

Ovaj rad se sastoji od 5 glavnih poglavlja, od kojih u prvom poglavlju; Pojam i namjena bespilotnih letjelica su definirane vrste bespilotnih letjelica, njihova povijest nastanka i razne njihove klasifikacije. U tom poglavlju je i opisana njihova podjela prema namjeni i ukratko prikazani primjeri njihovih operacija.

U poglavlju Jedinstveno europske nebo i projekti SESAR-a o integraciji bespilotnih letjelica u zračni prostor konvencionalnih zrakoplova opisana su glavna regulatorna tijela i tijela nadležna za omogućavanje integracije bespilotnih letjelica u Europi. U tom poglavlju se opisuje i projekt U-space koji je najvažniji projekt za upravljanje razvojem bespilotnih letjelica u kontroliranom zračnom prostoru.

Poglavlje Principi upravljanja zračnim prostorom s integriranim bespilotnim letjelicama govori o preprekama u standardizaciji regulatornih okvira zračnog prometa i u njemu se navode rješenja upravljanja zračnim prostorom koja se posebno primjenjuju za kontrolirani i nekontrolirani zračni prostor.

U poglavlju Definiranje sigurnosnih događaja koji utječu na sigurnost prometa u kontroliranom i nekontroliranom zračnom prostoru radi se kompletna procjena rizika operacija bespilotnih letjelica u kojoj se definiraju razni pristupi upravljanju rizicima i njihovim rješenjima. Nakon toga se prikazuje trenutno stanje sigurnosti bespilotnih letjelica u europskom zračnom prometu, te navode svi događaji koji bi mogli utjecati na tu sigurnost.

Zadnje poglavlje pod nazivom Pregled SESAR rješenja za sprječavanje sigurnosnih događaja koristi se SESAR Solutions Catalogue i U-space rješenja kako bi se prikazala rješenja do kojih su oni došli kako bi se moglo utjecati na sigurnosne događaje opisane u prethodnom poglavlju. Osim SESAR Master Plana koriste se i

Cilj ovog rada je dati prikaz sigurnosnih događaja kod bespilotnih letjelica u svrhu njihove prevencije i osvrta na ponuđena rješenja koje je SESAR objavio kako bi ih spriječio.

2. POJAM I NAMJENA BESPILOTNIH LETJELICA

Bespilotna letjelica (eng. Unmanned Aerial Vehicle – UAV) ili dron je naprava koja može biti kontrolirana od strane čovjeka (eng. Remotely Piloted Aircraft System – RPAS), ili s određenim stupnjem autonomnosti (kretanje po unaprijed naznačenim putanjama uz davanje osnovnih naredbi o osobe koja upravlja), do potpune autonomnosti u kojoj letjelica sve sama radi bez ikakve intervencije čovjeka. Bespilotne letjelice smatraju se smjerom razvoja modernog zrakoplovstva jer sadrže najnaprednije uređaje u sebi. Definiraju se kao letjelice teže od zraka, pogonjene vlastitim pogonom. U ovom poglavlju će se ukratko opisati njihov razvoj, klasifikaciju, elemente sustava, te njihovu podjelu po namjeni.

2.1. Povijesni pregled razvoja bespilotnih letjelica

Glavni razlog nastanka sustava za upravljanjem letećih objekata je bilo isključenje ljudskih žrtava pri nesreći. Kroz povijest ljudi su imali razne ideje kako izvesti letjelicu u kojoj se ne nalazi čovjek kako bi ju odveli daleko iza neprijateljskih linija u ratovima. Zbog toga su imali i različite nazive poput daljinski upravljane letjelice, letjelice autonomne kontrole, zračni torpedo, letjelica udaljene kontrole.

Koncept bespilotnih letjelica može se spomenuti čak 1849., kada je Austrija napala Veneciju koristeći balone bez posade opremljene s eksplozivom, no prema definiciji navedenoj gore, bespilotna letjelica je teža od zraka, pogonjena vlastitim pogonom. Prema tome moglo bi se reći da su se bespilotne letjelice razvile tek nakon Prvog svjetskog rata. Sav daljnji vijek razvoja bespilotnih letjelica bio je ponajviše definiran ratovima. Američka vojska je napravila letjelicu pod nazivom *Kettering Bug* ili „zračni torpedo“, koji je, kontroliran od žiroskopskih sustava bio korišten kao torpedo, dobivajući uzgon s krilima, lansiran na četiri kotača, letio je određeno vrijeme nakon čega je ugasio motor, otpustio krila i pao vertikalno na tlo detonirajući eksploziv. [1]

U Drugom svjetskom ratu napravljen je „Assault“ dron koji je bio torpedo opremljen eksplozivom. Najznačajnija borbena letjelica te vrste bio je V-1 *Buzz Bomb*. Proizvedeno je preko 25.000 tih letjelica od strane njemačkog zrakoplovnog proizvođača Fieseler. To je bio prvi dron na mlazni pogon s masom većom od 2 tone. Nekolicina njih bila je lansirana s bombardera dok su većina lansirana s prijenosnim tračnicama na zemlji. [2]



*Slika 1 Kattering „Zračni torpedo“ Bug izložen u U. S. Air Force Nacionalnom Muzeju
Izvor [3]*

Uslijed unaprjeđenja uređaja i sustava od navigacije do tehnologije slikanja, Hladni rat je doveo dronove za izviđanje. Osim toga počeli su se i raditi dronovi za ometanje neprijateljskih radara, no oni nisu baš bili isplativi. Dronovi mamci su bili daleko bolje rješenje u to vrijeme. Oponašali bi borbene zrakoplove, otišli bi iza neprijateljske linije i neprijatelj bi potrošio svo protuzračno naoružanje za njih i oslobodio im ulazak u teritorij. [2]

S vremenom se tehnologija razvijala, kompjutorske komponente bile su lakše i manje, većih performansi što je uvelike doprinijelo razvoju bespilotnih letjelica. S tim je došlo i do razvoja boljih senzora i ostalih navigacijskih značajki, poput GPS-a (eng. *Global Positioning System*). [2]

Primjena dronova u civilne svrhe došla je 2010. godine kada je multikopter ušao na široko tržište. Daljnjim rastom i napretkom tehnologije dolaze i potpuno autonomne bespilotne letjelice. One lete unaprijed definiranim rutama i obavljaju sve zadatke bez intervencije operatora. Nedostatak bi im bio jedino to što se može u teoriji kontrola presresti od strane treće osobe i na taj način otet dron. Taj bi se problem riješio implementacijom umjetne inteligencije, ali onda je teško definirati područje odgovornosti za taj let. [2]

2.2. Klasifikacija bespilotnih letjelica

Klasifikacija bespilotnih letjelica gotovo je jednaka kao i za one s letačkom posadom. Možemo ih podijeliti prema namjeni, masi, načinom dobivanja uzgona i doletom, odnosno istrajnosti. Osnovna podjela bila bi ona prema namjeni, koju dijelimo na civilne i vojne. Civilni se dalje mogu podijeliti na komercijalnu i nekomercijalnu upotrebu.

S obzirom na to da zakonski okvir koji definira karakteristike i uporabu bespilotnih letjelica ne postoji, isto tako ne postoji opće prihvaćena klasifikacija istih. Međutim kako bi proizvođači mogli lakše napraviti i lokalno zakonodavstvo lakše i učinkovitije provodilo zakone i regulative postoje razne podjele prema karakteristikama i performansa bespilotnih letjelica.

Prva je podjela po masi. Veći dio bespilotnih letjelica pripada laganim kategorijama dok samo njih par idu preko 2 tone što pripada u super tešku kategoriju što se vidi u tablici 1. [4]

Tablica 1. Klasifikacija bespilotnih letjelica po masi

Klasifikacija po masi		
Oznaka	Raspon mase [kg]	Primjer
Super teški dronovi	>2.000	Global Hawk
Teški dronovi	200-2.000	Outrider, Fire Scout
Srednje teški dronovi	50-200	Raven, Phoenix
Lagani dronovi	5-50	RPO Midget
Micro dronovi	<5	Dragon Eye

Izvor [4]

Možemo ih klasificirati i po doletu i istrajnosti, što možemo svrstati u jednu kategoriju jer su te dvije karakteristike jednoznačno povezane. To je bitna klasifikacija koja pokazuje koliko često mora letjelica slijetati radi punjenja odnosno koliko operacija može obaviti u jednom punjenju. Klasifikacija prema doletu i istrajnosti se može vidjeti u tablici 2.

Tablica 2 Klasifikacija bespilotnih letjelica po doletu i istrajnosti

Kategorija	Dolet [km]	Istrajnost	Primjer
Visoko	> 1.500	> 24 sata	Predator B
Srednji	100 – 400	5 - 24 sati	Silver Fox
Niski	< 100	< 5 sati	Pointer

Izvor: [4]

Podjela bespilotnih letjelica prema plafonu leta je također bitna i to posebno u vojnoj primjeni kada letjelica treba nadvisiti neke obrambene sustave i prošla bez detekcije ili prilikom slikanja terena kako bi obuhvatila što širi kut slikanja, i ona slijedi u tablici 3.

Tablica 3 Klasifikacija bespilotnih letjelica po plafonu leta

Visina	Plafon [m]	Primjer
Niska	Do 1.000m	Pointer
Srednja	1.000 – 10.000	Finder
Velika	> 10.000	Darkstar

Izvor [4]

2.3. Kategorizacija operacija bespilotnih letjelica

Prema Regulaciji (EU) 2019/947, koja je na snazi od 31. prosinca 2020., operacije civilnih bespilotnih letjelica podijeljene su na tri skupine: otvorena kategorija, posebna kategorija i certificirana kategorija. One se dijele na temelju kriterija razine rizika i sigurnosnih uvjeta. [6]

Otvorena kategorija se odnosi na bespilotne letjelice čije operacije uzrokuju nisku razinu rizika. To su uglavnom civilni dronovi rekreativne uporabe. Ona ne zahtijeva autorizaciju nadležnih zrakoplovnih vlasti, uzevši u obzir da letjelica ima sve uvijete da obavi određenu operaciju. Uvjeti operacija otvorene kategorije su da je najveća dopuštena masa pri polijetanju manja od 25 kilograma, operator ne upravlja iznad mnoštva ljudi, se na visini do 120 metara i uz konstantnu optičku vidljivost letjelice, i ne prevozi se nikakva opasna roba letjelicom. [7] Otvorena kategorija je podijeljena na tri potkategorije koje se odnose na letačko područje gdje obavljaju svoje operacije:

- A1: operacije iznad ljudi, ali ne iznad mnoštva ljudi
- A2: operacije u relativnoj blizini ljudi
- A3: operacije daleko od ljudi [5]

Posebna kategorija operacija dronova su one koje izlaze iz okvira ograničenja propisanih otvorenom kategorijom. U to ulaze uvjeti: let izvan područja optičke vidljivosti, na visini većoj od 120 metara, let dronom težim od 25 kilograma, i sa svrhom izbacivanja materijala. [6]

Certificirana kategorija operacija dronova spada u operacije za čije se izvođenje rizici umanjuju certifikacijom plovidbenosti zrakoplova, certifikacijom operatera, licenciranjem udaljenih pilota. Služi za dronove iznad 3 metra, prijevoz ljudi ili prijevoz opasnih roba. [6]

2.4. Primjena bespilotnih letjelica

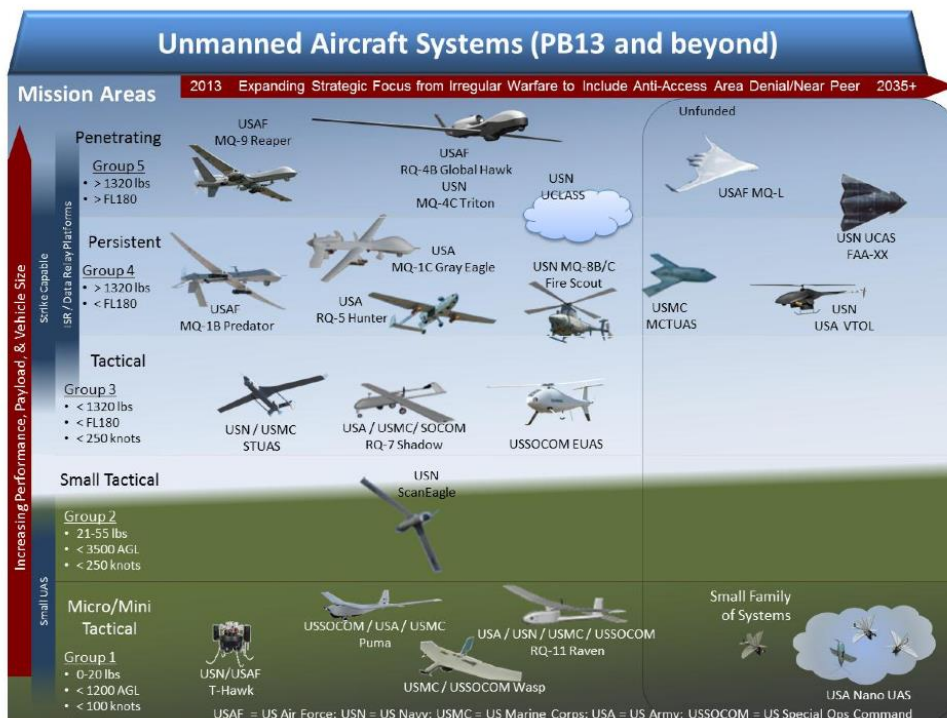
Kako je već navedeno u poglavlju 2.1, ratovi su bili pokretači i motivatori za razvoj tehnologije u svijetu. Razvoj bespilotnih letjelica je uvelike potaknut time. Posljednjih 10 godina bespilotne letjelice se koriste sve više u civilne svrhe. Osim kompleksnih vojnih misija, sustavi za upravljanje i stabilnost omogućuju uporabu vrlo malih i jednostavnih letjelica od kojih su najkorišteniji „Quadcopteri“ čiji se primjer može vidjeti na slici 2.



Slika 2 DJI MAVIC AIR 2 quadcopter s integriranom kamerom
Izvor [8]

2.4.1. Primjena bespilotnih letjelica u vojne svrhe

Kroz povijest, bespilotne letjelice su se u vojne svrhe koristile kroz operacije izviđanja, špijunaže i kao projektili. Kasnije bespilotne letjelice su analogno s dostupnom tehnologijom dobivale nove uloge. Počele su se koristiti kao mamci za neprijateljsku protuzračnu obranu, pomoć u traganju i spašavanju, mete za vježbu vojnih lovaca. Bespilotne letjelice koje se koriste u vojne svrhe dijele se prema veličini, operativnoj funkcionalnosti i prema razini njihove autonomnosti. Podjela po veličini koju je izradila Američka vojska i prihvatio NATO¹, prikazana na slici, kaže da se bespilotne letjelice vojne namjene dijele na 5 različitih grupa: Male-*Micro/Mini*, Male taktičke-*Small Tactical*, Taktičke-*Tactical*, *Uporne-Persistent*, Penetrirajuće-*Penetrating*. [9]



Slika 3 Podjela bespilotnih letjelica po veličini s primjerima
Izvor [9]

¹ North Atlantic Treaty Organisation

2.4.2. Primjena bespilotnih letjelica u civilne svrhe

Korištenje bespilotnih letjelica u civilne svrhe možemo podijeliti na one rekreacijske svrhe i one poslovne svrhe. Kako za letenje ima sve više simpatizera, a tehnologija i način upravljanja postali su vrlo jednostavni puno se ljudi okreće hobiju korištenja dronova.

Osim povećane uporabe dronova u rekreacijske svrhe, pokazali su se vrlo korisnima i u posebnim operacijama poput pomoći u prirodnim katastrofama, gašenju požara, poljoprivredi, ili bilo kakvoj dostavi dobara putem zraka.

Većina dronova upotrebljivanih u civilne svrhe su mali, s maksimalnom težinom uzlijetanja manjom od 150kg. Uglavnom se lete unutar područja optičke vidljivosti.

Trenutno najviše dronova u civilnoj uporabi se koristi za zabave, odnosno hobije. Uglavnom za utrke, snimanje slika ili video sadržaja što omogućuju dronovi s integriranom kamerom. Najpoznatiji proizvođač takvih dronova je DJI, i njihov najpoznatiji model Mavic Air 2 može se vidjeti na slici 2. Razvojem takvih kvalitetnijih dronova i mogućnosti integriranja kamere visoke rezolucije, počinju se koristiti i na profesionalnoj razini za snimanje filmova. U današnje vrijeme je već potpuno normalno da svaki tim kamermana u snimanju filma ima barem jednog operatora bespilotne letjelice. To otvara velik broj mogućnosti pri snimanju zahtjevnih scena. Osim toga na sportskim natjecanjima bilo je nemoguće staviti kamermana koji bi snimao natjecatelje po terenu i tako potencijalno ugrožavao natjecanje, zato je sve učestalije, posebno na nogometnim utakmicama, korištenje drona koji ima mogućnost dinamičkog praćenja sa stabilizirajućom kamerom. Graditelji imaju mogućnost korištenja dronova za nadzor projekata na gradilištu u kojim bi u kratkom vremenu mogli skupiti puno informacija o napretku na terenu. U istu svrhu koriste se i dronovi za inspekciju infrastrukture poput dalekovoda, plinovoda, tornjeva ili vjetroturbina. Tim načinom se ostvaruje puno veći učinak inspekcije uz veliku uštedu vremena.

3. JEDINSTVENO EUROPSKO NEBO I PROJEKTI SESAR-A O INTEGRACIJI BESPILOTNIH LETJELICA U ZRAČNI PROSTOR KONVENCIONALNIH ZRAKOPLOVA

Pružanje usluga kontrole zračne plovidbe javni je interes koji je prepušten na odgovornost svake zemlje zasebno. Zbog toga u Europi postoji velik broj centara oblasne kontrole, jedinica prilazne kontrole i kontrolnih tornjeva. Tako je isto i u ostatku svijeta.

Zrakoplovstvo općenito se jako oslanja na međunarodnu suradnju i komunikaciju. Šezdesetih godina prošlog stoljeća, Eurocontrol² je osnovan kako bi bio podrška tim potrebama. Kroz vrijeme promet je neprestano rastao, a kapaciteti se nisu pretjerano mijenjali. Zagušenost zračnog prostora počeo je biti problem svih sudionika u zračnom prometu. Kao odgovor na to, Europska Komisija je 1999. započela inicijativu o Jedinstvenom Europskom Nebu – SES³. Ta inicijativa bi trebala osigurati da zračni promet nastavi biti odvijan sigurno, redovito i protočno. Glavni cilj SES-a bio bi osigurati visoke standarde, standardizirane i usvojene po cijeloj Europi, kako bi se povećao kapacitet i smanjila cijena pružanja usluga u zračnoj plovidbi. [10]

Regulatorni okviri SES-a nalaze se u paketu legislativa usvojenim 2004., koji povećava razinu sigurnosti i nalaže rekonstrukciju europskog zračnog prostora i navigacijskih usluga, i povećanje kapaciteta, a sastoji se od 4 osnovne regulacije:

- EC No 549/2004 – postavljanje regulatornih okvira kreiranja Jedinstvenog Europskog Neba
- EC No 550/2004 – regulacije oko pružanje navigacijskih usluga
- EC No 551/2004 – organizacija i uporaba zračnog prostora
- EC No 552-2004 – interoperabilnost mrežnih funkcija [11]

² Europska Organizacija za Sigurnost Zračne Navigacije (eng. The European Organisation for the Safety of Air Navigation)

³ Jedinstveno Europsko Nebo (eng. Single European Sky)

3.1. SESAR

SESAR⁴ je projekt koji je pokrenut 2004., kao tehnološki stup Jedinstvenog Europskog Neba. Njegova uloga je definirati, razviti i postaviti u upotrebu sve što je potrebno kako bi se povećale performanse upravljanja zračnim prostorom. Zbog opreme i sustava koji ograničavaju performanse ATM-a, cilj SESAR-a je osmisliti nove tehnologije koje će omogućiti povećanu potražnju zračnog prometa. [12]

SESAR JU⁵ nastaje 2007. kao partnerstvo privatnih i javnih sektora odgovornih za koordinaciju i okupljanje svih istraživanja u Europskoj Uniji u području upravljanja zračnim prostorom kao dio SESAR programa. Osnivano je od strane Eurocontrol-a i Europske Komisije i danas udružuju broje mnoge partnere koje uključuju pružatelje usluga zračne plovidbe, proizvođače u zrakoplovnoj industriji i druga zakonodavna i operativna tijela bitna za europski zračni promet. [13]

Ciklus rada SESAR-a je podijeljen u 3 faze: faza definicije, faza razvoja i validacije, faza implementacije. U fazi definicije temeljni dokument je ATM Master Plan. To je alat s kojim se određuju prioritetu u modernizaciji ATM-a, osiguravajući da rješenja SESAR-a postanu stvarnost. U njemu su definirani prioriteti razvoja i uspostavljene različite tehnološke faze razvoja. U fazi razvoja i validacije SESAR gura te ideje u simulacije i onda ih pomiče u upotrebu i stvarnim operacijama zrakoplova. Završni proizvod te faze je poznat kao SESAR rješenje, koje nakon što je izrađeno je spremno za upotrebu u industriji. Faza implementacije je upotreba SESAR-ovih rješenja kao odgovor na individualne potrebe raznih sudionika zračnog prometa kako bi europski ATM sustav imao optimalniji napredak. [13]

⁴ ATM istraživanje Jedinstvenog Europskog Neba (eng. Single European Sky ATM Research)

⁵ Single European Sky ATM Research Joint Undertaking

3.2. U-space

Europska Komisija je 2016., pokrenula inicijativu za sigurnu integraciju bespilotnih letjelica u zračni prostor pod nazivom U-space. To je skup usluga i procedura koje se oslanjaju na visoku razinu digitalizacije i automatizacije funkcija koje će pružati siguran i efikasan pristup zračnom prostoru velikoj količini bespilotnih letjelica. Omogućava razvitak rutinskih operacija bespilotnih letjelica i omogućit će kompleksne operacije s velikim stupnjem automatizacije u svim klasama zračnog prostora i operativnim okruženjima. SESAR JU je zadužen za koordinaciju svih istraživanja i postupaka razvoja vezanih za U-space i integraciju dronova. [14]

Koncept U-space-a je temeljen oko skupa usluga koje su osnovane na bazi razine automatizacije nazvani U1, U2, U3 i U4. Svaka usluga sadrži nove komponente i poboljšane verzije usluga prethodnih.

U1 predstavlja temeljne usluge poput e-registracije bespilotnih letjelica ili e-identificiranja. Ciljevi ovih usluga su identifikacija bespilotnih letjelica i obavještanje njihovih operatora o ograničenjima zračnih prostora u kojima se nalaze. [15]

U2 predstavlja temeljni sklop usluga za sigurno upravljanje operacijama bespilotnih letjelica i primarnu razinu komunikacije s ATM sustavom i pripadajućim sučeljem. U nekim slučajevima moći će se iskoristiti postojeća infrastruktura ATM-a, no nadolazećom tehnologijom moći će se otvoriti nove prilike za načinima komunikacije. Domet operacija na VLL bit će povećan i uključit će neke operacije u kontroliranom zračnom prostoru. Letovi bespilotnih letjelica neće nužno više se razmatrati kao svaki slučaj zasebno, već će se neke moći smatrati kao rutinske operacije uz određene restrikcije. [15]

U3 će se razvijati na iskustvu i praksi temeljenoj na U2 i otvorit će nove mogućnosti za upotrebom u područjima velike prometne zagušenosti i kompleksnosti. U ovom koraku se očekuje najveći porast kapaciteta operacija dronova, pogotovo u urbanim područjima zbog novih i pouzdanijih načina komunikacije i sučelja za komunikaciju s ATM, kontrolom leta ili konvencionalnim zrakoplovstvom. [15]

U4 se fokusira na usluga koje sadrže integrirana sučelja za komunikaciju s kontrolom leta i konvencionalnim zrakoplovima koja su potpuno automatizirana i to se očekuje kada se U3 treba zamijeniti novijim uslugama u novom razdoblju tehnološkog pomaka, a njena vremenska predviđanja mogu se vidjeti u slici 4. [15]



*Slika 4 grafički prikaz opsega U-space usluga
izvor [12]*

Analiza istraživačkih aktivnosti U-space operacija pokazala je da je SESAR JU uspio između 2017. i 2021. pokriti sve U1 usluge i skoro sve U2 usluge. Kroz SESAR projekte moguća je i tranzicija na U3, no još je nevidljiva budućnost potpune automatizacije i samostalne autorizacije letenja (U4). [16]

4. PRINCIPI UPRAVLJANJA ZRAČNIM PROSTOROM S INTEGRIRANIM BESPILOTNIM LETJELICAMA

Bespilotne letjelice zbog svoje široke primjene sve su češća pojava u zračnom prostoru. Većina njih obavlja sve svoje poslove na najnižim visinama, odnosno u nekontroliranom zračnom prostoru. S razvojem autonomnosti i pouzdanosti bespilotnih letjelica, u današnje vrijeme moguć je let bespilotne letjelice unutar kontroliranog zračnog prostora. Za kontrolirani i nekontrolirani zračni prostor potrebno je razviti regulatorne sustave koji određuju pravila letenja bespilotnih letjelica. Za nekontrolirani zračni prostor, odnosno najniži sloj letenja, već postoje regulative, dok za kontrolirani zračni prostor su u razvoju.

Potrebno je provesti velik broj istraživanja, testiranja i simuliranja za uspješnu integraciju dronova zato što vanjski utjecaji imaju velik učinak na let. Zato nadležne vlasti poput EUROCONTROL-a, provode brojna istraživanja kako bi se integracija dronova mogla ostvariti što brže i sigurnije.

Integracija dronova najviše bi imala utjecaj na vrlo nisku razinu leta (VVL⁶). Za takve operacije, mnogo stvari u tehnološkom i proceduralnom spektru zahtijevaju daljnji razvoj i to leži u konceptu U-space. Kako bi se operacije mogle svesti na najsigurniju i najefikasniju razinu potrebno je podići razinu automatizacije. Za to moramo iskoristiti suvremene novitete u tehnologiji poput umjetne inteligencije, *Internet-of-things*⁷ (IOT), 5G mreže, uzevši u obzir mogućnost hakiranja odnosno ulaganja u cyber sigurnost.

⁶ Vrlo niska razina leta (eng. Very Low Level)

⁷ Hrv: Internet stvari. Označava povezivanje uređaja putem interneta u kojoj označava mrežnu infrastrukturu u kojoj su sve fizičke i virtualne stvari nevidljivo integrirane i neprestano komuniciraju

4.1 Integracija bespilotnih letjelica u nekontrolirani zračni prostor

Kada pričamo o letenju dronova u nekontroliranom zračnom prostoru, najčešće se radi o relativno malim daljinski upravljanim letjelicama (RPAS⁸). U tom slučaju operator ima kontrolu nad letjelicom i neposredno je odgovoran za izbjegavanje prepreka i sprječavanje konflikata. U drugom slučaju dronovi imaju određen stupanj autonomnosti i njima se treba dati posebna pozornost. Za potrebe obavljanja sigurnih i efikasnih operacija takvih dronova potrebno je razviti tehnologije detekcije i izbjegavanja koja će dodatno korigirati putanju letjelice u slučaju prepreke. Međutim ta tehnologija mora biti otporna na nezakonita ometanja.

Sve bespilotne letjelice moraju izvoditi svoje operacije po ICAO standardima. Njihova integracija mora se provesti sljedeći pravila koja vrijede i za konvencionalne zrakoplove, prema ICAO Annex-u 2 i iz tog razloga za svaki let UAS mora imati pilota odgovornog za taj let. Iako pilot može uključiti autopilot kako bi mu pomogao izvršiti neke dužnosti, u ni jednom slučaju tehnologija ne smije zamijeniti odgovornost koja je dana pilotu/operatoru. [11]

Sustav za detekciju i izbjegavanje mora zadovoljiti određene uvjete koji ovise o tipu i lokaciji odvijanja operacije drona. U ICAO Cir 238 navedeni su ti uvjeti redom:

- Prepoznati i raspoznati aerodromske znakove, oznake i svjetla
- Prepoznati/interpretirati vizualne signale
- Prepoznati i izbjeći teren
- Prepoznati i izbjeći vremenske nepogode
- Održavanje konstantnog razmaka od baze oblaka
- Pružanje mogućnosti vizualne separacije od drugih zrakoplova ili vozila
- Izbjeći sudare. [11]

Zrakoplovna industrija će se i dalje suočavati s velikim izazovom u razvoju ekonomski isplativih rješenja detekcije i izbjegavanja, kako bi ispunili očekivanja sigurnosne pouzdanosti. Do sada takvi sustavi nisu još dovoljno razvijeni kako bi se potpuno autonomne letjelice mogle integrirati u nekontrolirani zračni prostor. Privremeno rješenje bi moglo biti autorizacija dostupnih tehnologija na određenim geografskim točkama, klasama zračnog prostora ili uvjetima vidljivosti, područjima sam malom gustoćom prometa gdje ne bi mogli

⁸ Daljinski upravljana letjelica (eng. Remotely Piloted Aircraft System)

ugroziti sigurnost, odnosno ograničiti uporabu te tehnologije na mjestima gdje njihove performanse nisu zadovoljavajuće.

Kako bi bespilotna letjelica dobila certifikat o plovidbenosti i ostale licence, mora imati redundantne sustave na sebi poput radionavigacijskih uređaja, nadzornih sustava i sustava za komunikaciju. Sve komponente bespilotne letjelice moraju biti ispravne i imati jednaku ili veću razinu redundancije od one sa zrakoplovom s posadom. Isto vrijedi i za radionavigacijske sustave, te opremu za navigaciju, koja mora zadovoljavati određene uvjete. Bespilotne letjelice koje obavljaju svoje operacije unutar vidnog polje operatora (VLOS⁹), ne mora nužno imati te sustave uopće ugrađene. Takve operacije se uglavnom obavljaju u uvjetima dobre vidljivosti i dobre meteorološke situacije. [11]

Sve ATS usluge opisane Annexom 11 – *Air Traffic Services*, neophodne su za provedbu sigurnog, redovitog i protočnog zračnog prometa, a zajedno s Annexom 2 – *Rules of the Air*, letenje međunarodnim rutama svedeno je na jednoznačne i univerzalne uvjete. Za UAS postojeći ATM sustav mora biti prilagođen kako bi omogućio sigurnu integraciju uzimajući u obzir njihove jedinstvene karakteristike u sferi operacija, dimenzija i automatizaciji.

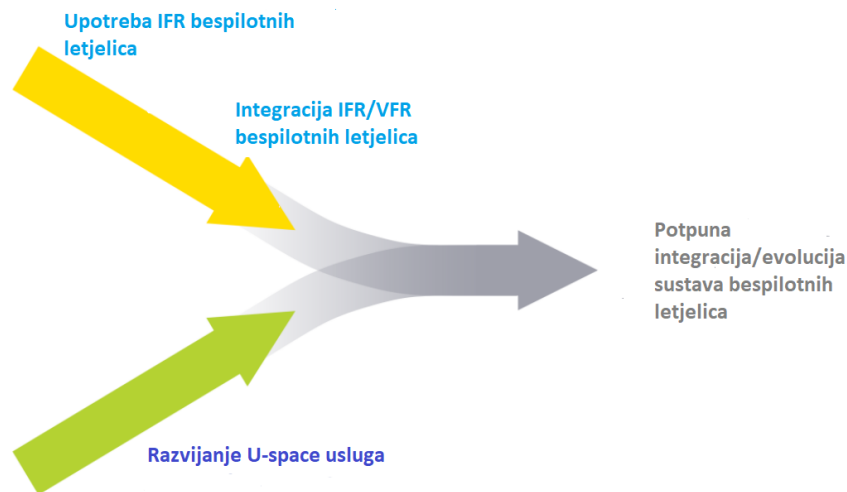
⁹ Vidno polje (eng. Visual Line Of Sight)

4.2. Integracija bespilotnih letjelica u kontrolirani zračni prostor

Nakon uspješnog integriranja bespilotnih letjelica u najnižim slojevima letenja, treba ih integrirati i u kontrolirani zračni prostor. To donosi brojne benefite za industriju jer bi mogli potencijalno jeftinije, sigurnije i efikasnije izvršavati određene misije. To su uglavnom veliki dronovi čiji su domet i brzina znatno veći od najčešćih „quadkoptera“. Kako bi integracija bila uspješna, potrebno je izraditi i razraditi nove planove i sustave koji će omogućiti sigurno i efikasno korištenje cijelog zračnog prostora za sve letjelice. Za to su u Europi zadužene međunarodne organizacije Eurocontrol, EASA, SESAR-JU.

Rad ka ostvarivanju tog cilja će imati velik utjecaj na digitalizaciju i automatizaciju europske ATM mreže. Prvenstveno radi samog principa upravljanja zračnim prostorom. Bespilotne letjelice uglavnom lete sporije od konvencionalnih zrakoplova pa klasično sekvencioniranje zračnog prometa postaje teže ukoliko se radi o letovima sličnih ruta. Način upravljanja treba se prilagoditi specifičnosti rada bespilotnih letjelica, ali da u najmanjoj mogućoj mjeri utječe na dosadašnje operacije konvencionalnih zrakoplova. Upravo to je ključni dio vizije SESAR-a, kako bi se vršile operacije konvencionalnih i bespilotnih letjelica u zajedničkom zračnom prostoru. Na tom putu ciljevi performansa ATM Master Plan-a, a, isto tako i ciljevi visoke razine Jedinstvenog Europskog Neba neće biti samo dostignuti, nego i prekoračeni kroz uspješnu implementaciju potrebne tehnologije.

Postizanje uspješne integracije treba se postići ubacivanjem inovacija poput razvoja novi U-space usluga i procedura koji bi mogli omogućiti pristup zračnom prostoru većem broju malih bespilotnih letjelica. Takve letjelice zbog klasifikacije prostora ne mogu letjeti u vizualnom režimu rada pa je potrebno osmisliti procedura IFR leta bespilotne letjelice čiji se put razvoja može vidjeti u slici 5. Tako nešto bi uvelike povećalo radno opterećenje kontrolora leta, no zato je ključno da upravljanje bude oslonjeno na automatizaciju. Velike bespilotne letjelice zahtijevaju daljnji razvoj ATM sustava kako bi mogle letjeti uz konvencionalan zračni promet. Takve letjelice bi trebale biti na isti način u odnosu s ATM sustavom kao i zrakoplovi s pilotom uzevši u obzir činjenicu da operator tog bespilotnog zrakoplova nije u njemu.



*Slika 5 Prikaz evolucije vizije U-space projekta
Izvor [12]*

5. DEFINIRANJE SIGURNOSNIH DOGAĐAJA KOJI UTJEČU NA SIGURNOST PROMETA U KONTROLIRANOM I NEKONTROLIRANOM ZRAČNOM PROSTORU

5.1. Sustav upravljanja sigurnosti u zračnom prometu

Prema Priručniku za upravljanje sigurnošću Međunarodne organizacije za civilno zrakoplovstvo, sigurnost je stanje u kojem se mogućnost ozljeđivanja osoba ili oštećenje imovine smanjuje ili održava na prihvatljivoj razini kroz kontinuirani proces identifikacije opasnosti i upravljanja rizicima. U civilnom zrakoplovstvu potrebno je u svim fazama prometnog procesa osigurati visoku razinu zaštite sudionika usvajanjem zajedničkih sigurnosnih pravila i mjera, i voditi računa o sukladnosti svih entiteta u Europskoj zajednici s tim pravilima. [17]

Kako bi se osigurala najveća razina sigurnosti u zrakoplovstvu, potrebna je ispravna implementacija SMS¹⁰-a u zrakoplovne organizacije. SMS analizira svaki aspekt sigurnosti i minimalizira rizik, te pomaže organizaciji da dosegne i održi najveću razinu sigurnosti kroz vrijeme. To se vrši identifikacijom bilo kakvih događaja vezanih za sigurnost na koje potom utječemo, a mogu potencijalno ugroziti sigurnost zrakoplova, svih sudionika i trećih osoba, i takav se događaj naziva sigurnosni događaj (eng. safety occurrence). [17]

¹⁰ Sustav upravljanja sigurnošću (eng. Safety Management System)

Sigurnosni rizik je vjerojatnost i ozbiljnost posljedica neke opasnosti. Zbog velikog broja faktora koji utječu na rizik, potrebno ga je kategorizirati. Kategorije sigurnosnih rizika su određene sigurnosnom politikom koja procjenjuje širok raspon rizika u zrakoplovstvu, uz njihovu vjerojatnost ili učestalost i njihovu ozbiljnost posljedica. Razlikuje se pet različitih stupnjeva vjerojatnosti uz koju se nadodaje pripadajući broj kao što je prikazano u tablici 5. [18] Hazard je pojava koja predstavlja izvor problema za sigurnost i u trenutku njezinog izlaganja postaje rizik.

Tablica 4 Pet stupnjeva vjerojatnosti rizika

Vjerojatnost	Objašnjenje	Vrijednost
Često	Vjerojatno će se pojaviti često	5
Povremeno	Vjerojatno će se pojaviti povremeno	4
Rijetko	Vjerojatno će se pojaviti rijetko	3
Malo vjerojatno	Malo je vjerojatno da će se pojaviti	2
Vrlo malo vjerojatno	Vrlo je malo vjerojatno da će se pojaviti	1

Izvor [18]

Kako bi se uspostavila kontrola nad sigurnosnim rizicima, cilj je pružiti strukturirani sustav upravljanja sigurnosti. Učinkovito upravljanje sigurnosti mora uzeti u obzir specifične strukture organizacije i procese koji se tiču sigurnosti poslovanja. Pojam sustav upravljanja sigurnosti podrazumijeva skup načela, procesa i mjera za sprječavanje nesreća, ozljeda i drugih štetnih posljedica koje mogu biti uzrokovane određenim aktivnostima. To je funkcija koja nastoji pomoći menadžerima bolje obavljati svoje dužnosti u smislu prepoznavanja i predviđanja nedostataka kada i prije nego što se pojavi pogreška i otklanjanje nedostataka prema stručnoj sigurnosnoj analizi.

Postoje tri metode u osiguranju sigurnosti, čija su pojašnjenja vidljiva na slici 6. Reaktivna, proaktivna i prediktivna metoda.



Slika 6 Metode upravljanja sigurnosti

Izvor [18]

Reaktivna metoda se naziva još i tradicionalnom i korisna je za analizu tehničkih kvarova i neočekivanih događaja. Metoda se bazira na događajima koji su se već dogodili i bili su u osnovi nepravovremeno otkriveni, pa se preporuke za sprječavanje budućih događaja izrađuju na temelju analize prethodnih sigurnosnih događaja. [17]

Proaktivna metoda se temelji na strategijama upravljanja sigurnosnim rizicima koji uključuju identifikaciju opasnosti prije nego dođe do same nesreće ili nezgode te na poduzimanju potrebnih radnji za smanjenje sigurnosnih rizika. Komponente te metode su:

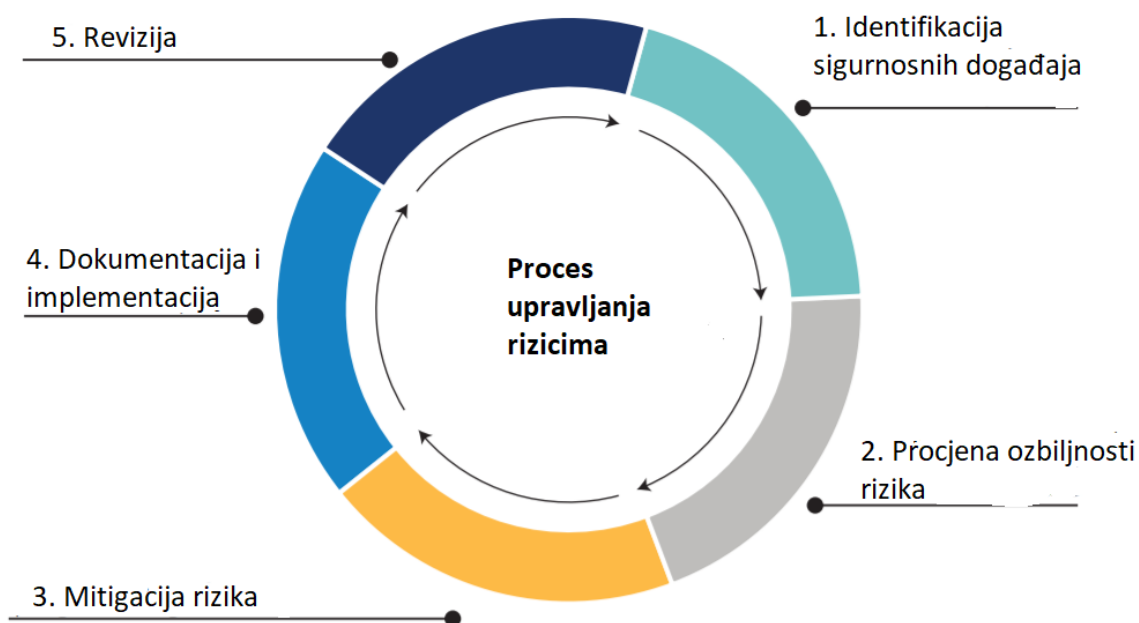
- Nedvosmislena sigurnosna politika višeg menadžmenta
- Identifikacija opasnosti i procjena rizika
- Sigurnosni sustavi izvješćivanja koji se koriste za prikupljanje, analizu i razmjenu operativnih sigurnosno povezanih podataka
- Istraživanje sigurnosnih pojava u svrhu pronalazaka sustavnih sigurnosnih nedostataka
- Sigurnosni nadzor
- Sigurnosna obuka osoblja
- Izgradnja kooperativne sigurnosne kulture koja potiče dobre sigurnosne prakse i komunikacije [17]

Integracija komponenti proaktivnog upravljanja najvažniji je dio SMS-a.

Prediktivna metoda temelji se na potencijalnim rizicima koji su utvrđeni iz uobičajenih operativnih podataka kako bi se smanjili rizici od nesreća i nezgoda koje se nisu dogodile. Danas je na raspolaganju ogromna količina operativnih podataka koji zajedno s alatima za njihovu obradu predstavljaju učinkovito upravljanje sigurnosti. [17]

5.2. Procjena rizika operacija bespilotnih letjelica u kontroliranom i nekontroliranom zračnom prostoru

Procjena rizika operacija bespilotnih letjelica radi se kako bi se identificirali sigurnosni događaji koji potencijalno narušavaju visoki standard sigurnosti zračnog prometa. Služi kako bi rizike prikazali mjerljivima i tako ih lakše kontrolirali. Najbolji način procjene rizika bespilotnih letjelica prema EASA-i je podijeliti ga u pet faza čiji je redoslijed prikazan na slici 7.



Slika 7 Proces upravljanja rizicima

Izvor [19]

5.2.1. Identifikacija sigurnosnog događaja

Prvi korak u sigurnosnoj procjeni je identifikacija sigurnosnih događaja operacija bespilotnih letjelica i razdvajanje ih po tipovima problematike, odnosno na sigurnosne događaje s neposrednim posljedicama i prikrivene sigurnosne događaje.

Sigurnosni događaji s neposrednim posljedicama uključuju nesigurne radnje osoblja ili kršenja regulacija čija se posljedica očituje odmah. Uglavnom su to radnje u kojima operator, kontrola leta ili mehaničar napravi neku pogrešku ili omašku u svome radu.

Prekriveni sigurnosni događaji su oni koji postoje u UAS-u prije nego što dođe do štete. Takva stanja se ne predočuju toliko opasno, no mogli bi biti u trenutku kada neki drugi sustav zakaže.

Sustav upravljanja sigurnosti je temeljni dio zrakoplovstva već desetljećima. Kako se razvijaju komercijalni projekti za uporabu dronova proteklih godina, usvajanje SMS-a u njihove operacije bilo je neophodno. Međutim bespilotne letjelice i njihove pripadajuće tehnologije ne mogu biti primjenjive na postojeći SMS sustav u zrakoplovstvu uzevši u obzir njihovu glavnu razliku – nedostatak čovjeka unutar letjelice. To donosi novi set faktora rizika u sustavu. Dok uglavnom općenita filozofija SMS-a se može doslovno prevesti i primijeniti s konvencionalnog zrakoplovstva na dronove, neki detalji i specifične stvari ne mogu. Primjerice jedan od najvećih elemenata rizika u konvencionalnom zrakoplovstvu uključuje uzletno-sletnu stazu, a u većini operacija bespilotnih letjelica to nije slučaj. Tablica broj 6 prikazuje neke od najčešćih sigurnosnih događaja razvrstanih po tipu problematike.

Tablica 5 Lista primjera sigurnosnih događaja bespilotnih letjelica

Sigurnosni događaji s neposrednim posljedicama	Prekriveni sigurnosni događaji
Velik gubitak visine	Greške navigacijskog sustava
Gubitak kontrole nad UAV-om	korozija
Gubitak radio veze	Greške u automatizacijskom sustavu
Sudar s drugim zrakoplovom/vozilom/objektom/dalekovodom	Kašnjenje zvuka u komunikaciji operatera i kontrolora
Loša meteorološka situacija	Otkaz redundantnih sustava za let
Otkaz motora	Zagušenje prometa u sektoru operacija UAV

Identificirani sigurnosni događaji moraju proći kroz detaljnu analizu kako bi se došlo do njihovih uzroka i potencijalnih posljedica. Do njihovih posljedica će se doći u sljedećem koraku.

5.2.2. Procjena ozbiljnosti rizika

U drugom koraku istražuje se vjerojatnost i ozbiljnost štete na identificiranom hazardu. Ova faza je najbitniji dio procjene rizika.

Vjerojatnost rizika je definirana po učestalost ili frekvenciji pojave posljedice nekog hazarda. Iz tog razloga svi mogući scenariji identificiranog sigurnosnog događaja se trebaju uzeti u obzir i prema tome ih kategorizirati kao što je prikazano u tablici 5.

Ozbiljnost štete je definirana na osnovi štete koja napravi ljudima ili imovini. Najgori mogući ishod bi se trebao uzeti u obzir i taj ishod klasificirati kao što je prikazano u tablici 7.

Tablica 6 Procjena ozbiljnosti štete na bespilotnoj letjelici

Ozbiljnost štete	Primjeri događaja	Klasa
Katastrofalna	Smrt čovjeka, uništenje bespilotne letjelice/opreme/građevine	A
Opasna	Veće ozljede čovjeka/manje uništenje opreme/građevine	B
Znatna	Ozljede čovjeka, obustava misije drona zbog popravljivanja	C
Mala	Manje ozljede čovjeka, manji učinak na misiju drona	D
Neznatna	Nema ozljede čovjeka, manje posljedice na sustave drona	E

Izvor [19]

Sljedeći korak u procjeni ozbiljnosti rizika je izdvojiti one rizike na koje treba utjecati, odnosno na one koji su neprihvatljivi. Prihvatljivost rizika je spoj vjerojatnosti i ozbiljnosti štete. Spoj njihovih kombinacija s ishodom je prikazan u tablici 8.

Tablica 7 Primjer Matrice procjene rizika

Vjerojatnost / *Probability*

5 Učestalo <i>Frequent</i>	5A	5B	5C	5D	5E
4 Povremeno <i>Occasional</i>	4A	4B	4C	4D	4E
3 Rijetko <i>Remote</i>	3A	3B	3C	3D	3E
2 Nazatno <i>Improbable</i>	2A	2B	2C	2D	2E
1 Izuzetno neznatno <i>Extremely imp</i>	1A	1B	1C	1D	1E
	A Katastrofalna <i>Catastrophic</i>	B Opasna <i>Hazardous</i>	C Znatna <i>Major</i>	D Mala <i>Minor</i>	E Neznatna <i>Negligible</i>

Ozbiljnost / *Severity*

Izvor [20]

Kombinacije vjerojatnosti i ozbiljnosti rizika iz tablice 8 tumače se kao sljedeće:

- Crvena boja – neprihvatljivo prema postojećim uvjetima. Potrebno poduzeti trenutne mjere kako bi se umanjio rizik ili zaustavila aktivnost
- Žuta boja – prihvatljivo na temelju procjene i ublažavanja rizika. Može zahtijevati odluku rukovodstva
- Zelena boja – prihvatljivo područje [20]

Kombinacijom ta dva parametara se dobije indeks rizika (SRI¹¹), koji služi za određivanje potrebne radnje ublažavanja, a može se koristiti za prikupljanje statističkih podataka o sustavu bespilotne letjelice i za mjerenje učinkovitosti sustava upravljanja sigurnošću bespilotnih letjelica.

¹¹ Indeks rizika (eng. safety risk indeks)

5.2.3. Mitigacija rizika

Mitigacija ili ublažavanje sigurnosnog događaja operacije bespilotnih letjelica je način odgovora na neprihvatljive ili rizike koje možemo tolerirati. To je sistematsko smanjenje ozbiljnosti štete ili vjerojatnosti događaja. Ublažavanje rizika možemo postići korektivnim ili preventivnim radnjama. Korektivne radnje imaju neposredan i trenutni učinak na hazard, dok preventivne radnje imaju dugotrajni učinak tako što smanjuju rizik do prihvatljive razine.

U tablici broj 9, 10, 11 i 12 se nalaze sigurnosni događaji iz tablice 6 s dodatnim mogućim sigurnosnim događajima obrađeni s procjenom sigurnosti.

Tablica 8 Mitigacija rizika za nestanak struje u bespilotnoj letjelici

Sigurnosni događaj	Tip problema	Hazard
Nestanak struje	Tehnički	Neispravna baterija
Posljedica	Ozbiljnost štete	Vjerojatnost
Ozljeda čovjeka	Katastrofalna	Rijetko
SRI	Razina rizika	Preventivna/korektivna akcija
3A	Neprihvatljiva	Preventivna radnja - Promijeniti bateriju Korektivna radnja - provjeriti sustav za napajanje

Tablica 9 Mitigacija rizika za otkaz kamere na bespilotnoj letjelici

Sigurnosni događaj	Tip problema	Hazard
Otkaz kamere	Tehnički	Slab odašiljač
Posljedica	Ozbiljnost štete	Vjerojatnost
Nema prijenosa video-zapisa	Znatna	Rijetko
SRI	Razina rizika	Preventivna/korektivna akcija
3C	Tolerantna	Korektivna radnja – aktivnih antena Preventivna radnja - Obuka operatora da nastavi s kontroliranim letom

Tablica 10 Mitigacija rizika za letenje drona u kontroliranom zračnom prostoru

Sigurnosni događaj	Tip problema	Hazard
Letenje drona u kontroliranom zračnom prostoru	Upravljanje zračnim prostorom	Preopterećenje kontrole leta zagušenim zračnim prometom
Posljedica	Ozbiljnost štete	Vjerojatnost
Sudar s drugim zrakoplovom	Katastrofalna	Rijetko
SRI	Razina rizika	Preventivna/korektivna akcija
3A	Neprihvatljiva	Preventivna radnja – odvojiti zračni prostor rezerviran za bespilotne letjelice Korektivna radnja – Napraviti funkcionalan sustav upravljanja zračnim prostorom s integriranim bespilotnim letjelicama

Tablica 11 Mitigacija rizika za letenje drona iznad naseljenog mjesta

Sigurnosni događaj	Tip problema	Hazard
Letenje drona iznad naseljenog mjesta	Regulatorni	Nepouzdanost sustava upravljanja bespilotne letjelice
Posljedica	Ozbiljnost štete	Vjerojatnost
Pad letjelice, ozljeda čovjeka, imovine, uništenje drona	Katastrofalna	Neznatno
SRI	Razina rizika	Preventivna/korektivna akcija
2A	Tolerantna	Preventivna radnja – zabraniti operacije dronova iznad naseljenih mjesta Korektivna radnja – regulirati upotrebu takvog prostora s certificiranjem operatora i sustava letjelice

5.2.4. Dokumentacija i implementacija

Nakon uspješne mitigacije rizika, taj rad treba biti dokumentiran uz sve bilješke o daljnjem napretku upravljanja rizikom za taj slučaj. Baza podataka o sigurnosnim rizicima se koristi kao dio check liste prije leta ili za uspostavu uputa za rukovanjem bespilotne letjelice. Baza podataka se dalje može koristiti za nadgledanje svih procedura upravljanja rizikom, za dobrovoljno prijavljivanje – „just culture“, ili za uspostavljanje sigurnosne kulture – „safe culture“.

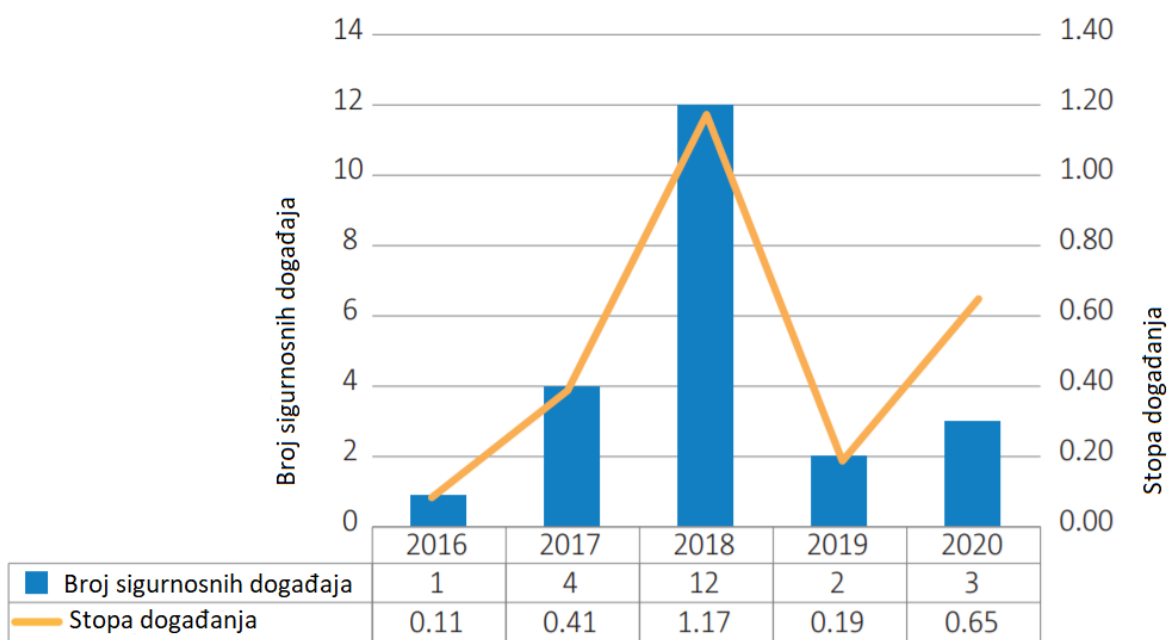
5.2.5. Revizija

U ovom koraku se radi procjena funkcionalnosti sustava upravljanja sigurnošću. Služi kako bi se identificirale potrebne radnje za daljnju korekciju problema i kako bi se napravila usporedba s prethodnom situacijom. U reviziji se nadgledaju promjene koje su nastale implementacijom sigurnosnih radnji i služi kontrolni element procjene rizika.

5.3. Postojeće stanje sigurnosti operacija bespilotnih letjelica

Sigurnost u uspješnoj integraciji bespilotnih letjelica najviše se oslanja na njihovu separaciju s konvencionalnim zrakoplovstvom tako da se slijede pravila i procedure. Američki NAA¹² je proteklih godina uspostavio privremeno odvojene dijelove zračnog prostora za male civilne dronove i vojne dronove. U tom slučaju piloti konvencionalnih zrakoplova nisu u opasnosti mogućeg konflikta.

Potencijal sudara u bespilotnih letjelica s ostalim zrakoplovom najveći je sigurnosni problem njihove integracije, koji neprestano raste zbog porasta njihove dostupnosti i to označava najveći faktor rizika u njihovoj implementaciji.



Grafikon 1 Broj sudara i bliskih susreta bespilotnih letjelica

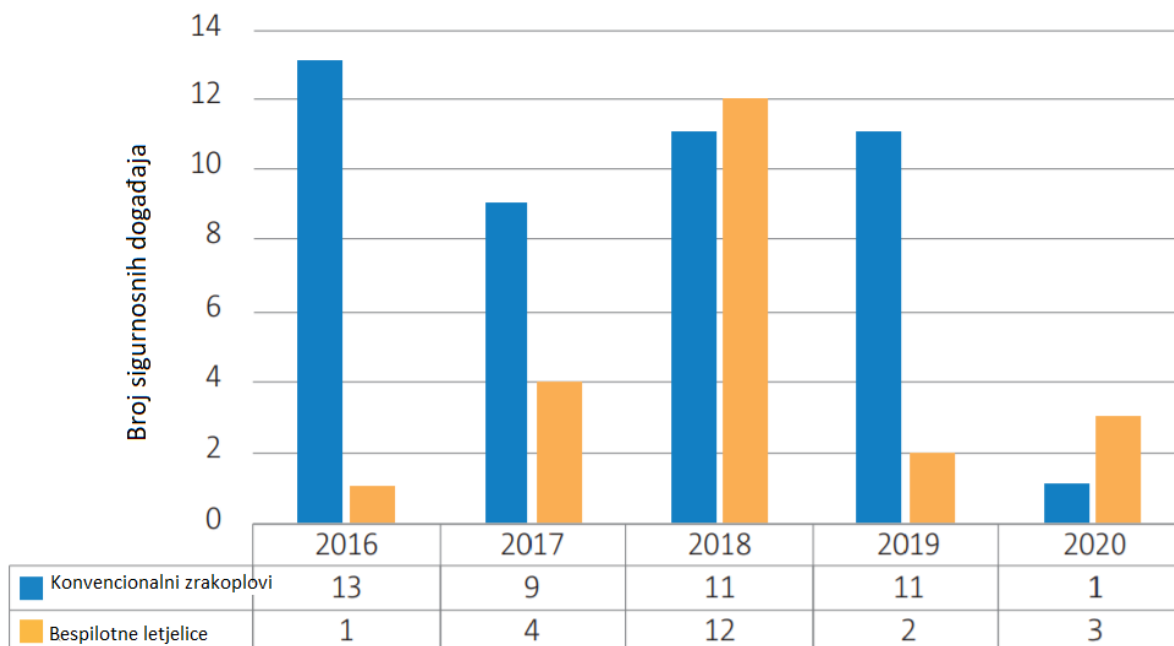
Izvor [19]

Grafikon 1 pokazuje blagi porast u sudarima i bliskim susretima vezanim za bespilotne letjelice u 2020., ali u 2018. i 2019. se očituje pad tih događaja. Stopa događanja sigurnosnih događaja na ovom grafikonu se izražava kao broj IFR letova unutar područja članica EASA-e i broj sigurnosnih događaja bespilotnih letjelica [19]

Grafikon 2 prikazuje bespilotne letjelice i druge zrakoplove vezane za sudare i bliske susrete. Nakon pada u grafikonu za 2018. i 2019. godinu, zabilježen je blagi porast

¹² Nacionalne zrakoplovne vlasti (eng. Nacional Aviation Authority)

sigurnosnih događaja vezanih za bespilotne letjelice. Ta razlika bude puno očitija kada se usporedi s padom broja sudara i bliskih susreta s konvencionalnim zrakoplovima. [19]



*Grafikon 2 Sudari i bliski susreti vezani za bespilotne letjelice i ostale zrakoplove
Izvor [22]*

Bitno je naglasiti da većina izvještaja vezanih za bespilotne letjelice dolazi iz drugih zrakoplovnih entiteta poput zrakoplovnih kompanija ili pružatelja usluge zračne plovidbe. S vremenom sve više operatora bespilotnih letjelica izvještava o sigurnosnim događanjima, što znači da će problemi vezani za njihovu integraciju postati sve jasniji. [19]

Sigurnosne događaje koji se povlače integriranjem bespilotnih letjelica u kontrolirani i nekontrolirani zračni prostor mogu se podijeliti na nekoliko ključnih sigurnosnih područja:

- Gubitak kontrole nad UAV-om – za taj slučaj ICAO Cirkular 328 navodi kako „U slučaju potpunog gubitka kontrole uslijed prekida veze između operatora i bespilotne letjelice, pričuvni sustav treba omogućiti bespilotnoj letjelici da krene raditi u autonomnom modu rada u kojem će osigurati sigurnost svih drugih korisnika zračnog prostora“ [8] Gubitak kontrole često slijedi i gubitkom napajanja, otpuštanja nekog tereta na letjelici, pomak aerodinamičkih površina, propelera ili drugih sustava za stabilnost i upravljivost letjelice.
- Gubitak napajanja na UAV-om – ozbiljne nezgode i nesreće bile su uzrok operaterove nemogućnosti da u potpunosti kontrolira let drona. Do gubitka kontrole obično ne bi došlo da letjelica svoje operacije izvodi autonomno i da se prijenos informacija o letu odvija ispravno. U suprotnom intervencija pilota ne može pomoći, čak i ako postoji način slijetanja te letjelice. Primjerice kako bi se isključile sve mogućnosti nastanka

štete na toj letjelici, na nju je moguće ugraditi padobran (slika 8) koji će se aktivirati u posebnim okolnostima, recimo gubitka napajanja. To su posebni sustavi dizajnirani različito za bespilotne sustave koji mogu znatno poboljšati ishod nezgode, ali u slučaju operacije unutar prostora s drugim letjelicama predstavljaju opasnost od konflikta.



Slika 8 Kopterworx padobran za bespilotnu letjelicu sa nosačem
Izvor [21]

- Nemogućnost raspoznavanja i reagiranja na devijacije putanje leta – očekuje se od operatora letjelica da prilikom njihove operacije konstantno nadziru njihovu poziciju, visinu i putanju u odnosu na oblake, prepreke i druge korisnike zračnog prostora kao što i konvencionalni zrakoplovi rade po vizualnim pravilima leta (VFR¹³). Kako bi operator mogao letjeti u području izvan optičke vidljivosti (BVLOS¹⁴), mora osigurati sigurnosnu mrežu mogućih opcija upravljanjem poput više promatrača letjelice, precizno lociranje, autonomnost visoke razine sigurnosti koja omogućuje slijetanje u nesigurnom letu i ostale redundantne sustave.
- Nemogućnost operaterove procjene uvjeta leta – iskustvo pilota u upravljanju letjelicom može vrlo brzo postati nebitno kada uvjeti leta postanu instrumentalni (IFR¹⁵), bilo to zbog toga što operator nije školovan za takve uvijete ili zbog nedostatka opreme.
- Interferencija radio veze (RFI¹⁶) – veliki promet letjelica na radiofrekvenciji ili nekih drugih RFI izvora u blizini područja operacija bespilotnih letjelica može prouzročiti jedan od scenarija navedenih iznad, sve do nesreća ili ozbiljnih nezgoda u kojima je RFI došla do razine da nepovratno preuzme kontrolu nad bespilotnom letjelicom

¹³ Visual Flight Rules

¹⁴ Izvan područja optičke vidljivosti (eng. Beyond Visual Line of Sight)

¹⁵ Instrument Flight Rules

¹⁶ Interferencija radio frekvencije (eng. Radio Frequency Interference)

- Nepoštivanje regulacija vezanih za upravljanje bespilotnim letjelicama – osim u slučaju kada dronovi moraju kršiti regulacije kako bi razriješili neku rizičnu situaciju, od operatora se očekuje poznanje i upravlja letjelicom sukladno važećim regulacijama. Izvješća o nesrećama pokazuju da u nekim slučajevima ponašanje operatora je izašlo iz regulatornih okvira i tako poremetilo sigurnosnu mrežu osmišljenu za sigurnu integraciju bespilotnih letjelica u kontrolirani zračni prostor
- Bezbrižnost i nepažnja prilikom upravljanja bespilotnom letjelicom koje ugrožava živote trećih osoba ili imovine – široka upotreba dronova postavlja neizbježnom činjenicu da korisnici mogu biti needucirani o sigurnosti u upravljanju svojom letjelicom. Poticanjem javnih edukacija i korištenjem alata i drugih mjera poput ugradnje sustava za prevenciju sudara, licenciranje operatora od nadležnih agencija za letenje dronova u razne svrhe i registracija svih dronova. [22]

6. PREGLED SESAR RJEŠENJA ZA SPRJEČAVANJE SIGURNOSNIH DOGAĐAJA

Sljedeći SESAR-ov Master Plan, SESAR JU partneri su završili 19 projekata u kojima su istraživali tehničke potrebe svih sustava kako bi koncept U-space-a postao stvarnost. U ovom poglavlju će se dati na pregled neka od tih rješenja vezana za sprječavanje sigurnosnih događaja navedenih u poglavlju 5.

6.1. Integracija bespilotnih letjelica u IFR

S povećanom potražnjom velikih civilnih bespilotnih letjelica, SESAR osmišljava kako najbolje ih integrirati u zračni promet s konvencionalnim zrakoplovima. Upravljanje prometom bespilotnih letjelica je težak posao iz brojnih razloga. Primjerice mnoge bespilotne letjelice letjet će puno sporije od konvencionalnih putničkih zrakoplova. SESAR istražuje sve moguće tehničke zahtjeve i proceduralne strukture potrebne da bespilotna letjelica može slijediti instrukcije kontrole leta i obavljati let sigurno u kontroliranom zračnom prostoru. Ovo rješenje istražuje učinak na integraciju na specifična zračna područja u kojima letjelica neće moći slijediti sva operativna pravila leta, što bi mogao biti prestanak komunikaciji između operatora i letjelice. Takve stvari se ne mogu dogoditi u konvencionalnim zrakoplovima. Ovo rješenje uzima velik broj faktora u obzir uključujući metode rada operatora i kontrolora leta, regulacije, tehničke zahtjeve i operativne procedure. [23]

6.2. Pojačani sustavi detekcije i izbjegavanja za bespilotne letjelice

Većina sustava za izbjegavanje sudara zrakoplova (ACAS¹⁷) su osmišljeni za komercijalni promet, međutim rastući broj bespilotnih letjelica zahtijeva da ACAS bude kompatibilan sa svim korisnicima. Kako se ACAS oslanja na Mode C/S transpondera sekundarnog nadzornog radara za dobivanje informacije, ADS-B i neki optički i infracrveni senzori su još uvijek u mogućnosti za upotrebu. [23]

U rješenju PJ.11-A2-W1 koje je prethodnik ovog rješenja navodi se koncept ACAS Xu koji osim SSR¹⁸ Mode S koristi i ADS-B kao dodatni signal kao izvor nadzora i uvodi

¹⁷ Sustav za izbjegavanje sudara kod zrakoplova (eng. Aircraft Collision avoidance systems)

¹⁸ Sekundarni nadzorni radar (eng. Secondary Surveillance Radar)

dodatnu optičku detekciju. Procjenjuje se da ACAS u konvencionalnim zrakoplovima smanjuje rizik od sudara za faktor od 5 [24], pa se može pretpostaviti i podjednak učinak i ovog rješenja

6.3. Operacije bespilotnih letjelica na tlu

Operatori dronova, pogotovo onih većih mogu se odvijati na velikim visinama i mogu ostati u zraku više sati ili čak dana, zahtijevaju i pristup aerodromima. Takvi dronovi su podložni istim pravilima, procedurama, minimalnim uvjetima performansi kao i svi drugi korisnici tog aerodroma. Kako bi se osigurale sigurne operacije na aerodromima, oni moraju biti dio zemaljskog sustava na aerodromima i moraju biti u kontaktu s kontrolom leta i ostalim korisnicima. [23]

SESAR u ovom rješenju gleda određene zahtjeve bespilotnih letjelica bile one vertikalnim ili konvencionalnim polijetanjem kako bi poboljšali pristup svih kategorija korisnika zračnog prostora na površini aerodroma. Točnije SESAR istražuje tehničke mogućnosti i procedure kako bi omogućili njihovu integraciju s ostalim prometom na površinama aerodroma. [23]



Slika 9 Testiranje cargo drona na Švedskom aerodromu
Izvor [25]

6.4. Pouzdane komunikacije kao osnova sigurnih operacija bespilotnih letjelica

Ovaj projekt se nalazi u sklopu U-space projekta i proveden je krajem 2019. godine. Bazira se na visokoj razini digitalizacije sučelja komunikacije kontrole leta s bespilotnim i konvencionalnim zrakoplovima u zajedničkom zračnom prostoru. Razvijena je mogućnost postojanja mobilne i satelitske infrastrukture koja omogućuje datalink komunikacije, koristeći podatke od prijašnjih letova i kreiranjem simulacije kako bi testirali njegovu dostupnost i performanse. Testiranje je rezultiralo definiranjem integriranog koncepta komunikacije.

Projekt se bazira na istraživanju pouzdanosti za mobilni i satelitski signal. Problematika toga je što se uglavnom samo veliki dronovi oslanjaju na satelitsku komunikaciju, a mobilni signal se gubi na visinama iznad 150 metara. Droc2om, kompanija koja je radila na projektu, ujedno i partner U-space-a razvijala je radio tehnologiju koja će datalink komunikaciju dovesti do zadovoljavajuće pouzdanosti kako bi se implementirala.

Rješenje do kojeg su došli je postavljanje većeg broja antena na dronove s jednostavnim mehanizmom selekcije, i tako slobodno dodavali druge protokole povezanosti i operatore. Rješenje je došlo do pozitivnog rezultata, no zbog njezine kompleksnosti, bit će stavljeno u upotrebu kada se gustoća prometa bespilotnim letjelicama znatno poveća.

7. ZAKLJUČAK

Bespilotne letjelice su se kroz povijest uglavnom koristile u vojne svrhe, a u zadnjem desetljeću velik broj uporabe je civilne svrhe. Postoji širok spektar modela bespilotnih letjelica klasificiramo li ih po performansama ili veličini. One male se najčešće koriste u civilne i komercijalne, dok one velike u vojne svrhe. Danas ta tradicija se počinje mijenjati i otvaraju se mogućnosti ulaska velikih letjelica u zračni prostor s konvencionalnim zrakoplovima.

Povećanjem broja operacija letenja bespilotnih letjelica, povećava se i potencijalni broj događaja koji ugrožavaju sigurnost letjelice, drugih sudionika u zračnom prometu, čovjeka i imovine. Sigurnosnim događajima se najbolje upravlja funkcionalnim sustavom upravljanja sigurnošću, kojim se analiziranjem razine rizika dolazi do zaključka o njegovoj prihvatljivosti. Najznačajniji sigurnosni događaj specifičan za integraciju bespilotnih letjelica u kontrolirani i nekontrolirani zračni prostor je sudar s drugom letjelicom, objektom ili preprekom. To je problem koji predstavlja najveći stupanj rizika i na njega je potrebno najviše utjecati. U nekontroliranom zračnom prostoru to je problem u automacijskim sustavima i sustavima za izbjegavanje prepreka, a u kontroliranom zračnom prostoru to je problem upravljanja zračnim prostorom zbog potencijalnog zagušenja zračnog prostora.

SESAR se aktivno bavi pronalaskom i nadogradnjom postojećih rješenja koja su ispravan put ka sigurnoj, pravovremenoj i efikasnoj integraciji bespilotnih letjelica. ATM Master Plan je bitna stavka na tom putu. On sadrži ključna rješenja potrebna za razvoj daljnjih tehnologija i regulatornih okvira integracije i transformacije europskog neba.

Razvoj sustava bespilotnih letjelica ključan je za njihovu uspješnu integraciju, koja će biti moguća kada visoka razina sigurnosti koja je standard u zrakoplovstvu to dopušta. Inovacije u tehnologije se događaju nekontrolirano, no za svaki novi sustav ili inačicu sustava uvedenu u komponentu zračnog prometa potrebno je napraviti detaljno testiranje i provjeru kako stvorili sigurnosnu mrežu neophodnu za sve sudionike zračnog prometa. Razvoj U-space-a trebao bi biti temeljni fokus europskih zrakoplovnih nadležnih tijela, jer u trenutku kada će to biti moguće, njihova tranzicija i uporaba mogla bi napraviti nevjerojatnu prekretnicu u svijetu i u životu svakoga od nas.

POPIS ILUSTRACIJA

Slika 1 Kattering „Zračni torpedo“ Bug izložen u <i>U. S. Air Force</i> Nacionalnom Muzeju Izvor [3]	3
Slika 2 DJI MAVIC AIR 2 quadcopter s integriranom kamerom Izvor [9]	6
Slika 3 Podjela bespilotnih letjelica po veličini s primjerima Izvor [6]	7
Slika 4 grafički prikaz opsega U-space usluga izvor [12]	12
Slika 5 Prikaz evolucije vizije U-space projekta Izvor [12]	17
Slika 6 Metode upravljanja sigurnosti	19
Slika 7 Proces upravljanja rizicima Izvor [22]	20
Slika 8 Kopterworx padobran za bespilotnu letjelicu sa nosačem Izvor [15]	29
Slika 9 Testiranje cargo drona na Švedskom aerodromu Izvor [19]	32
Tablica 1. Klasifikacija bespilotnih letjelica po masi	4
Tablica 2 Klasifikacija bespilotnih letjelica po doletu i istrajnosti	4
Tablica 3 Klasifikacija bespilotnih letjelica po plafonu leta	5
Tablica 4 Klasifikacija letačkih operacija bespilotnih letjelica Error! Bookmark not defined.	
Tablica 5 Pet stupnjeva vjerojatnosti rizika	18
Tablica 6 Lista primjera sigurnosnih hazarda bespilotnih letjelica	21
Tablica 7 Procjena ozbiljnosti štete na bespilotnoj letjelici	22
Tablica 8 Primjer Matrice procjene rizika	Error! Bookmark not defined.
Tablica 9 Mitigacija rizika za nestanak struje u bespilotnoj letjelici	24
Tablica 10 Mitigacija rizika za otkaz kamere na bespilotnoj letjelici	24
Tablica 11 Mitigacija rizika za letenje drona u kontroliranom zračnom prostoru	25
Tablica 12 Mitigacija rizika za letenje drona iznad naseljenog mjesta	25
Grafikon 1 Broj sudara i bliskih susreta bespilotnih letjelica Izvor [22]	27
Grafikon 2 Sudari i bliski susreti vezani za bespilotne letjelice i ostale zrakoplove Izvor [22]	28

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-remotecontrolled-unmanned-aerial-vehicles-uavs> (pristupljeno: kolovoz 2021.)
- [2] Barnhart R. K., Hottman S.B., Marshall D. M., Shappee E. *Introduction to Unmanned Aircraft Systems*: Boca Raton, CRC Press; 2012.
- [3] National Museum of the United States Air Force: „*Fact sheets*“ Dostupno na: <https://www.nationalmuseum.af.mil/Visit/Museum-Exhibits/Fact-Sheets/Display/Article/198095/kettering-aerial-torpedo-bug/> (pristupljeno; kolovoz 2021.)
- [4] M. Arjomandi, „*Classification of Unmanned Aerial Vehicles*“, The University of Adelaide, Adelaide, Australija, 2008.
- [5] SESAR Joint Undertaking, *Drone critical communications – DROC2OM*, Dostupno na: <https://www.sesarju.eu/projects/droc2om> (pristupljeno: rujan 2021)
- [6] Europska komisija, *Providbena uredba komisije (EU) 2019/947 od 24. svibnja 2019. o pravilima i postupcima za rad bespilotnih zrakoplova*
- [7] Narodne Novine: NN104/2018, *Pravilnik o sustavima bespilotnih zrakoplova*. Narodne novine d.d. 49 (I), Zagreb, 2018.
- [8] Mavic Air 2, DJI, Dostupno na: <https://www.dji.com/hr/mavic-air-2> (pristupljeno: kolovoz 2021.)
- [9] Missile Defense Advocacy Alliance: „*Unmanned Aircraft System (UAS) Basics*“, Dostupno na: <https://missiledefenseadvocacy.org/missile-threat-and-proliferation/missile-basics/unmanned-aircraft-systems-uas/> (pristupljeno: kolovoz 2021.)
- [10] DFS Deutsche Flugsicherung: „*Single European Sky*“, Dostupno na: https://www.dfs.de/dfs_homepage/en/Europe/Single%20European%20Sky/ (Pristupljeno: kolovoz 2021.)
- [11] International Civil Aviation Organization, „*Unmanned Aircraft Systems (UAS), Circular 328*“, International Civil Aviation Organization , 2011.
- [12] B. Juričić, „*Upravljanje protokom zračnog prometa – SESAR*“, Fakultet prometnih znanosti, Zavod za aeronautiku, Katedra za kontrolu leta, 2021.

- [13] SESAR Joint Undertaking – „History“ Dostupno na: www.sesarju.eu (pristupljeno: kolovoz 2021.)
- [14] SESAR Joint Undertaking, *Supporting Safe and Secure Drone Operations in Europe – A preliminary summary of SESAR U-space research and innovation results (2017-2019)*, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2020
- [15] SESAR Joint Undertaking, *U-space Blueprint*, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2017.
- [16] Unmanned Publications Ltd, “*European U-Space research largely covers U1 and U2 services but U3 and U4 need new focus*”, Dostupno na: <https://www.unmannedairspace.info/latest-news-and-information/european-u-space-research-largely-covers-u1-and-u2-services-but-u3-and-u4-need-new-focus-sesar-ju/> (Pristupljeno: kolovoz, 2021.)
- [17] ICAO, The Safety Management Implementation (SMM), dostupno na: https://rise.articulate.com/share/v5Sm_0DJQvKI51ZQb6HJmBy7bOrhQfTE#/lessons/Qa9IXjX_NqZV3fuZaTjSg4bmVz9rZaeT (pristupljeno: rujan 2021.)
- [18] Brummelen, van J., Scheiber, M., Smit.D: *Safety Management System Fact Sheet*. Aviationfacts.eu Publication; 2016
- [19] EASA, *Annual Safety Review 2021*, European Union Aviation Safety Agency, 2021.
- [20] CCAA, Naredba o zrakoplovnoj sigurnosti ASO-2010-004, *Implementacija Sustava upravljanja sigurnošću (Safety Management System – SMS)*, Broj revizije: 5/05.05.2021., Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo
- [21] KopterWorx, *Products and Solutions Catalogue*, Dostupno na: <https://www.kopterworx.com/rescue-6m2.html> (Pristupljeno kolovoz 2021.)
- [22] SKYbrary, *Key Risk Areas of Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS)*, Dostupno na: [https://www.skybrary.aero/index.php/Key_Risk_Areas_of_Remotely_Piloted_Aircraft_Systems_\(RPAS\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Key_Risk_Areas_of_Remotely_Piloted_Aircraft_Systems_(RPAS)) (Pristupljeno: kolovoz, 2021.)
- [23] SESAR Joint Undertaking, *SESAR Solutions Catalogue 2019*, Third edition, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019
- [24] Eurocontrol, *Airborne collision avoidance system*, dostupno na: <https://www.eurocontrol.int/system/acas> (pristupljeno, kolovoz 2021.)
- [25] MentourPilot, *Dronamics – Cargo drone airline launched*, Dostupno na: <https://mentourpilot.com/dronamics-cargo-drone-airline-launched/> (Pristupljeno: kolovoz, 2021.)