

# Bespilotne letjelice u zračnom prostoru Republike Hrvatske i antidron zaštita

---

Marjanović, Matej

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Metallurgy / Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:115:797554>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-23**



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
METALURŠKI FAKULTET  
UNIVERSITY OF ZAGREB  
FACULTY OF METALLURGY

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Metallurgy University of Zagreb - Repository of Faculty of Metallurgy University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
METALURŠKI FAKULTET

Matej Marjanović

ZAVRŠNI RAD

Sisak, srpanj 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
METALURŠKI FAKULTET

Matej Marjanović

BESPILOTNE LETJELICE U ZRAČNOM PROSTORU REPUBLIKE  
HRVATSKE I ANTIDRON ZAŠTITA

ZAVRŠNI RAD

Voditelj: izv.prof.dr.sc. Ivan Jandrlić  
Stručna voditeljica: Lorena Mrkobrada, mag.ing.met

Članovi Povjerenstva za ocjenu i obranu završnog rada:

prof..sc. Ljerka Slokar Benić – predsjednica  
izv.prof.dr.sc. Ivan Jandrlić – član  
prof. dr.sc. Anita Begić Hadžipašić – član  
izv.prof.dr.sc. Ivana Ivanić – zamjenski član

Sisak, srpanj 2024.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
METALURŠKI FAKULTET

UNIVERSITY OF ZAGREB  
FACULTY OF METALLURGY

IME: Matej  
PREZIME: Marjanović  
MATIČNI BROJ: 0268039582

Na temelju članka 19. stavak 2. Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu dajem sljedeću

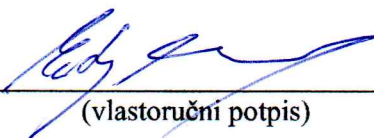
### IZJAVU O IZVORNOSTI

Izjavljujem da je moj završni rad pod naslovom:

#### BESPILOTNE LETJELICE U ZRAČNOM PROSTORU REPUBLIKE HRVATSKE I ANTIDRON ZAŠTITA

izvorni rezultat mojeg rada te da se u izradi istoga nisam koristio drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni.

Sisak, 02.07.2024. godine

  
(vlastoručni potpis)

*Izrazi koji se koriste u ovoj Izjavi, a imaju rodno značenje, koriste se neutralno i odnose se jednako i na ženski i na muški rod.*



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
METALURŠKI FAKULTET  
UNIVERSITY OF ZAGREB  
FACULTY OF METALLURGY

◆ FAKULTETSKO VIJEĆE ◆

KLASA: 602-03/24-05/04

URBROJ: 2176-78-24-01- 90

Sisak, 29. svibnja 2024.

Temeljem točke IX. Naputka o završnom radu i završnom ispitu Pravilnika o studiranju na preddiplomskim studijima i diplomskom studiju Metalurškog fakulteta i članka 20. Statuta Metalurškog fakulteta, Fakultetsko vijeće na svojoj 8. redovitoj sjednici u akad. god. 2023./2024. od 29. svibnja 2024. godine (t. 4), a na prijedlog Povjerenstva za nastavno područje djelovanja, donosi sljedeću

## ODLUKU

### o odobravanju teme, imenovanju voditelja, stručnog voditelja i Povjerenstva za ocjenu i obranu završnog rada

#### I.

Studentu sveučilišnog prijediplomskog studija *Sigurnost, zdravlje na radu i radni okoliš u izvanrednom statusu* **MATEJU MARJANOVIĆU** (0268039582) za voditelja završnog rada pod naslovom "Bespilotne letjelice u zračnom prostoru Republike Hrvatske i antidron zaštita" ("Unmanned aircraft in the air space of the Republic of Croatia and antidron protection") imenuje se **izv. prof. dr. sc. Ivan Jandrić**, a za stručnu voditeljicu **Lorena Mrkobrada, mag. ing. met.**

#### II.

Studentu iz točke I. ove Odluke imenuje se Povjerenstvo za ocjenu i obranu završnog rada u sastavu:

1. prof. dr. sc. Ljerka Slokar Benić, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet – predsjednica,
2. izv. prof. dr. sc. Ivan Jandrić, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet – član,
3. prof. dr. sc. Anita Begić Hadžipašić, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet – članica.

Za zamjenskog člana imenuje se izv. prof. dr. sc. Ivana Ivanić, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet.

#### III.

Ova Odluka stupa na snagu danom donošenja.

#### IV.

Protiv ove Odluke može se uložiti prigovor Fakultetskom vijeću Metalurškog fakulteta u roku 8 dana od dana primitka iste.

#### Dostavljeno:

- 1 x Matej Marjanović
- 5 x voditelj, stručna voditeljica, članovi Povjerenstva
- 1 x Studentska referada
- 1 x Tajništvo
- 1 x pismohrana Fakultetskog vijeća
- 1 x pismohrana

Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet  
Aleja narodnih heroja 3; p.p.1; HR - 44103 Sisak  
tel.: +385(0)44 533378; 533379; 533380; 533381  
faks: +385(0)44 533378  
e-mail: dekanat@simet.hr; url: www.simet.unizg.hr

Vršitelj dužnosti dekana  
Metalurškog fakulteta



prof. dr. sc. Nikola Mrvac

*Ivan*

*Zahvaljujem svim profesorima i suradnicima Metalurškog Fakulteta, kao i svim svojim kolegama koji su svojim prisustvom uljepšali moje studentske dane. Želim izraziti svoju duboku zahvalnost dr. sc. Alenku Vrđuki na njegovom nesebičnom angažmanu i podršci koja mi je omogućila uključivanje u cjelokupni sustav bespilotnih letjelica od samog početka moje karijere. Vaša stručnost, vodstvo i vjera u moje sposobnosti bili su ključni za moj profesionalni razvoj i uspjeh. Hvala vam na pruženoj prilici, savjetima i neizmjernom znanju koje ste nesebično dijelili. Vaš primjer i mentorstvo neizmjereno su mi značili i duboko sam vam zahvalan. Posebno se zahvaljujem voditelju završnog rada prof.dr.sc. Ivanu Jandrliću na pomoći i trudu prilikom izrade ovog završnog rada.*



## SAŽETAK

Bespilotne letjelice su danas postale vrlo dostupne, a kao takve mogu se koristiti u rekreativne svrhe, pri obavljanju određenih djelatnosti, pri povećanju sigurnosti, pa čak i za kriminalne djelatnosti. U ovom završnom radu bit će pružen pregled osnovnih pravila izvođenja letova bespilotnim letjelicama u Republici Hrvatskoj, te način sprječavanja upotrebe istih za kriminalne djelatnosti. Kategorizirat će se vrste prijetnji, navodeći neke poznate incidentne situacije. Također će se predstaviti načini detekcije i neutralizacije zlonamjernih bespilotnih letjelica.

**Ključne riječi:** bespilotne letjelice, dron, antidron zaštita



# **Unmanned aircraft in the air space of the Republic of Croatia and antidrone protection**

## **ABSTRACT**

Unmanned aerial vehicles have become very accessible today, and as such they can be used for recreational purposes, performing certain activities, increasing security, and even for criminal activities. This final paper will provide an overview of the basic rules for conducting drone flights in the Republic of Croatia, as well as the way to prevent their use for criminal activities. The types of threats will be categorized, citing some known incident situations. Methods of detection and neutralization of malicious drones will also be presented.

**Key words:** unmanned aerial vehicles, drone, antidrone protection

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. POVIJESNI RAZVOJ .....	2
3. BESPILOTNE LETJELICE .....	4
3.1. Klasifikacija.....	5
3.1.1. Klasifikacija prema generiranju uzgona .....	5
3.1.2. Klasifikacija prema opterećenju na krilima .....	6
3.1.3. Klasifikacija prema trajanju leta i dometa .....	6
3.1.4. Klasifikacija prema visini leta .....	6
3.1.5. Klasifikacija prema masi .....	7
4. PREGLED ZAKONSKE REGULATIVE .....	7
4.1. Klasifikacija zračnog prostora .....	10
5. NAMJENA BESPILOTNIH LETJELICA.....	11
5.1. Vojna namjena.....	11
5.1.1. Upotreba u Domovinskom ratu .....	12
5.2. Civilna namjena.....	13
6. BESPILOTNE LETJELICE KAO PRIJETNJA SIGURNOSTI.....	14
6.1. Nenamjerna sigurnosna ugrožavanja bespilotnim letjelicama .....	15
6.2. Namjerna sigurnosna ugrožavanja bespilotnim letjelicama .....	15
6.2.1. Ometanje.....	15
6.2.2. Špijuniranje.....	16
6.2.3. Fizički napadi .....	17
6.2.4. Cyber napadi.....	17
6.2.5. Krijumčarenje .....	18
7. SUSTAVI ANTIDRON ZAŠTITE .....	18
7.1. <i>No fly</i> zona.....	19
7.2. Detekcija.....	20
7.3. Praćenje .....	22
7.4. Identifikacija.....	22
7.5. Neutralizacija.....	23
8. UREĐAJI U ANTIDRON ZAŠTITI.....	24
8.1. Antidron puška .....	24
8.2. Protudronska puška za hvatanje drona mrežom .....	25
8.3. Hvatanje drona pomoću drugog drona .....	25
9. ZAKLJUČAK .....	26
10. LITERATURA .....	28
ŽIVOTOPIS .....	29

# 1. UVOD

Razvoj bespilotnih letjelica predstavlja jednu od najdinamičnijih i najinovativnijih grana suvremene tehnologije. Ove letjelice, koje se često nazivaju i dronovima, našle su široku primjenu u različitim sektorima, uključujući vojsku, poljoprivredu, promet, i zabavu. Njihova sposobnost da obavljaju zadaće bez potrebe za prisutnošću pilota unutar letjelice omogućila je nove pristupe i rješenja koja do sada nisu bila moguća.

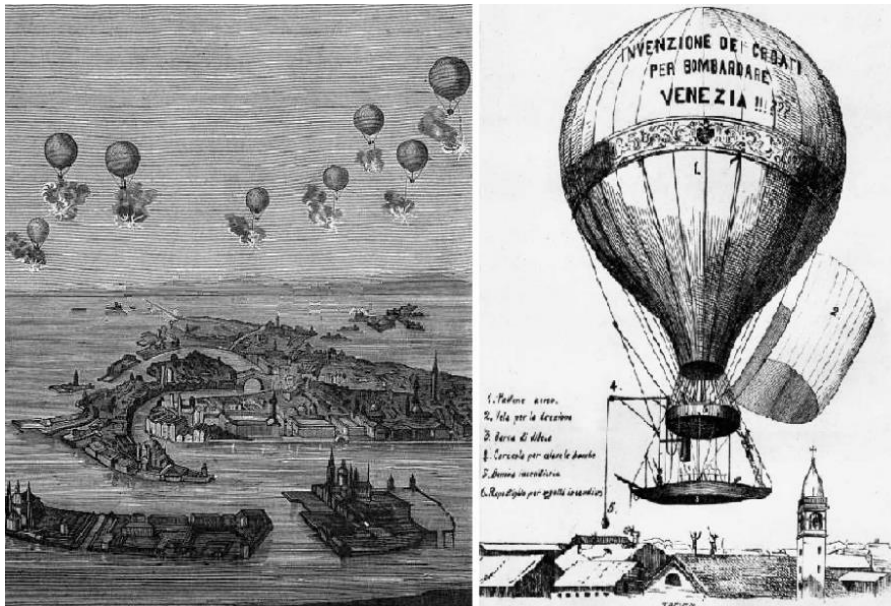
U Republici Hrvatskoj, uporaba bespilotnih letjelica postaje sve raširenija. Od vojnih operacija do civilnih primjena, dronovi su postali neizostavan alat. Vojne bespilotne letjelice predstavljaju važnu ulogu u izviđanju, nadzoru i prikupljanju obavještajnih podataka. S druge strane, civilne primjene uključuju nadzor poljoprivrednih površina, inspekciju infrastrukture, te sudjelovanje u akcijama spašavanja.

Međutim, uz povećanu upotrebu bespilotnih letjelica, raste i potreba za adekvatnom antidron zaštitom. Sigurnost zračnog prostora i zaštita kritičnih infrastrukture od potencijalnih prijetnji koje mogu uzrokovati neovlašteni dronovi postaju sve važniji izazovi. Antidron sustavi i tehnologije razvijaju se s ciljem detekcije, identifikacije i neutralizacije neovlaštenih bespilotnih letjelica.

Ovaj završni rad bavi se analizom uporabe bespilotnih letjelica u zračnom prostoru Republike Hrvatske, njihovim primjenama i utjecajem na različite sektore. Poseban naglasak stavljen je na antidron zaštitu, istražujući trenutno dostupne tehnologije i strategije za osiguravanje sigurnosti zračnog prostora. Kroz pregled literature, analizu slučajeva i tehnoloških inovacija, rad nastoji pružiti cjelovit uvid u trenutno stanje i buduće smjerove razvoja bespilotnih letjelica i antidron sustava u Hrvatskoj.

## 2. POVIJESNI RAZVOJ

Kada se govori o povijesnim počecima bespilotnih letjelica, važno je spomenuti jedan od prvih zabilježenih primjera iz 1849. godine u Veneciji. Habsburške vlasti su, u pokušaju suzbijanja pobune, nad gradom pustile zračne balone naoružane bombama bez posade. Ti baloni su nosili 25-kilogramske bombe od lijevanog željeza ispunjene barutom. Papirnati baloni, promjera oko šest metara i punjeni toplim zrakom, ispuštani su na gradske ciljeve s kopna i okolno usidrenih brodova. Vođeni vjetrom i opremljeni jednostavnim vremenskim upaljačima, ispuštali su barutne bombe na venecijsko tlo. Iako bombardiranje nije bilo vrlo uspješno, svakodnevna testiranja i iščekivanje povoljnog vjetera mjesecima su uznemiravali Mlečane, koji su strahovali od zračnih napada. Oko 200 balona lansirano je iz habsburških redova, ali neki su se zbog promjene vjetera vratili i eksplodirali iznad habsburških vojnika. Zanimljivo je da su Venecijanci vjerovali kako su Hrvati izumili ovu tehniku, što je vidljivo na bakrorezu prikazanom na slici 1, gdje stoji natpis "Invenzione dei Croati per bombardare Venezia", što znači "Izum Hrvata za bombardiranje Venecije" [1].

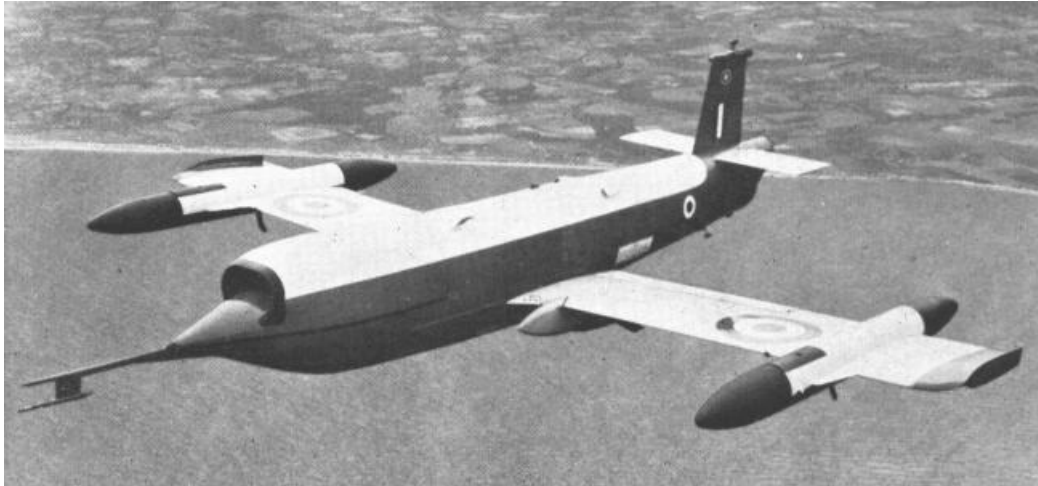


Slika 1. Bakrorezi iz 1849. godine koji prikazuju bombardiranje Venecije [1]

Značajan napredak dogodio se 1898. godine kada je Nikola Tesla patentirao bežični upravljački mehanizam za brodove i vozila. Ovaj izum omogućio je daljnji razvoj bespilotnih letjelica, koje su se počele kontrolirati uređajima kao što su žiroskopi i radijska veza. Tijekom Prvog svjetskog rata, bespilotne letjelice su se koristile kao mete za uvježbavanje pilota, ali i kao zračni torpedi [1].

Tijekom Drugog svjetskog rata, razvoj bespilotnih letjelica doživio je veliki skok. Njemačka leteća bomba V-1 iz 1944. godine predstavlja rani primjer krstarećih projektila, dok je australska zračna meta *GAF Jindivik* iz 1952. godine korištena za uvježbavanje protuzračne obrane. Ovi primjeri ilustriraju kako su bespilotne letjelice postale ključne u vojnim operacijama. U periodu Hladnog rata, bespilotne letjelice su prvenstveno razvijane za špijunažu. Tijekom Vijetnamskog rata korištene su za preko 3400 izviđačkih misija, smanjujući rizik za ljudske živote. Razvoj je nastavljen u Izraelu, gdje su bespilotne letjelice igrale ključnu ulogu u Libanonskom ratu 1982. godine [1].

Slika 2 prikazuje *Jindvik*, bespilotnu letjelicu razvijenu u Ujedinjenom Kraljevstvu tijekom 1950-ih godina. Dizajnirana je prvenstveno kao meta za obuku i testiranje oružja. Naziv *Jindvik* dolazi iz australskog jezika Aboridžina, što znači lovac. *Jindvik* je korišten kao meta za testiranje protuzračnog naoružanja i sustava za obuku, simulirajući neprijateljske zrakoplove [1].



Slika 2. Bespilotna letjelica *Jindvik* iz 20. stoljeća [1]

Razvoj bespilotnih letjelica nastavio se i nakon Hladnog rata. U Hrvatskoj su tijekom Domovinskog rata korišteni dronovi za špijunažu i izviđanje. Modeli kao što su *MAH-01*, *MAH 02* i *M-99 Bojnik* bili su značajni za vojne operacije [1].

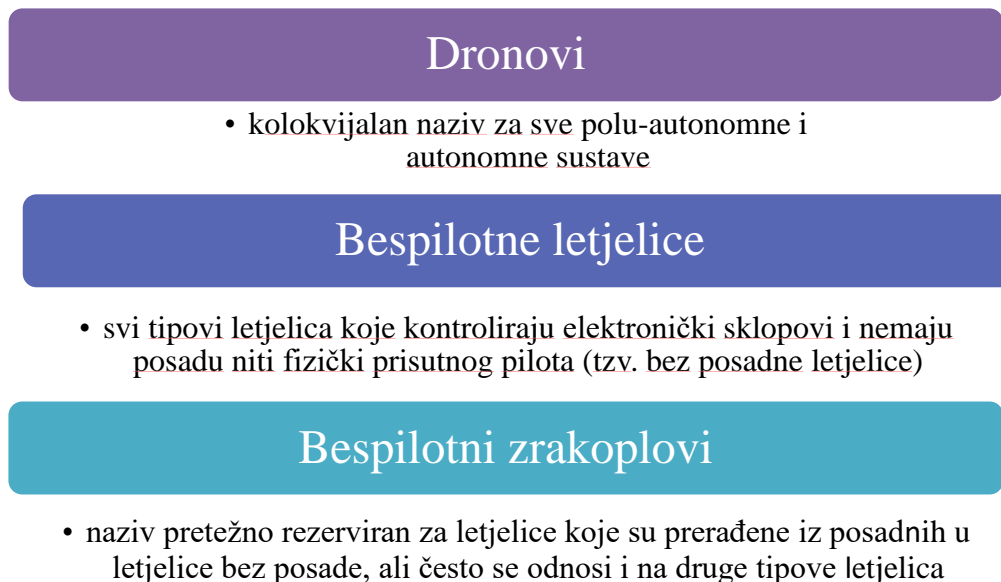
Nakon završetka rata, razvoj bespilotnih letjelica u Hrvatskoj nastavio je napredovati kroz razne inovacije i projekte. Godine 2003. tvrtka Pastor razvila je letjelicu *Fenix*, koja je prvenstveno bila namijenjena nadzoru požarišta, ali se koristila i u poljoprivredi, geodeziji te za nadzor migracija. *Fenix* se pokazao kao svestran alat za različite civilne i komercijalne primjene. U 2006. godini, zagrebačka kompanija Hipersfera započela je s razvojem stratosferskih bespilotnih zračnih brodova. Ovi brodovi služili su kao platforme za mobilne telekomunikacijske sustave i daljinska istraživanja, predstavljajući značajan tehnološki iskorak u uporabi bespilotnih letjelica za civilne svrhe [1].

Posljednjih godina, zanimljivi proizvodi dolaze od tvrtki Tarsier Drones sa sjedištem u Karlovcu i zagrebačke kompanije Kapetair. Njihov prototip iz 2017. godine, *Kapetair Prototype-2*, privukao je pažnju zbog svojih inovativnih karakteristika i mogućnosti. Osim toga, zagrebačka tvrtka IN2 istaknula se u razvoju softvera za bespilotne letjelice, doprinoseći daljnjem napretku ove tehnologije u Hrvatskoj [1].

Razvoj tranzistorske tehnike u 50-im i 60-im godinama 20. stoljeća omogućio je proizvodnju manjih, jačih i pouzdanijih upravljačkih uređaja. U novije vrijeme, dronovi su postali pristupačni i široko korišteni u civilnim sferama, poput nadzora, poljoprivrede i rekreativnih aktivnosti [1].

### 3. BESPILOTNE LETJELICE

Jedan od prvih aspekata koji se susreće prilikom proučavanja ove tematike je raznolikost u nazivlju. Osim naziva „bespilotna letjelica“, koriste se i nazivi „bespilotni zrakoplovi“, dok se u svakodnevnom razgovoru često koristi pojam „dron“. Na slici 3 prikazano je tumačenje pojmova drona, bespilotnog zrakoplova i bespilotne letjelice, čime se dodatno pojašnjavaju razlike i sličnosti među njima [2].



Slika 3. Tumačenje pojmova dron, bespilotne letjelice i bespilotni zrakoplovi

Bespilotne letjelice definiraju se kao motorne, te mogu biti upravljane na daljinu, polu-autonomno ili potpuno autonomno, često kombinirajući ove mogućnosti. Sposobne su nositi razne vrste tereta, što im omogućava obavljanje specifičnih zadataka unutar atmosfere, a trajanje leta prilagođava se vrsti zadatka. Konstrukcija bespilotnih letjelica temelji se na istim tehničkim načelima kao i konvencionalni zrakoplovi, uz poštivanje aerodinamičkih i mehaničkih zakonitosti, s tom razlikom što je upravljačko sučelje zamijenjeno inteligentnim elektroničkim sustavom [2].

Sustav bespilotnih zrakoplova je opsežniji pojam u odnosu na bespilotne letjelice, a sadrži sve potrebne komponente za njihovo korištenje, poput kontrolnog centra i sustava za komunikaciju. Iz prethodnog se može zaključiti da je za let bespilotne letjelice ipak potrebno na neki način njome upravljati. Navedeno može uključivati daljinsko upravljanje putem radio signala, pri čemu pilot s udaljene lokacije upravlja kretanjem letjelice. Let može biti djelomično ili potpuno autonoman, slijedeći unaprijed postavljene rute leta uz pomoć naprednih autonomnih dinamičkih sustava [2].

Konstrukcija bespilotne letjelice temelji se na istim tehničkim principima kao i konstrukcija konvencionalnog zrakoplova, uz poštivanje istih zakonitosti aerodinamike i mehanike leta. Glavnu razliku čini kontrolni sistem zamijenjen inteligentnim elektroničkim sustavom na letjelici [3].

Konstruktivski karakter bespilotnih zrakoplova obično se temelji na kompozitnim "laganim" i izdržljivim materijalima. Međutim, s rastom primjene, sve češće se koriste relativno jeftiniji materijali koji omogućuju širu civilnu uporabu [3].

U novije vrijeme naglasak je na opremi i sensorima koji određuju tržišnu cijenu dronova. Proizvođači se sve više oslanjaju na jeftinije dijelove koji se mogu zamijeniti nakon određenog vremena ili u slučaju pada. Najvažnija karakteristika materijala izrade dronova u civilnoj uporabi, osobito u izvanrednim situacijama poput pada, je zaštita najskupljih dijelova dronova, kao što su senzori i odašiljači [3].

Neke od glavnih prednosti bespilotnih letjelica u odnosu na one s posadom su izostanak potrebe za pilotom, manja vjerojatnost obaranja zbog kompaktnijih dimenzija te ekonomičnost u smislu nižih troškova po misiji prije eventualnog gubitka letjelice [1].

### 3.1. Klasifikacija

Postoji nekoliko načina za klasifikaciju bespilotnih letjelica. U ovom radu koristi se klasifikacija prema sljedećim karakteristikama:

1. generiranju uzgona,
2. opterećenju krila,
3. trajanju leta i domeu,
4. maksimalnoj visini i
5. masi [4].

#### 3.1.1. Klasifikacija prema generiranju uzgona

Pogoni bespilotnih zrakoplova razlikuju se ovisno o klasifikaciji i potrebnom doletu. Raspon je širok, od vrlo malih motora s niskom potrošnjom, najčešće klipnih motora, do dronova koje sada pokreću čak i mlazni motori. U civilnoj upotrebi najčešći su dronovi s malim elektromotorima, napajani baterijama koje se ponovno pune nakon pražnjenja, često pomoću kućnih punjača [1].

Bespilotni zrakoplovi mogu se svrstati u dvije glavne kategorije na temelju načina na koji generiraju uzgonsku silu:

1. aerostati – letjelice koje su lakše od zraka, slične dirizablama i balonima, pune se plinovima poput toplog zraka, helija ili vodika i
2. aerodini – letjelice teže od zraka, koje stvaraju uzgon pomoću krila (krila mogu biti statična, kao kod zrakoplova i zmajeva, ili pokretna, kao kod helikoptera i autožira) [1].

Ova klasifikacija praćena je slikom 4, koja jasno prikazuje značajne razlike u veličinama bespilotnih letjelica. Na lijevoj strani slike nalazi se TARS (*Tethered Aerostat Radar System*), dok je na desnoj strani prikazan mali špijunski dron, *Black Hornet Nano*. TARS (*Tethered Aerostat Radar System*) je izvrstan primjer aerostata. Kao letjelica lakša od zraka, TARS se koristi za nadzor zračnog prostora duž južne granice Sjedinjenih Država. Ovaj aerostat, napunjen helijem, lebdi na velikim visinama i opremljen je radarima za otkrivanje sumnjivih zrakoplova. *Black Hornet Nano*, špijunski aerodin norveške proizvodnje, predstavlja inovativnu tehnologiju u području aerodinih bespilotnih letjelica. Ovaj mali dron, težine tek 18 grama, koristi napredne kamere i senzore za obavljanje izviđačkih i špijunskih zadataka [1].





Slika 4. Klasifikacija letjelica na aerostate i aerodine [5, 6]

### 3.1.2. Klasifikacija prema opterećenju na krilima

Još jedan način za kategorizaciju bespilotnih letjelica je prema opterećenju krila, koje se određuje dijeljenjem ukupne mase letjelice s površinom njenih krila [4].

Na temelju opterećenju na krilima, letjelice se razvrstavaju na sljedeći način:

- nisko opterećenje: manje od  $50 \text{ kg/m}^2$ ,
- srednje opterećenje: od 50 do  $100 \text{ kg/m}^2$  i
- visoko opterećenje: iznad  $100 \text{ kg/m}^2$  [4].

### 3.1.3. Klasifikacija prema trajanju leta i dometa

Važno je napomenuti da su kod klasifikacije bespilotnih letjelica pojmovi istrajnost i dolet usko povezani – letjelica s većom istrajnošću obično ima veći dolet.

Prema ovoj klasifikaciji, bespilotne letjelice dijele se na:

- velike: letjelice sposobne za letove više od 24 sata, s dometom od 1.500 do 22.000 kilometara (npr. *Global Hawk*),
- srednje: letjelice koje mogu letjeti između 5 i 24 sata, što je najčešći tip bespilotnih letjelica (npr. *Predator*) i
- male: letjelice koje lete manje od 5 sati i prilikom kratkih misija [4].

### 3.1.4. Klasifikacija prema visini leta

Još jedan način razvrstavanja bespilotnih letjelica je prema njihovoj maksimalnoj operativnoj visini ili plafonu leta, i to na sljedeći način:

- niska visina: letjelice s plafonom leta do 1.000 metara,
- srednja visina: letjelice s plafonom leta od 1.000 do 10.000 metara i
- velika visina: letjelice s plafonom leta iznad 10.000 metara [4].



### 3.1.5. Klasifikacija prema masi

Bespilotne letjelice obuhvaćaju širok raspon težina, od mikro letjelica koje su lakše od kilograma do velikih letjelica poput Global Hawka (slika 5), čija masa prelazi 11 tona [1].

Prema težini, bespilotne letjelice se klasificiraju na sljedeći način:

- super teške: letjelice s masom iznad 2 tona (*Darkstar, X-45, Predator B*),
- teške: letjelice mase između 200 i 2.000 kilograma (*Fire Scout, Outrider*),
- srednje teške: letjelice mase između 50 i 200 kilograma (*Phoenix, Raven*),
- lagane: letjelice mase između 5 i 50 kilograma (*RPO Midget*) i
- mikro: letjelice mase ispod 5 kilograma (*Dragon Eye*) [4].



Slika 5. Bespilotna letjelica *Global Hawk* [7]

## 4. PREGLED ZAKONSKE REGULATIVE

Razvoj tehnologije bespilotnih letjelica (dronova) i njihova sve veća prisutnost u civilnom sektoru zahtijevaju odgovarajuće zakonske regulative kako bi se osigurala sigurnost i efikasnost njihove uporabe. Republika Hrvatska je poduzela korake kako bi regulirala ovu materiju, oslanjajući se na vlastite zakone i europske smjernice [2].

Najrelevantniji propisi koji uređuju letenje bespilotnim zrakoplovima u Republici Hrvatskoj obuhvaćaju Zakon o zračnom prometu (NN 69/09, 84/11, 54/13, 127/13, 92/14), Pravilnik o sustavima bespilotnih zrakoplova i Pravilnik o upravljanju zračnim prostorom (NN 32/18, 104/18) [2].

Pravilnik o sustavima bespilotnih zrakoplova donesen je temeljem članka 142. stavka 5. Zakona o zračnom prometu. Ovaj pravilnik propisuje tehničke i operativne uvjete za sigurnu uporabu bespilotnih letjelica, uključujući sustave bespilotnih zrakoplova i zrakoplovnih modela.

Pravilnik se primjenjuje na bespilotne letjelice mase do 150 kilograma, osim u slučajevima kada se koriste za državne aktivnosti, u zatvorenom prostoru, ili kada ne mogu postići kinetičku energiju veću od 79 J [2].

Ovi propisi osiguravaju da uporaba bespilotnih letjelica bude sigurna, efikasna i u skladu sa zakonima Republike Hrvatske, omogućujući daljnji razvoj ove tehnologije u civilnim i komercijalnim sektorima [2].

Bespilotne letjelice koje se koriste za letačke operacije klasificiraju se prema operativnoj masi na sljedeći način:

1. klasa 5: do 5 kilograma,
2. klasa 25: od 5 do 25 kilograma i
3. klasa 150: od 25 do 150 kilograma [8].

Područja letenja [2] klasificirana su prema izgrađenosti, naseljenosti i prisutnosti ljudi:

1. klasa I: područje bez izgrađenih objekata i bez ljudi osim rukovatelja,
2. klasa II: područje s gospodarskim objektima koji nisu namijenjeni za boravak ljudi, s povremenim prolazom ljudi,
3. klasa III: područje s građevinama primarno namijenjenima za stanovanje, poslovanje ili rekreaciju i
4. klasa IV: gusto naseljene urbane zone [8].

Na slici 6 prikazane su kategorije leta koje ilustriraju povezanost između klasa sustava bespilotnih zrakoplova i klasa područja letenja. Svaka kategorija predstavlja određeni oblik opasnosti i u skladu s time definira obveze operatora [8].

Klasa sustava bespilotnog zrakoplova	Klasa područja izvođenja letenja			
	I Neizgrađeno područje	II Izgrađeno nenaseljeno područje	III Naseljeno područje	IV Gusto naseljeno područje
<b>5</b> OM < 5 kg	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
<b>25</b> 5 ≤ OM < 25 kg	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>150</b> 25 ≤ OM ≤ 150 kg	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>D</b>

Slika 6. Kategorije leta: povezanost između klase bespilotnog zrakoplovnog sustava i kategorije zračnog prostora za letenje [8]

Svaka bespilotna letjelica mora biti označena identifikacijskom pločicom ili naljepnicom koja sadrži osnovne podatke o letjelici i operateru. Operateri moraju imati relevantne dokumente poput letačkog priručnika, police osiguranja i dokaz o osposobljenosti za upravljanje letjelicom [8].

Operateri bespilotnih letjelica moraju voditi računa da letovi ne predstavljaju prijetnju za ljude, njihovo zdravlje ili imovinu. Navedeno podrazumijeva izbjegavanje sudara, gubitak kontrole nad dronom i očuvanje javnog reda [8].

Odgovornosti operatera uključuju:

- operateri smiju upravljati bespilotnim letjelicama samo u dnevnim uvjetima kako bi osigurao maksimalnu vidljivost i sigurnost,
- temeljito provjeriti sve sustave kako bi se osiguralo da su u ispravnom stanju,
- prikupiti sve relevantne informacije za planirani let i provjeriti meteorološke uvjete,
- oprema i teret na dronu moraju biti čvrsto pričvršćeni kako bi se spriječilo njihovo ispadanje tijekom leta,
- prilikom polijetanja i slijetanja izbjeći sve fizičke prepreke kako bi se spriječile nesreće,
- potrebno je održavati minimalnu udaljenost od 30 metara od ljudi, objekata, životinja, vozila, drugih zrakoplova, plovila, željezničkih pruga, cesta, dalekovoda i vodenih putova,
- operater mora osigurati da bespilotna letjelica bude udaljena najmanje 150 metara od skupine ljudi,
- bespilotne letjelice moraju letjeti izvan područja kontroliranog zračnog prometa, osim ako nije drugačije dozvoljeno,
- letovi moraju biti najmanje 3 km udaljeni od aerodroma i njihovih prilaznih ili odlaznih ruta, osim ako nisu predviđene posebne procedure i
- operateri moraju spriječiti ispuštanje bilo kakvih predmeta tijekom leta [8].

Letenje unutar kontroliranih zračnih prostora dozvoljeno je samo uz prethodno odobrenje nadležnih tijela zračne kontrole za specifične svrhe. Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo (HACZ) odgovorna je za nadzor i upravljanje korištenjem bespilotnih letjelica. Ovlaštenja nadzora u civilnom zrakoplovstvu dodijeljena su ministarstvu nadležnom za civilni zračni promet. Agencija pruža pomoć fizičkim i pravnim osobama pri određivanju klase područja letenja, te izdaje potrebna odobrenja i certifikate za operatore i letjelice [2].

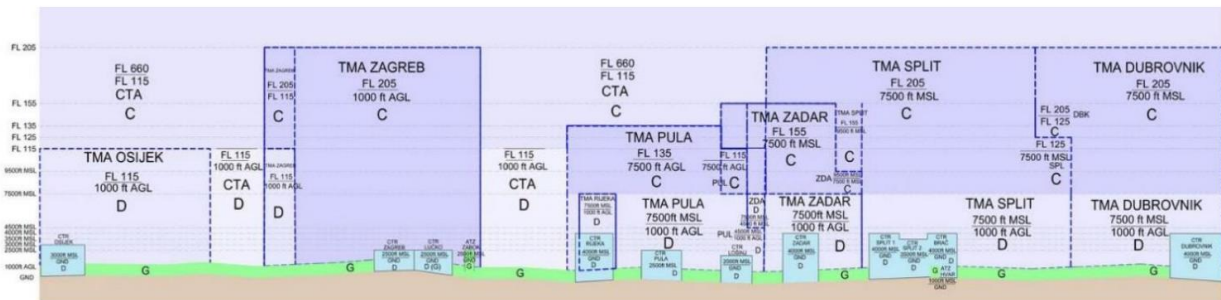
Hrvatska kontrola zračne plovidbe, kao trgovačko društvo u vlasništvu Republike Hrvatske, posluje prema zakonima EU i RH, te slijedi standarde i prakse Međunarodne organizacije za civilno zrakoplovstvo (ICAO) i Europske organizacije za sigurnost zračne plovidbe (EUROCONTROL). Primarna je organizacija za pružanje zrakoplovnih usluga, s posebnim fokusom na održavanje visoke razine sigurnosti zračnog prometa, u skladu s regulativama Jedinog europskog neba. Ukoliko se planira let bespilotne letjelice unutar kontroliranog zračnog prostora, nužno je obavijestiti Hrvatsku kontrolu zračne plovidbe. Međutim, ukoliko let ne prelazi visinu od 300 metara, nije blizu aerodroma i ne ometa rad aerodroma ili kontrolirani zračni prostor, nije potrebno unaprijed osigurati zračni prostor [8].

Bespilotne letjelice koje se koriste za snimanje iz zraka podliježu Uredbi o snimanju iz zraka, donesenoj na temelju Zakona o obrani. Uredba propisuje uvjete za snimanje državnog područja Republike Hrvatske, postupke izdavanja odobrenja za snimanje i postupak pregleda snimki prije njihove upotrebe. Snimanje iz zraka obuhvaća snimanje za potrebe izmjere zemljišta, istraživanja, prostornog uređenja te za druge gospodarske i znanstvene svrhe [2].

Za ciljano snimanje vojnih i civilnih lokacija važnih za obranu, potrebna su posebna odobrenja. Snimke koje se koriste za prijenos uživo moraju se dostaviti na pregled u Državnu geodetsku upravu odmah nakon obavljenog snimanja [2].

## 4.1. Klasifikacija zračnog prostora

Klase zračnog prostora (slika 7) predstavljaju različite zone unutar kojih se primjenjuju specifična pravila letenja. Klasifikacija pomaže u upravljanju prometom jer različite klase omogućuju kontrolu nad zrakoplovima u gustim prometnim područjima, posebno oko zračnih luka i na velikim visinama [9].



Slika 7. Klasifikacija zračnog prostora u Republici Hrvatskoj [9]

Podjela zračnog prostora prema klasama je sljedeća:

- Klasa A.** Dozvoljeni su samo IFR letovi, uz stalnu komunikaciju zrak-zemlja i odobrenje ATC. Kontrola zračnog prometa osigurava usluge i odvajanje letova.
- Klasa B.** IFR i VFR letovi su dopušteni, uz stalnu komunikaciju zrak-zemlja i odobrenje ATC. Svi letovi su pod kontrolom zračnog prometa i međusobno odvojeni.
- Klasa C.** Dopušteni su IFR i VFR letovi. IFR letovi su odvojeni od svih ostalih, a VFR letovi primaju prometne informacije i savjete. Brzina je ograničena na 250 čvorova ispod 3050 m, uz stalnu komunikaciju zrak-zemlja i odobrenje ATC.
- Klasa D.** IFR i VFR letovi su dozvoljeni. IFR letovi primaju informacije o VFR letovima, a VFR letovi o svim ostalim letovima. Brzina je ograničena na 250 čvorova ispod 3050 m. Stalna komunikacija zrak-zemlja je obavezna, uz odobrenje ATC.
- Klasa E.** IFR i VFR letovi su dopušteni. IFR letovi su odvojeni od drugih IFR letova i primaju prometne informacije. Brzina je ograničena na 250 čvorova ispod 3050 m. Stalna komunikacija zrak-zemlja i odobrenje ATC su potrebni za IFR letove.
- Klasa F.** IFR i VFR letovi su dopušteni. IFR letovi primaju savjetodavne usluge, a svi letovi na zahtjev dobivaju letne informacije. Brzina je ograničena na 250 čvorova ispod 3050 m. ATC odobrenje nije potrebno.
- Klasa G.** IFR i VFR letovi su dopušteni, uz letne informacije na zahtjev. Brzina je ograničena na 250 čvorova ispod 3050 m. ATC odobrenje nije potrebno [9].

Klasifikacija zračnog prostora u Republici Hrvatskoj uređena je prema pravilnicima i zakonima koji su usklađeni s međunarodnim standardima, posebno onima koje propisuje Međunarodna organizacija civilnog zrakoplovstva (ICAO). Ključni dokument koji regulira ovu oblast je Pravilnik o klasifikaciji zračnog prostora Republike Hrvatske, koji definira različite klase zračnog prostora unutar hrvatskih granica i propisuje pravila za svaki od njih. Dodatno, u primjeni je Zakon o zračnom prometu Republike Hrvatske, koji obuhvaća širi spektar pravila i regulativa vezanih za zračni promet, uključujući upravljanje i nadzor zračnog prostora, sigurnost letenja, te prava i obveze sudionika u zračnom prometu [9].



## 5. NAMJENA BESPILOTNIH LETJELICA

### 5.1. Vojna namjena

U vojnim operacijama, bespilotne letjelice služe za otkrivanje nuklearnih, kemijskih i bioloških aktivnosti, detekciju mina, elektroničko izviđanje, uspostavljanje komunikacijskih veza, snimanje radarskih slika te nošenje borbenog tereta. Elektroničko promatranje i izviđanje predstavljaju strateški i taktički sustav koji omogućuje prepoznavanje, identifikaciju i lociranje ciljeva, koristeći se za pravovremenu upotrebu raspoloživih sredstava. Za to je potrebno poznavanje položaja i kretanja neprijateljskih snaga.

Primjer vojne namjene bespilotnih letjelica za detekciju nuklearnih, kemijskih i bioloških aktivnosti je *MQ-9 Reaper* (slika 8). Može letjeti na velikim visinama tijekom dugih razdoblja, omogućujući kontinuirano praćenje i prikupljanje podataka u širokom području. Time pruža ključne obavještajne informacije potrebne za vojno planiranje i zaštitu od potencijalnih prijetnji [10].



Slika 8. *MQ-9 Reaper* [10]

Elektroničko izviđanje uključuje korištenje fotografskih i televizijskih kamera, termovizijskih uređaja, infracrvenih skenera, laserskih daljinomjera i izviđačkih radio prijemnika. Radio izviđanje i ometanje učinkovito se provodi putem bespilotnih letjelica, jer se one mogu približiti izvorima zračenja [4].

Radio izviđanjem prikupljaju se informacije o radio komunikacijama i tehničkim karakteristikama radio i radio-relejnih stanica. Tako se omogućuje praćenje rada ovih stanica, prijem i analiza presretnutih poruka, bilo da su otvorene, kodirane ili šifrirane, te se provodi tehnička i operativna analiza elektroničkog sustava upravljanja. Bespilotne letjelice imaju značajne prednosti u radio ometanju. Zahvaljujući udaljenosti od vlastitih snaga, bespilotne

letjelice ne ometaju vlastite radio komunikacije. U usporedbi s mobilnim i helikopterskim sustavima za radio elektronsko ometanje, potrebna snaga za ometanje je znatno smanjena, jer bespilotne letjelice mogu operirati u neposrednoj blizini ciljanih komunikacijskih kanala protivnika [1].

### 5.1.1. Upotreba u Domovinskom ratu

U razdoblju Domovinskog rata, Hrvatska vojska je prepoznala potrebu za bespilotnim letjelicama koje bi služile za izviđanje i nadzor, posebno s obzirom na tadašnje odsustvo ratnog zrakoplovstva. Na samom početku rata, 1991. i 1992. godine, uz pomoć modelarskih klubova, koristili su se prepravljeni modeli opremljeni fotografskom opremom. Ovi dronovi su snimali aero fotografije koje su se razvijale nakon povratka letjelice. Prvi modeli imali su vrijeme leta do sat vremena i operativni domet manji od 15 kilometara. Modeli kao što su *MAH-01*, *MAH 02* (slika 9) i *M-99 Bojnik* bili su značajni za vojne operacije [1].



Slika 9. Bespilotna letjelica *MAH 02* korištena u Domovinskom ratu [1]

S početkom 1993. godine, Hrvatska vojska počela je koristiti naprednije bespilotne letjelice koje su, osim fotografija, mogle snimati i TV prijenos u realnom vremenu, omogućujući praćenje leta na terminalima s televizijskim prikazom. Danas bespilotne letjelice u Hrvatskoj posjeduje isključivo vojska, koja u svom arsenalu ima tri tipa: *BL M-99*, *Skylark I* i *Hermes 450* [1].

Bespilotna letjelica *BL M-99 Bojnik*, domaće je proizvodnje i spada u kategoriju srednjeg doleta. Ova letjelica razvijena je kako bi pružala informacije o razmještaju neprijateljskih snaga tijekom Domovinskog rata. Dizajnirana je za izviđačke misije, pružajući podršku kopnenim jedinicama na taktičkoj razini [1].

Kako se rat bližio kraju, tehnologija bespilotnih letjelica u Hrvatskoj doživjela je značajan napredak. Tijekom operacije Oluja 1995. godine, korištena je bespilotna letjelica pod nazivom *M-99 Bojnik*. Ova letjelica igrala je ključnu ulogu u vojno-redarstvenim operacijama, što joj je kasnije donijelo naziv „*Oči Oluje*“. *M-99 Bojnik* bila je daljinski navođena iz

zemaljske postaje unutar radijusa od 60 kilometara, što je omogućavalo precizno fotografsko i video snimanje u stvarnom vremenu. S rasponom krila od 4 metra i masom od 36 kilograma, mogla je ostati u zraku do 6 sati na visini od 4000 metara, neprimjetno snimajući neprijateljske položaje i razmještaj naoružanja [1].

## 5.2. Civilna namjena

Civilne primjene bespilotnih letjelica obuhvaćaju transport, znanstvena istraživanja i promatranje Zemlje. To uključuje praćenje oblaka, predviđanje odrona, geološka istraživanja, meteorološka mjerenja, proučavanje atmosfere i oceana, istraživanje nastanka uragana i proučavanje vulkana. Također se koriste za nadzor poplava, uragana, potresa, vulkana, požara i atmosferskih zagađenja, kao i za inspekciju energetskih vodova, cjevovoda, naftovoda, cestovnog i željezničkog prometa, pomorskog prometa, te nuklearnih, radioaktivnih i kemijskih zagađenja. Bespilotne letjelice prikupljaju podatke o terenu, obavljaju zapašivanje polja, služe u raznim komunikacijskim svrhama i u hitnim situacijama poput potrage i spašavanja te pružanja hitne medicinske pomoći [1].

Bespilotne letjelice značajno doprinose modernizaciji i povećanju efikasnosti poljoprivredne proizvodnje u Hrvatskoj. Slika 10 prikazuje primjer civilne uporabe bespilotne letjelice *VoloDron* u poljoprivredi. Riječ je o autonomnom dronu dizajniranom za poboljšanje učinkovitosti i produktivnosti u poljoprivredi. *VoloDron* može samostalno letjeti i izvršavati zadatke poput prskanja usjeva ili pregleda polja. Zahvaljujući naprednim sensorima i GPS tehnologiji, *VoloDron* može precizno identificirati područja koja zahtijevaju intervenciju. Korištenjem drona smanjuje se potreba za teškim strojevima na terenu, čime se smanjuje zagađenje i oštećenje tla [9].



Slika 10. Primjena bespilotne letjelice *VoloDron* u poljoprivredi [9]

Dronovi se koriste za precizno praćenje usjeva, otkrivanje štetnika i bolesti te optimizaciju navodnjavanja. Zahvaljujući senzorima i kamerama visoke rezolucije, poljoprivrednici mogu analizirati stanje svojih polja u stvarnom vremenu, čime se smanjuje potreba za fizičkim obilascima i omogućava brza reakcija na potencijalne probleme [8].

U geodeziji, bespilotne letjelice omogućuju brzo i precizno prikupljanje podataka o terenu. Korištenjem tehnologija kao što su LIDAR (*Light Detection and Ranging*) i fotogrametrija, dronovi mogu generirati točne trodimenzionalne modele terena, karte i ortofoto snimke. Ovi podaci su važni za projektiranje infrastrukture, urbanističko planiranje i praćenje promjena u okolišu [8].

Upotreba dronova u geodeziji značajno smanjuje vrijeme i troškove tradicionalnih metoda mjerenja. Jedan od primjera bespilotne letjelice pri geodetskim radovima je *senseFly eBee*, koja se ističe zbog svoje izuzetne preciznosti i dugotrajnog leta [8].

Dronovi su postali nezamjenjivi alat u industriji snimanja i medija. Njihova sposobnost da snimaju visokokvalitetne fotografije i videozapise iz zraka pruža jedinstvene perspektive koje su prije bile moguće samo uz korištenje skupih helikoptera ili zrakoplova. U Hrvatskoj se dronovi koriste za snimanje filmova, reklama, sportskih događaja, turističkih atrakcija i kulturnih manifestacija. Osim toga, upotrebljavaju se i za dokumentiranje arheoloških nalazišta i zaštitu kulturne baštine [8].

*DJI Phantom 4 Pro* jedna je od istaknutih bespilotnih letjelica za snimanje, prepoznatljiv po svojoj kameri visoke rezolucije i izuzetnoj stabilnosti u letu [11].

## 6. BESPILOTNE LETJELICE KAO PRIJETNJA SIGURNOSTI

Korištenje bespilotnih letjelica može predstavljati prijetnju javnoj sigurnosti, bilo kroz njihovu uobičajenu primjenu u dozvoljenim aktivnostima ili kroz zlonamjerne akcije usmjerene na izvršenje nezakonitih radnji. Shodno tome, prijetnje javnoj sigurnosti uzrokovane dronovima mogu se podijeliti u dvije osnovne kategorije: slučajne i namjerne [12].

Potencijalna uporaba dronova može se razvijati u tri pravca: pravilna i stručna uporaba od strane kvalificiranih i ovlaštenih osoba ili organizacija, nepravilna uporaba od strane neovlaštenih i needuciranih osoba ili organizacija te namjerno korištenje dronova za nanošenje štete [12].

Sigurnosne prijetnje koje proizlaze iz korištenja dronova mogu biti nenamjerne, kao rezultat nestručnog ili nepažljivog rukovanja, ili namjerne, kada se dron koristi s ciljem počinjenja kaznenih djela, poput napada na zaštićene osobe ili terorističkih napada [12].



## 6.1. Nenamjerna sigurnosna ugrožavanja bespilotnim letjelicama

Nenamjerne ugroze predstavljaju opasnost za određena zaštićena dobra koje se javljaju bez izravne namjere operatera bespilotne letjelice ili zbog više sile, odnosno nehajne krivnje operatera. U takvim situacijama, ugroza nije planirana niti je cilj letačke operacije. Česti uzroci ovih ugroza su nepoznavanje pravila koja reguliraju letačke operacije, nestručno rukovanje bespilotnom letjelicom, tehnički kvarovi ili padovi uzrokovani atmosferskim uvjetima poput vjetra ili tuče [12].

Ove nenamjerne ugroze mogu se podijeliti na dvije glavne kategorije: ometanja (smetanja) i fizičke ugroze. Ometanja se događaju kada operater ne slijedi propisana pravila za izvođenje letačkih operacija, na primjer, neprijavlivanjem letačke operacije nadležnoj agenciji ili nenamjernim letenjem u zabranjenoj zoni zbog nepoznavanja propisa. Takva ometanja mogu ugroziti druge sudionike zračnog prometa i manifestiraju se slično kao namjerna ometanja [12].

Fizičke ugroze uključuju oštećenje imovine i ugrožavanje osobne sigurnosti ljudi uslijed udara bespilotne letjelice ili njezinih dijelova. Do ovakvih incidenata može doći zbog tehničkih kvarova ili nestručnog rukovanja bespilotnim zrakoplovom, što može rezultirati padom letjelice na objekte ili ljude [12].

## 6.2. Namjerna sigurnosna ugrožavanja bespilotnim letjelicama

Namjerne ugroze nastaju kada se bespilotna letjelica koristi za izvršenje protupravnog djela, postajući alat za počinjenje kaznenog djela ili prekršaja [12].

Ove ugroze mogu se podijeliti u nekoliko kategorija:

- ometanje,
- obavještajna djelatnost (špijuniranje),
- krijumčarenje i
- fizički napadi [12].

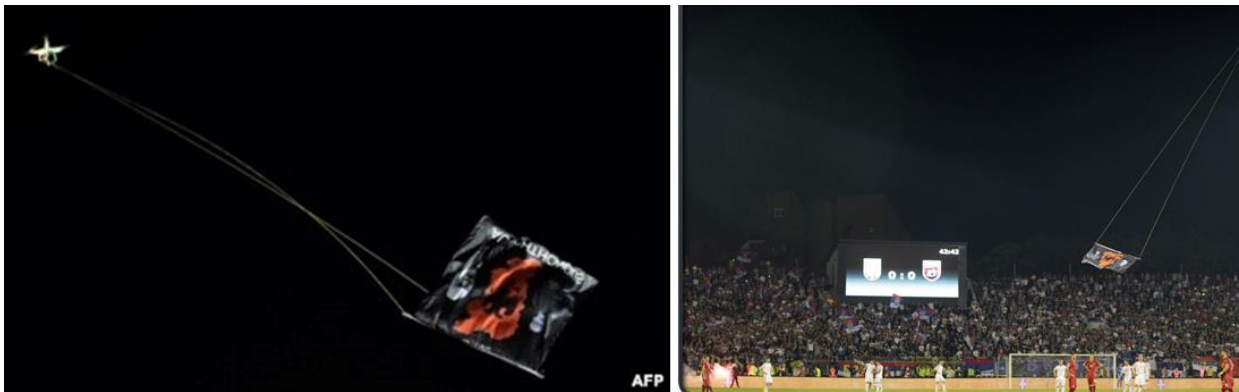
Cilj u navedenim slučajevima odnosi se na ostvarenje unaprijed planiranog protupravnog čina [12].

### 6.2.1. Ometanje

Ometanje može biti rezultat namjernih ili nenamjernih aktivnosti koje ugrožavaju sigurnost. Prisutnost dronova na određenim lokacijama može ometati aktivnosti koje provode državne institucije, kao što su gašenje požara, potraga i spašavanje, vojni manevri ili sportske aktivnosti poput padobranstva. Također, može ugroziti sigurnost zračnog prometa. Na primjer, snimke požara koje su napravili dronovi iznad požarišta u hrvatskom priobalju, prisilile su Oružane snage Hrvatske da upozore vlasnike dronova da ne lete u blizini požarišta zbog opasnosti za zračne snage angažirane u gašenju požara [12].

Dronovi također mogu narušiti javni red i mir. U listopadu 2014. godine, albanski aktivisti prekinuli su nogometnu utakmicu između Srbije i Albanije spuštanjem drona sa

zastavom „Velike Albanije“, što je izazvalo neredu i tučnjavu na terenu. Incident s dronom tijekom kvalifikacijske utakmice za Europsko prvenstvo između Albanije i Srbije prikazan je na slici 11. [12].



Slika 11. Ometanje dronom tijekom utakmice (Albanija- Srbija, 2014. godine) [13]

Dronovi u blizini zračnih luka mogu izazvati prekide u zračnom prometu. Tijekom lipnja i srpnja 2019. godine, prisutnost drona u blizini Zračne luke Split uzrokovala je privremenu obustavu operacija slijetanja i polijetanja na oko 30 minuta. U tom periodu, neki zrakoplovi su morali čekati u zraku, dok su tri zrakoplova preusmjerena na alternativne aerodrome. Od 19. do 21. prosinca 2018. godine, londonska zračna luka Gatwick bila je zatvorena 30 sati zbog prisutnosti dronova, što je utjecalo na let oko 1.000 zrakoplova i 140.000 putnika [12].

Radio frekvencijske emisije koje stvaraju dronovi mogu ometati bežične mreže i komunikacijske sustave, što predstavlja poseban problem za interventne službe koje koriste komunikacijske sustave za koordinaciju svojih akcija. Prema podacima Hrvatske gorske službe spašavanja, tijekom potražnih akcija susreli su se s ometanjima uzrokovanim prisutnošću nepoželjnih dronova, zbog čega su morali privremeno prizemljiti svoje dronove [12].

Dronovi mogu uzrokovati smetnje i letenjem iznad privatnih posjeda, što predstavlja pravni problem jer su vertikalne granice nekretnina često nejasno definirane. Prema Simonettiju, nekretnine su vertikalno ograničene granicom opravdanog interesa vlasnika, dok se izvan tih granica prostire opće dobro koje svi imaju pravo koristiti u skladu s državnim propisima [12].

## 6.2.2. Špijuniranje

Određeni dronovi teško su primjetni na otvorenim površinama zbog sitnih dimenzija koje mogu biti veličine insekta. Operater drona ne mora biti blizu njega niti pored mete koju nadzire. Osim toga, mogu se opremiti naprednom tehnologijom za audio i video snimanje, što ih čini idealnim alatima za obavještajne operacije. Kombinacija HD rezolucije i mogućnosti zumiranja čini ih izuzetno efikasnim sredstvom za prikupljanje podataka. Dron ne mora uvijek letjeti već se može pozicionirati na strateško mjesto s kojeg može nadzirati željeni prostor, čime štedi energiju [12].

Korištenje dronova za tajno uhođenje drugih osoba te snimanje njihovih audio i video zapisa predstavlja oblik narušavanja privatnosti. Dronovi se koriste i u klasičnim kriminalnim aktivnostima, kao što su provale, gdje služe za izviđanje stambenih i poslovnih objekata kako bi se utvrdilo odsustvo stanovnika ili mjere sigurnosti. Iako nema dokumentiranih slučajeva da kompanije koriste dronove za prikupljanje informacija radi sticanja komercijalne prednosti ili industrijske špijunaže, ova prijetnja ne smije se zanemariti [12].

### 6.2.3. Fizički napadi

Dronovi mogu biti opremljeni raznim improviziranim uređajima poput kemijskih, bioloških, radioloških, nuklearnih, i eksplozivnih sredstava, te se mogu koristiti kao kinetički projektili za nanošenje štete ili ozljeda. Dana 9. travnja 2015. godine, anti nuklearni aktivist Yasuo Yamamoto spustio je dron *Phantom 2*, koji je nosio manju količinu radioaktivnog materijala, na krov rezidencije japanskog premijera Shinza Abea. Sličan pokušaj atentata počinjen je nad predsjednikom Venezuele, pri čemu su korišteni dronovi napunjeni eksplozivom C4 [12].

Tijekom okupljanja u Dresdenu 15. rujna 2013. godine, dogodio se incident pri čemu je mali dron proletio vrlo blizu njemačke kancelarke Angele Merkel i ministra obrane Thomasa de Maizièrea. Dron je nakratko lebdio pored njih, a zatim se srušio na pozornicu, praktički ispred nogu kancelarke. Ovim dronom upravljao je član njemačke Piratske stranke, a akcija je izvedena kao znak protesta protiv vladinog praćenja. Prema izjavi zamjenika čelnika Piratske stranke Markusa Barenhoffa, cilj je bio pokazati kancelarki i ministru obrane osjećaj nadzora dronom. Iako kancelarka nije izgledala zabrinuto zbog incidenta, čak i mala količina eksploziva na dronu mogla je dovesti do strašnih posljedica [12].

### 6.2.4. Cyber napadi

Sigurnost i učinkovitost ključne infrastrukture u razvijenim zemljama, uključujući i Hrvatsku, ovisi o kibernetičkom prostoru, industrijskim nadzornim sustavima i osjetljivoj informatičkoj tehnologiji. To se odnosi na sektore poput energetike, bankarstva, financija, prometa i komunikacija. Ranjiva je i standardna bežična tehnologija za prijenos podataka, poznata kao Bluetooth, preko koje korisnik opremljenog drona može preuzeti nadzor nad drugim uređajem, slati lažne podatke, presresti prijenos, otkriti osjetljive informacije te uzrokovati financijsku štetu [12].

Najpoznatiji oblici *cyber* napada uključuju:

- bluejacking: slanje lažnih poruka,
- bluesnarfing: neovlašteni pristup informacijama na uređaju,
- bluesniping: identificiranje uređaja s Bluetoothom na većem dometu od dopuštenog i
- bluebugging: preuzimanje nadzora nad uređajem [12].

### 6.2.5. Krijumčarenje

Upotreba dronova u dostavnim sustavima postaje sve značajnija, a inovacije u poslovanju usmjerene su prema ovom trendu. Poznate tvrtke već su implementirale ovu tehnologiju u svoje operacije. Primjerice, u prosincu 2016. godine, Amazon je izvršio svoju prvu dostavu dronom, dok švicarska pošta također koristi dronove za određene isporuke [12].

Iako su dronovi izuzetno korisni u raznim aspektima života, uključujući zabavu i službene svrhe, oni također predstavljaju nove prijetnje i izazove koje prije nisu postojale. Krijumčari koriste dronove za prelazak prepreka poput zidova i ograda, što smanjuje mogućnost otkrivanja, te omogućava dostavu na udaljene lokacije. Time je krijumčarima dostupan nebranjani zračni prostor, preko kojeg mogu prenositi različite zabranjene predmete: droge, oružje, mobitele, lijekove, poruke i slično [12].

U studenom 2016. godine, zabranjeni predmeti dostavljeni su zatvoreniku u ćeliju na četvrtom katu danskog zatvora *Nyborg*. Dron je uspješno dostavio dva mobilna telefona, pilu i čavle. Predmeti su pronađeni i zaplijenjeni, no dron nije uhvaćen niti je pilot otkriven. Krijumčarenje dronovima može se vršiti preko državnih granica iznad otvorenih područja kopna ili mora [12].

Korištenje dronova za nezakonite aktivnosti, uključujući krijumčarenje, predstavlja ozbiljan problem jer dronovi omogućavaju visok stupanj prikrivenosti. Komercijalni dronovi su idealni za krijumčarenje zbog svoje nosivosti, brzine, dometa i male veličine. Ova efikasna i pouzdana tehnologija dostave, korištena u poslovnom svijetu, može se iskoristiti i u kriminalne svrhe, omogućujući krijumčarima lakše prevladavanje standardnih sigurnosnih barijera [12].

## 7. SUSTAVI ANTIDRON ZAŠTITE

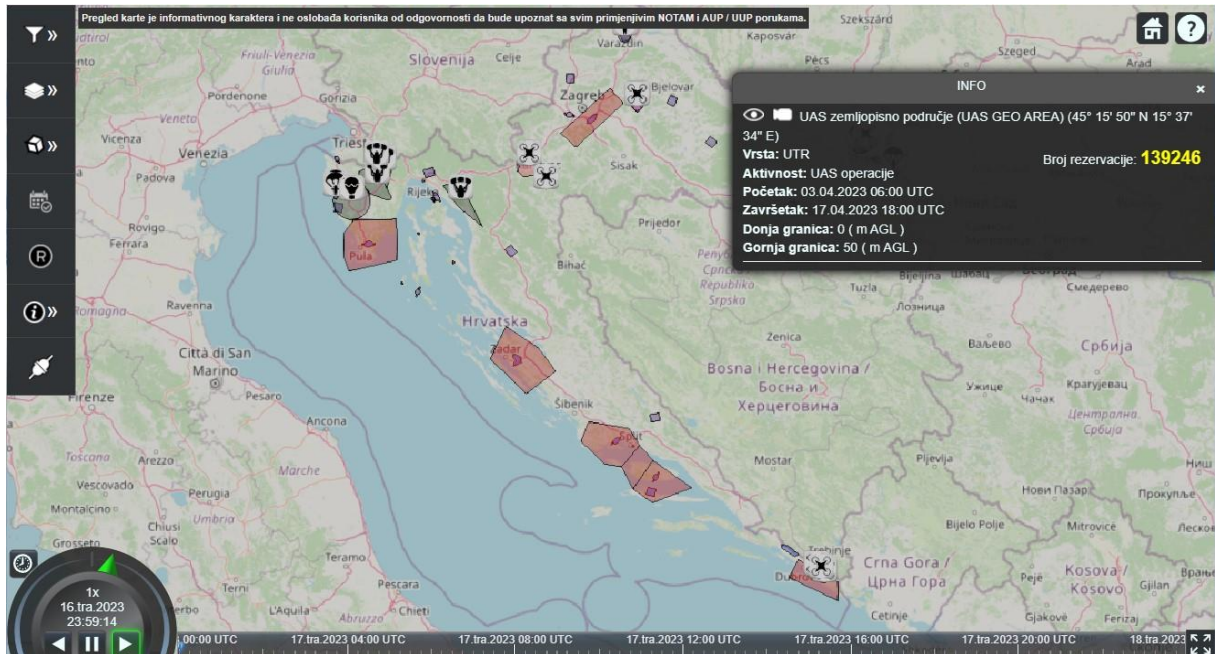
Smanjenje svih vrsta prijetnji može se postići kroz specifične i opće preventivne mjere, uključujući primjenu odgovarajućih kazni i učinkoviti inspekcijski nadzor. Kako bi se spriječile nenamjerne prijetnje sigurnosti bespilotnim letjelicama zbog nepoznavanja propisa i neodgovarajućeg rukovanja, neophodno je provoditi sustavnu obuku pilota dronova. Obuka treba uključivati teorijski dio, gdje se piloti upoznaju s pravilima i obvezama prije i tijekom leta, te praktični dio, gdje demonstriraju svoje vještine u sigurnom upravljanju dronom [12].

Tehničke kvarove koji mogu izazvati sigurnosne probleme treba smanjiti postavljanjem jasnih tehničkih standarda koje bespilotni zrakoplovi moraju ispunjavati kako bi bili dozvoljeni na tržištu i u zračnom prometu. Obrana od zlonamjerne uporabe dronova je složenija i ovisi o tome je li dron u zoni zabrane leta ili u zoni slobodnog leta. Proces obrane uključuje otkrivanje drona u letu, prepoznavanje potencijalne prijetnje ili nezakonite aktivnosti koju dron provodi, te na kraju, neposredno zaustavljanje leta i sprječavanje štete ili uklanjanje opasnosti [12].

U zonama zabranjenim za let, poznatim kao *no fly zone*, postupanje je jednostavnije jer se odmah po uočavanju drona pristupa njegovom neutraliziranju, bez potrebe za prethodnim utvrđivanjem prijetnje ili nezakonite aktivnosti. Time se izbjegava najteži dio policijskog postupanja s dronovima [12].

## 7.1. No fly zona

*No fly zona* odnosi se na specifični zračni prostor iznad određenog područja u kojem su letovi zabranjeni ili ograničeni. Ova područja definiraju se putem navigacijskih upozorenja za sve korisnike zračnog prostora. Takva zabrana stvara virtualnu granicu iznad zaštićenog geografskog područja. Na slici 12. prikazane su *no fly zone* u Republici Hrvatskoj [12].



Slika 12. *No fly zone* u Republici Hrvatskoj [13]

Ograničenja leta pravno su regulirana Zakonom o zračnom prometu i Pravilnikom o upravljanju zračnim prostorom. Prema tim propisima, ograničenja i zabrane provode se kroz ASM (*Airspace Management*), što uključuje uspostavu, rezervaciju, aktivaciju, suspenziju i deaktivaciju zračnih struktura ili putem objave navigacijskih upozorenja (NOTAM). U Republici Hrvatskoj se za upravljanje zračnim prostorom zadužuje Jedinica za upravljanje zračnim prostorom, koja zajedno s Hrvatskom kontrolom zračne plovidbe, objavljuje ove zabrane na temelju primljenih obavijesti. Kada se proglašuje *no fly zona* za određeno područje, definiraju se visinske i geografske granice, a NOTAM obavijest postaje vidljiva. Nakon objave NOTAM-a, automatski postupak za odobrenje letenja bespilotnih zrakoplova u tom području postaje onemogućen [12].

Policija kao ovlaštena institucija može zahtijevati od Jedinice za upravljanje zračnim prostorom uvođenje ograničenja ili zabrane letenja u specifičnom dijelu zračnog prostora. Zahtjev se podnosi za potrebe obavljanja policijskih zadataka, zaštitu državnih institucija, ključne infrastrukture, važnih osoba, te za nadzor i osiguranje granica. Navedeni zahtjev može biti podnesen u pisanom obliku ili usmeno u slučaju hitne operativne potrebe [12].

Učinkovitost *no fly zone* ovisi o pridržavanju pravila od strane korisnika zračnog prostora, što znači da je ova mjera pasivna i temelji se na povjerenju i poštovanju pravila. Sigurnosni problem *no fly zone* leži u činjenici da one samo informiraju o zabranjenom



području, ali ne sprječavaju fizički let dronovima. Dakle, bez stvarnog mehanizma za zaustavljanje dronova, sigurnost nije zajamčena. Međutim, iz perspektive policije, *no fly zone* olakšavaju provedbu zakonskih ovlasti prema dronu koji se zatekne unutar zabranjenog područja, jer se može pretpostaviti da ima zlonamjerne namjere, pa se odmah može poduzeti akcija da se spriječi daljnji let [12].

Prema podacima Hrvatske kontrole zračne plovidbe, od 2017. do 2019. godine proglašeno je ukupno 15 *no fly zone* na zahtjev državnih tijela, od čega je 9 zatražilo Ministarstvo unutarnjih poslova, a 6 druga tijela, uglavnom Ministarstvo obrane Republike Hrvatske [12].

## 7.2. Detekcija

Detekcija dronova prvi je i najvažniji korak u radu antidron sustava. Jedna od metoda za otkrivanje drona u letu može se provoditi vizualnim promatranjem, bilo golim okom ili uz korištenje pomagala kao što su dalekozori. Međutim, ovaj pristup je nepouzdan i neefikasan jer su bespilotne letjelice često male i vrlo brze, što ih čini gotovo neprimjetnima za obične promatrače. Učinkovitost ove metode dodatno opada u nepovoljnim vremenskim uvjetima poput magle i kiše, kao i tijekom noći [12].

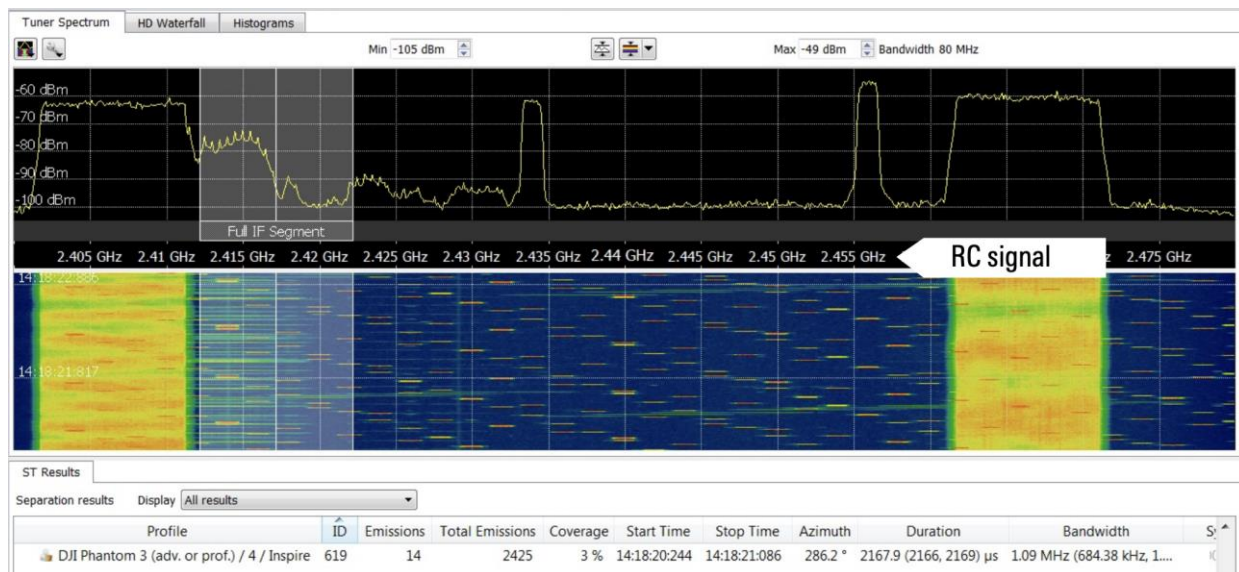
Za detekciju dronova koriste se razne tehnološke metode koje se mogu podijeliti u četiri glavne kategorije prema njihovim tehničkim karakteristikama i principu rada:

- radari,
- radio-frekvencijski analizatori (RF),
- akustični senzori (mikrofoni) i
- optički senzori (kamere) [12].

Svaki od ovih sustava ima svoje prednosti i nedostatke, a nijedan ne garantira apsolutnu detekciju svih dronova [12].

Radar, čiji naziv dolazi od engleskog izraza „*Radio Detecting And Ranging*”, definira se kao elektronički sustav koji putem odašiljanja i prijema reflektiranih elektromagnetskih valova otkriva i određuje položaj objekata u prostoru. Radar koristi radiovalove za mjerenje udaljenosti, kuta ili brzine objekta, te se često koristi za detekciju zrakoplova, brodova, balističkih raketa i vozila. Prednosti radara u detekciji bespilotnih letjelica uključuju sposobnost otkrivanja objekata na velikim udaljenostima, omogućujući rano upozoravanje. Radar može proći kroz prepreke poput oblaka, magle ili snijega, te detektirati objekte skrivene iza materijala poput plastike ili gume, pružajući točne podatke o njihovom položaju. Međutim, radar ima i svoja ograničenja, poput generiranja velikog broja lažnih pozitivnih signala u urbanim sredinama, te poteškoća u detekciji letjelica koje su vrlo male veličine [12].

Na slici 13 prikazan je RC spektar snimljen pomoću *DJI Phantom 3 drona*



Slika 13. RC spektar snimljen pomoću *DJI Phantom 3* drona

Radio frekvencijski detektori (RF) rade na principu otkrivanja radio-frekvencijskih signala koje bespilotne letjelice odašilju ili primaju. Većina komercijalnih dronova ima ugrađene odašiljače signala te koristi radiosignale za upravljanje. Ovi signali mogu biti identificirani i locirani prije nego što dron uđe u zaštićeno područje. Pametni čvorovi pasivno otkrivaju i identificiraju prisutnost RF prijenosa od dronova, čak i kada su signali niske snage ili se nalaze u okruženju s velikim brojem RF signala. Transmisijom prijenosa kroz prostorno-vremensku analizu, moguće je dobiti informacije o geolokaciji drona, visini i brzini leta [12].

RF detektori mogu istovremeno pratiti i identificirati više dronova, uključujući i rojeve, kao i operatore letjelica. Napredni RF sustavi koriste triangulaciju za usmjereno traženje, model sličan GPS-u. Ovisno o mogućnostima sustava, mogu identificirati marku i model drona, MAC adresu letjelice i upravljačke jedinice ako se koristi Wi-Fi za komunikaciju, što može biti važno za kasnija dokazivanja u pravnim postupcima [12].

Prednosti ovih sustava uključuju nisku cijenu, sposobnost detekcije i identifikacije više dronova i njihovih operatera istovremeno, te činjenicu da su pasivni i ne zahtijevaju licencu. Međutim, RF sustavi ne mogu otkriti dronove koji lete na frekvencijama koje nisu pokrivene njihovim skenerima, nisu učinkoviti u otkrivanju autonomnih letjelica, manje su učinkoviti u okruženjima s velikom zasićenošću RF signala i obično imaju kraći domet, uz neke iznimke [12].

Za akustičnu detekciju dronova često se koristi mikrofoni ili niz mikrofona koji prepoznaju zvuk proizveden od strane drona i određuju smjer iz kojeg zvuk dolazi. Kada se koristi više mikrofonskih polja, moguće je triangulirati i preciznije odrediti položaj letjelice. Prednosti ove metode uključuju umjerenu cijenu i sposobnost određivanja smjera drona. Također je učinkovita u detekciji autonomnih dronova. Međutim, glavni nedostatak je slaba učinkovitost u bučnim okruženjima i ograničen domet detekcije od 300 do 500 metara [12].

Optička detekcija koristi razne vrste kamere, uključujući obične kamere za dnevne uvjete, kamere za slabu svjetlost, infracrvene i termalne kamere za uvjete smanjene vidljivosti. Prednosti kamere uključuju pružanje vizualne slike drona i potencijalnog tereta (poput eksploziva ili kamere), te mogućnost snimanja fotografija i videozapisa za forenzičku analizu.

Najnoviji modeli mogu detektirati i klasificirati letjelice na udaljenostima do dva kilometra. Nedostaci uključuju nemogućnost detekcije drona iza prepreka poput drveća ili oblaka [12].

### 7.3. Praćenje

Praćenje dronova omogućuje kontinuirano praćenje njihovog kretanja kako bi se osigurala točna lokacija i smjer kretanja [12].

Prepoznati da dron u letu predstavlja prijetnju sigurnosti ili je korišten za nezakonite aktivnosti jedan je od najvećih izazova u policijskom djelovanju protiv zlonamjerne upotrebe bespilotnih letjelica. Ova složenost može se ilustrirati na sljedeći način: neovlašteno slikovno snimanje kažneno je djelo protiv privatnosti prema članku 144. Kaznenog zakona, koji propisuje kaznu za one koji neovlašteno snime osobu u stanu ili drugom prostoru zaštićenom od pogleda, ili upotrijebe ili distribuiraju takvu snimku, čime narušavaju njezinu privatnost. Snimanje na javnim mjestima nije kažnjivo prema ovoj odredbi, jer se pretpostavlja da je prisutnost u javnosti implicitno odobrenje za snimanje, što je društveno prihvaćeno. Kažnjivo je snimanje koje narušava privatnost osobe u privatnom prostoru poput stana, toaleta, kabine za presvlačenje, ili privatnog dvorišta zaštićenog od pogleda [12].

Sustavi za lociranje dronova koriste kombinaciju različitih senzora za otkrivanje prisutnosti. Time pružaju mogućnost preciznog određivanja lokacije operatera drona. Ovi uređaji su obično malih dimenzija, lagani i jednostavni za korištenje, omogućujući brzu i efikasnu upotrebu na terenu. Njihova primjena očituje se u sigurnosnim operacijama gdje je važno brzo otkriti lokaciju neprijateljskog operatera [12].

Praćenje je ključno za održavanje komunikacije te omogućuje operaterima da donesu odluke o daljnjim koracima. Integracija različitih senzorskih podataka putem softverskih rješenja omogućuje stvaranje sveobuhvatne slike situacije, što olakšava praćenje i reagiranje na prijetnje [12].

### 7.4. Identifikacija

Identifikacija dronova uključuje analizu prikupljenih podataka kako bi se odredio tip i namjera drona. Ovaj proces može uključivati upotrebu umjetne inteligencije i strojnog učenja za prepoznavanje obrazaca u ponašanju drona te razlikovanje prijateljskih i neprijateljskih letjelica. Algoritmi strojnog učenja mogu analizirati podatke iz različitih senzora i identificirati specifične karakteristike dronova, kao što su oblik, veličina, brzina i način leta [12].

Identifikacija je ključna za donošenje informiranih odluka o daljnjim koracima u neutralizaciji prijetnje. Na primjer, identifikacija može pomoći u određivanju je li dron civilni ili vojni, što može utjecati na odabir metode neutralizacije. Također, identifikacija može pomoći u prepoznavanju specifičnih prijetnji, kao što su dronovi opremljeni eksplozivima ili špijunskom opremom [12].



## 7.5. Neutralizacija

Neutralizacija dronova posljednji je korak u radu antidron sustava. Ovaj korak može uključivati različite metode ovisno o situaciji i dostupnoj tehnologiji [12].

Detektirani dron za koji postoji osnovana sumnja može se zaustaviti fizičkim uništenjem, ometanjem upravljanja ili preuzimanjem kontrole nad njim. Glavna metoda obrane uključivala bi uništavanje letjelice dok je još u zraku, za što se može koristiti konvencionalno oružje ili snažni laserski uređaji. Ovaj pristup može biti učinkovit u vojnim uvjetima, ali nije prikladan za policijske operacije u urbanim sredinama gdje su prisutni civili i različita imovina (zgrade, automobili, itd.). Naime, prilikom uništavanja drona dolazi do njegovog raspada i nekontroliranog pada dijelova na tlo, što može uzrokovati ozljede civila ili materijalnu štetu, a također može uznemiriti javnost. Zbog toga policija mora koristiti sofisticiranije metode za neutralizaciju dronova [12].

Uz tehnološki razvoj bespilotnih letjelica i njihovu sve veću upotrebu, razvijeni su i razni načini obrane protiv njihove zlouporabe. Na tržištu danas postoji nekoliko tehnoloških rješenja. Neutralizacija dronova može se postići na različite načine, koji se mogu podijeliti na sustave za ometanje ili preuzimanje signala i kinetičke sustave poput ispaljivanja mreža ili presretačkih dronova koji mogu uhvatiti druge letjelice mrežama [12].

Uređaji za ometanje RF signala emitiraju snop elektromagnetskih valova prema dronu, prekidajući njegovu vezu s pilotom. Nakon toga, ovisno o tehničkim karakteristikama drona, može se kontrolirano spustiti na tlo, vratiti na mjesto polijetanja ili nekontrolirano odletjeti u nepredvidljivom smjeru. Nedostaci ovih uređaja uključuju kratak domet, mogućnost ometanja drugih radio komunikacijskih uređaja i nepredvidljivo ponašanje letjelice. Mikrovalni uređaji koji emitiraju snažan elektromagnetski puls mogu prekinuti radiovezu te ometati ili čak uništiti elektroničke sklopove u letjelici. Nedostaci ovih uređaja su visoka cijena i mogućnost oštećenja drugih elektroničkih uređaja u blizini [12].

Kontrola nad dronom može se ostvariti softverski ili fizičkim hvatanjem. Uređaji koji lažiraju GPS signal šalju novi signal dronu, zamjenjujući komunikaciju sa satelitom, zbog čega dron "misli" da se nalazi na drugoj lokaciji. Na taj način, slanjem odgovarajućih koordinata u stvarnom vremenu, moguće je upravljati kretanjem letjelice [12].

Jedna od najčešćih metoda je korištenje antidron pušaka koje ometaju GPS i komunikacijske signale drona, prisiljavajući ga na slijetanje ili povratak na početnu točku. Antidron puške su lagane i mobilne, što omogućuje operaterima njihovu jednostavnu upotrebu na terenu [12].

Jammeri dronova su uređaji koji ometaju sve komunikacijske kanale između drona i njegovog operatera, onemogućujući daljnju kontrolu nad dronom. Dodatne metode neutralizacije uključuju korištenje mreža za hvatanje dronova, kao i kinetičke sustave koji mogu fizički uništiti dron u zraku. Laseri predstavljaju naprednu tehnologiju za neutralizaciju dronova, omogućujući precizno uništavanje prijetnji na velikim udaljenostima [13].

Implementacija ovih tehnologija zahtijeva visok stupanj koordinacije i integracije između različitih komponenti sustava. Operateri moraju biti obučeni za rukovanje složenim sensorima i neutralizacijskim uređajima kako bi osigurali učinkovitu zaštitu [13].

## 8. UREĐAJI U ANTIDRON ZAŠTITI

### 8.1. Antidron puška

U današnjem svijetu, gdje su bespilotne letjelice postale uobičajene u mnogim civilnim i vojnim područjima, potreba za tehnologijom koja može neutralizirati potencijalne prijetnje od ovih uređaja je sve veća. Antidron puška (slika 14) predstavlja jedno od najinovativnijih i najučinkovitijih rješenja u borbi protiv neovlaštenih ili zlonamjernih dronova [12].



Slika 14. Antidron puška [14]

Antidron puška temelji se na tehnologiji radio frekvencijskog ometanja kako bi prekinula komunikaciju između drona i njegovog operatera. Time se dron prisiljava na slijetanje ili povratak na početnu točku. Ove puške su mobilne, ergonomski dizajnirane i često imaju domet djelovanja do 2 km, s nekim modelima koji mogu djelovati i na većim udaljenostima [13].

Postoji nekoliko različitih vrsta antidron pušaka, a najčešće korištene tehnologije uključuju ometanje GPS signala, ometanje radio frekvencija i fizičko hvatanje drona pomoću mreže [13].

Jammeri su ključna komponenta u antidron puškama, dizajnirani da prekinu komunikaciju između drona i njegovog operatera. Temeljna tehnologija kojom se koriste uključuje ometanje radio frekvencija i GPS signala [13].

U antidron puškama koje koriste ometanje GPS signala, jammeri emitiraju snažne elektromagnetske signale na frekvencijama koje koriste GPS sateliti. Ovi signali prekrivaju prijemnike na dronu, stvarajući interferenciju koja sprječava dron u primanju točnih koordinata sa satelita. Bez GPS signala, dronovi gube sposobnost navigacije, što često rezultira njihovim nekontroliranim lebdenjem ili prisilnim slijetanjem. Mnogi dronovi su programirani da se u

slučaju gubitka GPS signala automatski vrata na polazišnu točku, no ometanjem tog signala, dron može biti prisiljen sletjeti odmah [13].

Ometanje radio frekvencija uključuje emitiranje snažnih elektromagnetskih impulsa na frekvencijama koje dron koristi za komunikaciju sa svojim kontrolorom. Najčešće korištene frekvencije za upravljanje dronovima su 2.4 GHz i 5.8 GHz. Jammeri šalju signale na ovim frekvencijama, prekidajući komunikaciju između drona i njegovog operatora. Kada se veza prekine, dron gubi upute i postaje nesposoban za daljnje operacije. Ometanjem ovih komunikacijskih kanala, antidron puške učinkovito paraliziraju dron, eliminirajući potencijalnu prijetnju na siguran način [13].

## 8.2. Protudronska puška za hvatanje drona mrežom

Protudronska puška za hvatanje drona mrežom razvijena je za borbu protiv prijetnji koje predstavljaju bespilotne letjelice. S obzirom na sve veću popularnost i pristupačnost dronova, potreba za učinkovitim načinima njihove neutralizacije postaje sve važnija. Protudronske puške koriste mreže kako bi uhvatile i deaktivirale dronove, pružajući siguran način za njihovo uklanjanje iz zraka bez oštećenja okolne imovine ili ugrožavanja ljudi [13].

Obično je opremljena komprimiranim zrakom ili CO<sub>2</sub> patronom koja omogućuje lansiranje mreže na značajnu udaljenost. Mreža je dizajnirana tako da se rasprostire u zraku i obavije oko drona, zaplićući njegove propelere i elektroničke komponente, što rezultira gubitkom kontrole i padom drona na tlo [13].

Upotrebljavaju ih i koriste vojne i sigurnosne službe, ali i organizatori javnih događanja te vlasnici privatnih imanja. U vojnim operacijama, one služe za zaštitu osjetljivih područja i infrastrukture od špijunskih dronova. Sigurnosne službe koriste ih za osiguranje područja oko državnih objekata, zatvora i aerodroma, gdje neovlašteni dronovi mogu predstavljati ozbiljnu prijetnju sigurnosti. Na velikim javnim događanjima, poput sportskih utakmica ili koncerata, ove puške pomažu u sprečavanju narušavanja sigurnosti ili privatnosti sudionika [13].

## 8.3. Hvatanje drona pomoću drugog drona

Hvatanje drona pomoću drugog drona predstavlja naprednu tehniku koja koristi softver za hakiranje kako bi preuzela kontrolu nad ciljnim dronom unutar Wi-Fi dometa [13].

Kada se približe ciljanom dronu unutar Wi-Fi dometa, analiziraju bežične signale kako bi utvrdili specifične mreže koje dron koristi. Na temelju tih informacija, provode napade koji mogu uključivati odjavu ciljanog drona s njegove kontrolne mreže, ometanje signala ili preuzimanje upravljanja njegovim sustavima [13].

Ovi dronovi opremljeni su specijaliziranim računalnim sustavima. Na slici 15. prikazan je C-UAS (*Counter-Unmanned Aerial Systems*) s dovoljno procesorske snage za brzo analiziranje i hakiranje bežičnih signala. Uz to, potrebni su im napredni komunikacijski moduli

koji mogu skenirati razne frekvencijske pojaseve i komunicirati s različitim tipovima Wi-Fi mreža [13].



Slika 15. Računalni sustav C-UAS (*Counter-Unmanned Aerial Systems*) [13]

Softver koji koriste ovi dronovi uključuje alate za analizu mrežnog prometa, prepoznavanje šifriranih protokola i provođenje napada. Sigurnosne agencije koriste ih za zaštitu osjetljivih područja kao što su vladine zgrade i vojne baze. Dodatno, upotrebljavaju se od strane policije u urbanim sredinama gdje je važno minimizirati rizik za građane. Primjenjuju se tijekom velikih javnih okupljanja, poput prosvjeda ili sportskih događanja [13].

Prednost dronova s hakirajućim softverom leži u sposobnosti da efikasno preuzmu kontrolu nad ciljnim dronovima. Ova metoda omogućuje neutralizaciju prijetnji bez fizičkog oštećenja drona, što je posebno korisno kada je potrebno zadržati dron za daljnju analizu. Međutim, nedostatak ove tehnologije odnosi se na pitanje sigurnosti. Hakiranje drona predstavlja ozbiljan pravni i etički problem, budući da može uključivati neovlašteni pristup i manipulaciju uređajem [13].

## 9. ZAKLJUČAK

Razvoj bespilotnih letjelica predstavlja jednu od najdinamičnijih i najinovativnijih grana suvremene tehnologije. Vidljiv je nevjerojatan napredak u tehnologiji, od prvih pokušaja korištenja balona kao bespilotnih letjelica u 19. stoljeću do današnjih sofisticiranih dronova. Bespilotne letjelice odlikuju mnoge funkcionalnosti, o čemu ovisi njihova primjena. U Republici Hrvatskoj, uporaba bespilotnih letjelica postaje sve raširenija i obuhvaća vojni, civilni i komercijalni sektor.

Jedan od izazova koji se pojavljuje uz sve veću upotrebu dronova jest osiguranje sigurnosti zračnog prostora. Potreba za adekvatnom antidron zaštitom postala je obveza kako

bi se spriječile potencijalne prijetnje i osigurala sigurnost kritične infrastrukture. Razvoj antidron sustava i tehnologija fokusira se na detekciju, identifikaciju i neutralizaciju neovlaštenih bespilotnih letjelica.

Antidron sustavi, kao što su radari, radio frekvencijski, optički i akustični senzori, imaju značajnu ulogu u prepoznavanju i praćenju dronova. Svaki od ovih sustava ima svoje prednosti i nedostatke, ali zajedno omogućuju sveobuhvatan pristup sigurnosnoj zaštiti. Tehnologije za neutralizaciju, poput radio frekvencijskog ometanja, kinetičkih sustava i presretačkih dronova, pružaju učinkovite metode za zaustavljanje prijetnji koje dronovi mogu predstavljati.

Upotreba dronova u vojne svrhe također je značajno napredovala. Primjeri kao što su *MQ-9 Reaper*, ilustriraju kako bespilotne letjelice mogu pružiti obavještajne informacije, podržavati vojne operacije i smanjiti rizik za ljudske živote. U Domovinskom ratu, bespilotne letjelice predstavljale su važnu ulogu u izviđanju i prikupljanju obavještajnih podataka, a njihova upotreba se nastavila razvijati i nakon rata.

Civilne primjene dronova su raznovrsne i obuhvaćaju područja kao što su poljoprivreda, geodezija, nadzor infrastrukture, te snimanje i mediji. U geodeziji, korištenje dronova za prikupljanje podataka o terenu značajno smanjuje vrijeme i troškove mjerenja. U industriji snimanja i medija, dronovi pružaju jedinstvene perspektive i visokokvalitetne fotografije i videozapise.

U poljoprivredi, dronovi omogućuju precizno praćenje usjeva, otkrivanje štetnika i bolesti te optimizaciju navodnjavanja. Ekološki utjecaj bespilotnih letjelica također je važan aspekt koji se često zanemaruje. Dronovi mogu značajno smanjiti potrebu za velikim vozilima i teškom opremom koja često uzrokuje veće emisije štetnih plinova.

S povećanjem upotrebe bespilotnih letjelica, postaje nužno razvijati odgovarajuću pravnu regulativu koja će osigurati njihovu sigurnu i etičku upotrebu. Regulativa mora obuhvatiti aspekte kao što su zaštita privatnosti, sigurnost zračnog prostora i odgovornost u slučaju nesreća. Etička pitanja uključuju i potencijalne zloupotrebe tehnologije, poput neovlaštenog nadzora i vojne upotrebe u konfliktima.

Uz sve navedene prednosti, važno je i dalje razvijati regulativu koja će osigurati sigurno i efikasno korištenje dronova. Republika Hrvatska poduzela je korake u regulaciji uporabe bespilotnih letjelica kroz zakonske propise i pravilnike, ali je potrebno kontinuirano prilagođavanje i ažuriranje ovih regulativa kako bi se odgovorilo na nove izazove i tehnološke inovacije.

Zaključno, bespilotne letjelice predstavljaju značajan tehnološki napredak s brojnim prednostima i primjenama. Međutim, uz povećanu upotrebu, nužno je osigurati adekvatnu antidron zaštitu i regulativu kako bi se spriječile potencijalne prijetnje i osigurala sigurnost zračnog prostora. Kroz daljnji razvoj tehnologija i strateški pristup regulaciji, bespilotne letjelice mogu nastaviti doprinositi modernizaciji i napretku različitih sektora u Republici Hrvatskoj.

## 10. LITERATURA

1. S. Drašner, Konstrukcija nosivog tijela bespilotne letjelice, diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2019
2. S. Grobenski, A. Hardt, E. Jakopović. Problematika pravne regulative bespilotnih zrakoplova i njihova upotreba u civilne svrhe. Paragraf 1 (2017) 1, 9-36
3. M. Kovačić, Planirano i neplanirano održavanje bespilotnih zrakoplova, diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2022.
4. I. Švehla, Namjena i perspektiva razvoja sustava bespilotnih letjelica, diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2013.
5. <https://www.alamy.com/stock-photo-091714-yuma-az-us-customs-and-border-protection-office-of-air-and-80906459.html> (27.5.2024.)
6. <https://bulgarianmilitary.com/2023/07/04/russian-assault-brigade-seized-two-pd-100-black-hornet-nano-drones/> (27.5.2024.)
7. <https://www.nbcnews.com/news/military/air-force-will-allow-enlisted-airmen-fly-drones-n481986> (28.5.2024.)
8. V. Krevh, Primjena bespilotnih letjelica u poljoprivredi, diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zagreb, 2018.
9. A. Smriko, Komparativna analiza klasifikacije zračnog prostora s posebnim osvrtom na implementaciju klase E, diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti Zagreb, 2016.
10. <https://euro-sd.com/2024/02/major-news/36755/reaper-lands-at-shaw-afb/> (1.6.2024.)
11. <https://www.dji.com/hr/phantom-4-pro-v2> (4.6.2024.)
12. M. Gržin, A. Marić, D. Osterman, Bespilotne letjelice- novi izazovi u policijskom sustavu, Zbornik radova 7. Međunarodne znanstveno stručne konferencije „Istraživački dani Visoko policijske škole – Razumijevanje novih-sigurnosnih izazova“, Zagreb, 2020., str. 123 – 141.
13. Program specijalističkog tečaja- Osnovna obuka za operatere bespilotnih zrakoplova (UAS), Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo, Zagreb, 2019.
14. <https://www.24sata.hr/news/puskom-dron-spuste-na-zemlju-za-samo-nekoliko-trenutaka-560935/galerija-517548> (7.6.2024.)

## ŽIVOTOPIS

<b>OSOBNI PODACI</b>	
Ime i prezime	Matej Marjanović
Datum i mjesto rođenja	23. travanj 1992., Sisak
Adresa	Posavska 67, 44 000, Sisak
Telefon	095/925-4439
E-mail	<a href="mailto:matej.marjanovic023@gmail.com">matej.marjanovic023@gmail.com</a>
<b>OBRAZOVANJE</b>	
Osnovna škola	Osnovna škola 22. lipanj, Sisak
Srednja škola	Zdravstveno učilište Zagreb, smjer zubni tehničar, Zagreb
	Policijska škola Josip Jović, Zagreb
Preddiplomski studij	Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet Sisak, preddiplomski sveučilišni studij Sigurnost, zdravlje na radu i radni okoliš
<b>VJEŠTINE</b>	
Rad na računalu	
Strani jezik: Engleski	
Vozački ispit – B kategorija	
Osnovni i napredni tečaj HGSS-a (bespilotne letjelice)	
Strani jezik- Engleski	
Vozački ispit – B kategorija	
Osnovni i napredni tečaj HGSS-a (bespilotne letjelice)	