

# Primjena drona u energetsom pregledu

---

**Pavrišek, Ivan**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2018**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:318273>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-23**

*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**  
**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH**  
**TEHNOLOGIJA OSIJEK**

**Sveučilišni preddiplomski studij računarstva**

**PRIMJENA DRONA U ENERGETSKOM PREGLEDU**

**Završni rad**

**Ivan Pavrlišek**

**Osijek, 2018.**

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	2
1.1 Zadatak završnog rada .....	2
2. DIREKTIVA O ENERGETSKOJ UČINKOVITOSTI 2012/27/EU.....	3
2.1 Pravni okvir energetske učinkovitosti .....	3
2.2 Provedba energetskeg pregleda .....	4
3. BESPILOTNE LETJELICE .....	6
3.1 Pravne regulative vezane za let dronom .....	6
3.2 Tehničke karakteristike drona.....	13
4. PRAKTIČNA PRIMJENA DRONA U ENERGETSKOM PREGLEDU .....	17
4.1 Vizualni pregled.....	17
4.2 Termografski pregled.....	19
4.2.1 Primjena termovizije kod provjere zrakopropusnosti omotača zgrade (engl. <i>blower door test</i> ) .....	22
4.2.2 Primjena termovizije kod pregleda prozora .....	22
4.2.3 Primjena termovizije kod otkrivanja područja visoke vlage .....	23
5. TEHNO-EKONOMSKA ANALIZA PRIMJENE DRONA U ENERGETSKOM PREGLEDU	25
6. ZAKLJUČAK .....	30
LITERATURA .....	31
SAŽETAK.....	34
ABSTRACT .....	35
ŽIVOTOPIS .....	36

## **1. UVOD**

Zadatak rada je analizirati zakonski okvir upotrebe bespilotne letjelice i mogućnost primjene u postupku energetskeg pregleda građevine. Potrebno je provesti analizu: nabavne cijene, broja sati rada (godišnji prosjek), troškove dopreme na mjesto rada, prosječan broj sati rada na mjestu rada, godišnji troškovi održavanja, trošak zamjene potrošnog materijala, godišnja registracija/dozvola, trošak osiguranja, satnica operatera i satni trošak energije.

### **1.1 Zadatak završnog rada**

Kako se tehnologija i ekonomija nastavljaju razvijati, možemo primjetiti povećanu potrošnju energije po stanovniku u svijetu, a s povećanjem potrošnje javljaju se proporcionalno i povećanja gubitaka energije koja se troši. U svrhu otkrivanja gubitaka i smanjivanja istih te praćenja tokova energije vrše se energetske pregledi. Kako bi se unaprijedili energetske pregledi i povećale uštede u njihovoj izvedbi koriste se dronovi. Dronovi su evoluirali drastično zadnjih godina pa je usporedno s njihovom evolucijom, evoluirala i njihova primjena. Tehnologija dronova odnosno bespilotnih letjelica širi svoju primjenu u razne grane industrije, no još uvijek postoje prepreke u smislu pravnih ograničenja koje utječu na još veću i bolju primjenu dronova.

## **2. DIREKTIVA O ENERGETSKOJ UČINKOVITOSTI 2012/27/EU**

Zbog oskudnosti energetske resursa i velikog uvoza energije, u Europskoj Uniji smanjenje proizvodnje otpada i potrošnje energije postaju primarni ciljevi koji se trebaju ostvariti kroz provođenje mjera energetske učinkovitosti. Provođenjem mjera energetske učinkovitosti postiže se poboljšanje sigurnosti opskrbe, smanjenje stakleničkih plinova te održiva opskrba energijom. Samim time potaknulo bi se širenje inovativnih tehnoloških rješenja i poboljšala bi se konkurentnost industrije u Europskoj Uniji što bi u konačnici dovelo do otvaranja novih radnih mjesta.

### **2.1 Pravni okvir energetske učinkovitosti**

Direktivom o energetske učinkovitosti (2012/27/EU) (u daljnjem tekstu Direktiva), koja je stupila na snagu u prosincu 2012. od država članica zahtijeva se da utvrde okvirne nacionalne ciljeve u pogledu energetske učinkovitosti kojima će se zajamčiti postizanje glavnog cilja EU-a tj. smanjenja potrošnje energije za 20 % do 2020. Države članice mogu te minimalne zahtjeve postrožiti radi što veće uštede energije. Također je uveden obvezujući skup mjera kojima se državama članica pomaže da ostvare taj cilj te su utvrđena pravno obvezujuća pravila za krajnje korisnike i dobavljače energije. [1] Prema Direktivi najveći potencijal uštede energije nalazi se u obnovi zgrada. Kao jedna od mjera Direktive navodi se energetske pregled čijim se provođenjem mogu indirektno ostvariti velike uštede energije. [2] S obzirom na to da je građevinski sektor najveći potrošač energije, a prema procjenama stručnjaka 75% zgrada je energetske neefikasno, velika većina Direktive odnosi se na građevine. Kako bi se iskoristili potencijali za uštedu energije u određenim tržišnim segmentima u kojima se energetske pregledi općenito ne nude na komercijalnoj osnovi (kao što su mala i srednja poduzeća), države članice trebale bi razviti programe kojima se mala i srednja poduzeća potiču na podvrgavanje energetske pregledima. Energetske pregledi trebali bi biti obvezni i redoviti za velika poduzeća jer ušteda energije može biti značajna. Pravni okvir naglašava ulogu energetske pregleda za identifikaciju energetske neefikasnosti, smanjenje unosa energije i za definiranje potencijalnih mjera za poboljšanje energetske efikasnosti i ljudskog komfora. Prema Nacionalnoj metodologiji utvrđivanja energetske pregleda zgrada usvojenoj 2009. godine, energetske pregled zgrade [3] obuhvaća:

1. Analizu građevinskih karakteristika zgrade u smislu toplinske zaštite
2. Analizu energetske svojstava sustava grijanja i hlađenja
3. Analizu energetske svojstava sustava za klimatizaciju i ventilaciju
4. Analizu energetske svojstava sustava za pripremu potrošne tople vode
5. Analizu energetske svojstava potrošnje električne energije
6. Analizu upravljanja svim tehničkim sustavima zgrade
7. Potrebna mjerenja gdje je to nužno za ustanovljavanje energetske stanja
8. Analizu mogućnosti promjene izvora energije
9. Analizu mogućnosti korištenja obnovljivih izvora energije i učinkovitih svojstava
10. Prijedlog ekonomski povoljnih mjera poboljšanja energetske svojstava zgrade, ostvarive uštede, procjenu investicije i jednostavno razdoblje povrata
11. Izvješće s preporukama za optimalni zahvat i redosljed prioritarnih mjera koje će se implementirati kroz jednu ili više faza

## **2.2 Provedba energetske pregleda**

Države članice Europske unije promiču dostupnost visokokvalitetnih energetske pregleda koje provode kvalificirani stručnjaci u skladu s kvalifikacijskim kriterijima i preglede koje nadziru neovisna tijela na temelju nacionalnog zakonodavstva.[2] Energetski pregled zgrade je dokumentirani postupak koji se provodi u cilju utvrđivanja energetske svojstava zgrade i ispunjenosti tih svojstava u odnosu na referentne vrijednosti i sadrži prijedlog mjera za poboljšavanje energetske svojstava zgrade koje su ekonomski opravdane, a provodi ga ovlaštena osoba (NN 88/17). Energetskim pregledom stvara se podloga za energetsko certificiranje zgrada. Uvođenjem energetske certifikacije zgrada u budućnosti, odnosno klasifikacije i ocjenjivanja zgrada prema potrošnji energije, energetski pregled zgrade postaje nezaobilazna metoda utvrđivanja učinkovitosti, odnosno neučinkovitosti potrošnje energije te podloga za izradu energetske certifikata zgrade. [4] Prema Pravilniku o energetskom pregledu zgrade i energetskom certificiranju (NN 88/17) energetski pregled zgrade uključuje:

1. Pripremne radnje

2. Prikupljanje svih potrebnih podataka i informacija o zgradi koji su nužni za provođenje postupka energetske certificiranja zgrade i određivanja energetske razreda zgrade
3. Provođenje kontrolnih mjerenja prema potrebi,
4. Analizu potrošnje i troškova svih oblika energije, energenata i vode za razdoblje od tri prethodne kalendarske godine
5. Prijedlog mjera za poboljšanje energetske učinkovitosti zgrade odnosno za poboljšanje energetske svojstava zgrade koje su ekonomski opravdane s proračunom razdoblja povrata investicija i izvora cijena za provođenje predloženih mjera
6. Izvješće i zaključak s preporukama i redoslijedom provedbe ekonomski opravdanih mjera za poboljšanje energetske učinkovitosti zgrade odnosno energetske svojstava zgrade.

Osnovni cilj energetske pregleda je prikupljanjem i obradom niza parametara dobiti što točniji uvid u zatečeno stanje zgrade s obzirom na: građevinske karakteristike u smislu toplinske zaštite, kvalitetu sustava za grijanje, hlađenje, prozračivanje i rasvjetu, zastupljenost i kvalitetu energetske uređaja, strukturu upravljanja zgradom te pristup stanara energetskej problematici. Nakon čega se odabiru konkretne optimalne energetske-ekonomske mjere povećanja energetske učinkovitosti. Thumann i Younger teorizirali su 3 tipa energetske pregleda zgrade [5] prema analitičkoj razini:

1. Walk-through audit – vizualni pregled za ocjenjivanje općenite kvalitete energije i za individualizaciju neefikasnosti i potencijale za uštedu.
2. Standardni pregled – određivanje opsega gubitaka energije povezanih s konkretnim problemom.
3. Simulacijski pregled – temeljen na dubinskim i temeljitim pregledima i simulacijama energetske performansi.

Kombinacija simulacijske i standardnog pregleda može se nazvati detaljan energetske pregled pa ćemo ju pod tim imenom I obrađivati.

### **3. BESPILOTNE LETJELICE**

Tehnologija bespilotnih letjelica može uvelike promijeniti svijet odnosno može se na nju gledati kao na prekretnicu u društvu kakvog poznajemo zbog svojih izravnih i neizravnih učinaka na gospodarstvo. Bespilotne letjelice po svojoj definiciji su sve letjelice koje imaju mogućnost obitavanja u zraku bez posade te mogućnost da se njima upravlja. Razvoj bespilotnih letjelica može se zahvaliti vojnoj upotrebi gdje se već niz godina koriste u razne vojne svrhe dok u zadnje vrijeme komercijalna uporaba bespilotnih letjelica doživljava eksponencijalan rast u broju korisnika zbog sve šire mogućnosti primjene istih. Bespilotna letjelica i dron su jedan pojam iako se koriste u različite svrhe. Dron je svaka letjelica koja nema pilota u sebi dok leti, bilo da je upravljana daljinskim upravljačem ili programirana, a termin bespilotne letjelice se koristi za letjelice koje se koriste u vojne svrhe kojima ne treba pilot za let i koje mogu biti korištene više puta. Ova definicija se preklapa s definicijom drona, ali jedina razlika je korištenju riječi. Ljudi koriste termin bespilotne letjelice za opisivanje vojne letjelice bez pilota dok termin dron koriste za bespilotne letjelice koje se koriste u vojne i rekreativne svrhe. Prema Međunarodnoj organizaciji za civilno zrakoplovstvo [6] trebao bi se koristiti termin bespilotna letjelica umjesto termina dron, ali je taj termin jako uvriježen u današnjem jeziku pa ga se ne može odbaciti. S obzirom da obje riječi ne daju konkretan opis predmeta, ne postoji pravilo po kojem bi se jedna od njih trebala koristiti. Dron je bespilotna letjelica napravljena od lakog materijala kako bi se smanjila težina i povećale manevarske sposobnosti. Laki materijali ujedno omogućuju i let na velikim nadmorskim visinama. Dronovi mogu imati različite tehnologije implementirane kao npr. infracrvene kamere, GPS, lasere, itd. Dronovima se upravlja s tla obično daljinskim upravljačem ili putem smartphone aplikacije, ali postoje i potpuno automatizirani dronovi koji pripadaju u kategoriju za sebe.

#### **3.1 Pravne regulative vezane za let dronom**

Bespilotne letjelice mogu biti izuzetno korisne, ali u rukama ljudi sa zlim namjerama i izuzetno opasne pa zbog istih razloga postoji visoka pravna reguliranost iako je još uvijek postoji podosta pravnih nejasnoća vezanih za let dronovima. Na korištenje bespilotnih letjelica u Republici Hrvatskoj primjenjuju se sljedeći propisi:

1. Pravilnik o sustavima bespilotnih letjelica



2. Pravilnik o letenju zrakoplova
3. Provedbena uredba Europske komisije br. 923/2012
4. Zakon o zračnom prometu

S obzirom na sve veću primjenu u komercijalne i privatne svrhe bit će potrebno izmjeniti neka od pravila i uvesti nova. Kako bi se moglo letjeti moraju se poštovati neka vrlo stroga pravila i mora se posjedovati dokumentacija za letenje (Sl. 3.1.). Pitanje privatnosti u spomenutim dokumentima i zakonskoj regulativi, ne samo Hrvatske već i kompletne EU, uopće nije obrađeno i tek se očekuju nove regulative EU, na osnovu kojih će se ta pitanja riješiti i na nacionalnoj razini. Ta regulativa morati će riješiti brojna pitanja, od sigurnosti i privatnosti do osiguranja, zaštite okoliša i drugog. Rukovatelj drona mora osigurati da dron ne ugrožava svoju okolinu odnosno imovinu i ljude u njoj te da ne remeti javni red i mir, odnosno narušava nečiju privatnost. Prema Pravilniku o sustavima bespilotnih zrakoplova (NN 49/15) (u daljnjem tekstu Pravilnik) [6], rukovatelj drona mora:

1. osigurati da se let bespilotnog zrakoplova odvija danju,
2. prije leta provjeriti i uvjeriti se u ispravnost sustava bespilotnog zrakoplova,
3. prikupiti sve potrebne informacije za planirani let i uvjeriti se da meteorološki i ostali uvjeti u području leta osiguravaju sigurno izvođenje leta,
4. osigurati da je sva oprema ili teret na bespilotnom zrakoplovu odgovarajuće pričvršćen tako da ne dođe do njegovog ispadanja,
5. osigurati da bespilotni zrakoplov prilikom uzlijetanja i slijetanja sigurno nadvisuje sve prepreke,
6. tijekom leta osigurati sigurnu udaljenost bespilotnog zrakoplova od ljudi, životinja, objekata, vozila, drugih zrakoplova, cesta, željezničkih pruga ili dalekovoda, ne manju od 30 metara
7. osigurati da je minimalna udaljenost bespilotnog zrakoplova od skupine ljudi 150 metara,
8. osigurati da se let bespilotnog zrakoplova odvija unutar vidnog polja rukovatelja i na udaljenosti ne većoj od 500 m od rukovatelja,
9. osigurati da se let bespilotnog zrakoplova odvija izvan kontroliranog zračnog prostora,

10. osigurati da se let bespilotnog zrakoplova odvija na udaljenosti najmanje 3 km od aerodroma i prilazne ili odlazne ravnine aerodroma, osim u slučaju kada su posebno predviđene procedure za letenje bespilotnih zrakoplova definirane naputkom za korištenje aerodroma,

11. osigurati da se tijekom leta iz ili s bespilotnog zrakoplova ne izbacuju predmeti.



**Sl. 3.1.** *Ilustracija s nekima od pravila vezanih za let dronovima*

Ove odredbe se ne primjenjuju na letjelice koje ne mogu postići energiju veću od 79 J kao i na bespilotne letjelice u zatvorenom prostoru. Kinetička energija računa se:

$$Ek = \frac{m \cdot v^2}{2} \quad (3-1)$$

Gdje je  $Ek$  iznos kinetičke energije drona,  $m$  je masa drona u kilogramima i  $v$  je brzina u horizontalnom letu drona u m/s. Relevantna brzina je najveća moguća brzina koju bespilotni zrakoplov može postići. Dok se dron diže od početne do željene visine, on obavlja rad dizanja što je razlika dviju potencijalnih energija u konačnoj točki puta i u početnoj točki puta. Potencijalna energija računa se:

$$Ep = m \cdot g \cdot h \quad (3-2)$$

Gdje je  $m$  masa drona u kilogramima,  $g$  je ubrzanje zemljine sile teže koje iznosi  $9,80665 \text{ m/s}^2$  i  $h$  je visina na kojoj se dron nalazi u metrima. Pa jednostavnim izražavanjem visine iz gornje formule dobije se formula za visinu:

$$h = \frac{Ep}{m \cdot g} \quad (3-3)$$

Pomoću navedene formule u koju se uvrsti da je potencijalna energija 79 J moguće je vidjeti do koje visine će biti moguće letjeti dronom određene mase kako se ne bi podlijegalo Pravilniku (NN 49/15) odnosno kako bi se izbjegle pravne regulative iz Pravilnika (NN 49/15) (tablica 3.2).

Masa drona	Visina
0,1	80,56
0,2	32,22
0,3	26,85
0,4	20,14
0,5	16,11
0,6	13,42
0,7	11,50
0,8	10,07
0,9	8,95
1	8,06

**Tab. 3.2.** Prikaz maksimalne visine leta za dronove pojedinih masa

Preletom preko niskih građevina moguće je zaobići pravne regulative jer nije potrebno letjeti previsoko, a samim time dron ne prelazi granicu od 79 J energije (Tablica 3.2). S obzirom na jako velik napredak tehnologije, u budućnosti se očekuje smanjivanje dimenzija i masa dronova usporedno sa zadržavanjem ili čak unaprijeđivanjem kamera visoke rezolucije na njima što bi značilo da će sve više dronova moći izbjeći pravne regulative, a kvaliteta snimki urađenih njima ostati će ista. Pravilnikom (NN 49/15) se definiraju tipovi i vrste letjelica, kategorije letačkih operacija, obvezno osiguranje u skladu s propisom kojim se uređuju obvezna osiguranja u prometu, dopuštenje za upotrebu radiofrekvencijskog spektra za uređaje koje koristi bespilotna letjelica (upravljanje, preuzimanje video signala...), označavanje letjelica težih od 5 kg. Iako imaju svijetlosne oznake za raspoznavanje u slučaju smanjene vidljivosti, zabranjeno je letjeti noću. Dozvoljen je let tokom dana i tokom sumraka što znači 30 minuta prije službenog izlaska sunca i 30 minuta poslije službenog zalaska sunca, ali s upaljenim raspoznavajućim svjetlima. Prije leta, pilot se mora uvjeriti u potpunu ispravnost drona što znači provjeriti ispravnost upravljača, električnih dijelova i motora, mora pregledati detaljno jesu li svi dijelovi drona dovoljno dobro učvršćeni za dron kako bi se smanjila mogućnost otpadanja predmeta s drona. Također prije leta potrebno je provjeriti vremenske uvjete na području letenja kako ne bi došlo do opasnosti u slučaju pada drona zbog pojačanog vjetra, jake kiše i sličnih situacija te je potrebno proučiti područje letenja ukoliko

postoje neuobičajene pojave na tom mjestu. Letjelice s četiri multirotora mogu se koristiti samo na nenaseljenim područjima, dok za sva druga područja (s objektima i naseljena mjesta) potrebno je imati letjelicu sa šest ili osam multirotora. Najveći problem bespilotnih letjelica o kojima se govori jest činjenica da moraju biti u vidnome polju jer nisu opremljene radarom koji bi omogućio lakše izbjegavanje objekata iako onaj koji upravlja letjelicom može pratiti njezino kretanje i putem kamere koje mnoge od njih imaju kako za snimanje tako i za praćenje leta. Prema Pravilniku (NN 49/15) ako se odvija letenje korištenjem sustava za prikaz pogleda iz zrakoplova, rukovatelj smije izvoditi let samo u pratnji pridruženog promatrača koji ne mora biti obučen specijalno za to, ali ne smije tokom promatranja koristiti nikakva pomagala kako bi si poboljšao pogled na dron. Bespilotni zrakoplov koji se koristi za izvođenje letačkih operacija kao i zrakoplovni model operativne mase veće od 5 kg mora biti označen identifikacijskom negorivom pločicom dok za bespilotne zrakoplove operativne mase ispod 5 kg koji se koriste u letačkim operacijama prihvatljivo je da se bespilotni zrakoplov označi identifikacijskom naljepnicom umjesto negorivom pločicom. Za letjelice kategorije D identifikacijske oznake izdaje Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo dok za kategorije A, B i C dodjeljuje ju operator letjelice ili vlasnik letjelice. Pravilnikom (NN 49/15) su ujedno i definirani tipovi i vrste letjelica te kategorije letačkih operacija. Prema Članku 3 Pravilnika (NN 49/15), bespilotni zrakoplovi kojima se izvode letačke operacije s obzirom na operativnu masu, dijele se na:

1. Klasa 5: do 5 kilograma,
2. Klasa 25: od 5 kilograma do 25 kilograma,
3. Klasa 150: od 25 kilograma do 150 kilograma.

Za energetske preglede dovoljno je koristiti zrakoplove Klase 5, eventualnim budućim povećanjima dimenzija i mase možda će biti potrebno koristiti zrakoplove Klase 25. Kao što postoji klasifikacija letjelica, Pravilnikom (NN 49/15) su definirana i područja u kojima se leti prema Članku 4 istog Pravilnika (NN 49/15). U odnosu na izgrađenost, naseljenost i prisutnost ljudi, područja letenja dijele se na klase:

1. Klasa I – Područje u kojem nema izdignutih građevina ili objekata i u kojem nema ljudi, osim rukovatelja i osoblja koje je nužno za letenje.

2. Klasa II – Područje u kojem postoje pomoćni gospodarski objekti ili građevine koje nisu namijenjene za boravak ljudi i u kojem nema ljudi, osim rukovatelja i osoblja koje je nužno za letenje. Dozvoljen je samo povremeni prolazak, bez zadržavanja, ljudi kroz područje (biciklisti, šetači sl.).

3. Klasa III – Područje u kojem postoje građevine ili objekti primarno namijenjeni za stanovanje, poslovanje ili rekreaciju (stambene zgrade, stambene kuće, škole, uredi, sportski tereni, parkovi i slično).

4. Klasa IV – Područje uskih urbanih zona (središta gradova, naselja i mjesta).

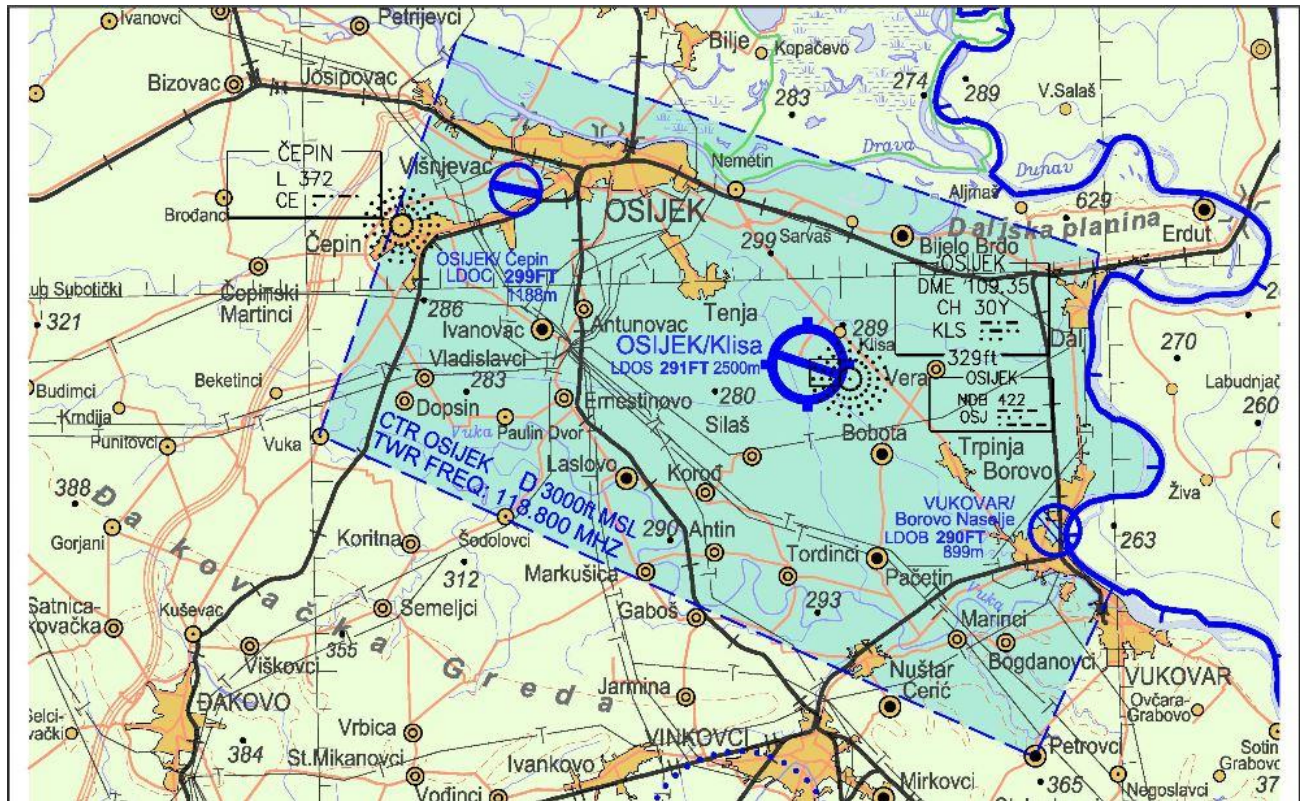
Prikazane su kategorije opasnosti (Tablica 3.3.) pa tako kategorija A je kategorija izvođenja leta najmanje opasnosti i gradiraju po opasnosti do kategorije D, koja je kategorija izvođenja leta najveće opasnosti po okolinu.

Klasa sustava bespilotnog	Klasa područja izvođenja leta			
	I	II	III	IV
5	A	A	B	C
25	A	B	C	D
150	B	C	D	D

**Tab. 3.3.** Kategorije letačkih operacija

Člankom 5 Pravilnika (NN 49/15) definirana je i kategorizacija letačkih operacija pa prema stavku 2. tog članka, letenje iznad skupine ljudi ili iznad industrijskog područja u kojem uslijed pada bespilotnog zrakoplova postoji mogućnost zapaljenja ili eksplozije, smatra se izvođenjem letačkih operacija kategorije D. Letjelice koje izvode letačke operacije kategorija C i D moraju imati ugrađen padobran iz sigurnosnih razloga, ali padobran ne zamjenjuje druge komponente za slijetanje nego je on krajnja sigurnosna mjera. Za letačke operacije kategorija C i D, letjelice moraju imati minimalno 6 ugrađenih motora dok za kategorije A i B to ograničenje ne vrijedi. Letjelice C i D kategorije moraju imati usvojen program održavanja koji se izrađuje na temelju dokumentacije i preporuke proizvođača. U program održavanja spadaju svi izvanredni i redovni pregledi kao što su prijeletni pregled, poslijeletni pregled, pregled nakon uočenog problema upravljivosti te popravci. Sustav može održavati osoba koja je navedena u operativnom priručniku ili proizvođač letjelice te se svako

održavanje mora dokumentirati. [7] Neki dronovi imaju ugrađen takozvani no-fly zone koji im onemogućuje let u blizini zračnih luka dok se za letove u kontroliranim zonama zračnih luka mora ishodovati dozvola od zračne luke kao na primjer (Sl. 3.4.) kontrolirana zona Zračne luke Osijek.



Sl. 3.4. Slika kontrolirane zone CTR Osijek [11]

Prema Članku 13 Pravilnika (NN 49/15) za letачke operacije kategorije A i B potrebno je dostaviti izjavu Agenciji za civilno zrakoplovstvo (u daljenjem tekstu Agencija). Za letачke operacije kategorije C uz izjave kao za kategorije A i B potrebno je još izraditi operativni priručnik dok za operacije D kategorije potrebno je ishodovati odobrenje Agencije koje se izdaje na period od 2 godine. Za odobrenje Agencije potrebno je imati navršenih 18 godina, liječničko uvjerenje o zdravstvenoj sposobnosti za upravljanje vozilima koje se izdaje vozačima kojima upravljanje vozilom nije osnovno zanimanje i pilotsku dozvolu. Sankcije za prekršitelje Pravilnika (NN 49/15) primjenjuju se prema prekršajnim odredbama Zakona o zračnom prometu. Također prema Uredbi o snimanju iz zraka [10] samo određene osobe za potrebe prostornog uređenja i druge gospodarstvene potrebe imaju dozvolu za snimanje. Te osobe moraju biti registrirane pri nadležnim registarskim tijelima država u kojima imaju poslovni nastan. Za svako pojedinačno snimanje potrebno je

podnijeti zahtjev kojeg podnosi naručitelj snimanja, Geodetskoj upravi kao i Ministarstvu obrane. S obzirom na sve masovnije korištenje dronova vode se rasprave o budućim pravnim regulativama i ukidanju nekih postojećih. Smatra se da će se u budućnosti većina prometa preseliti u zrak pa samim time morat će se redefinirati pojmovi zračnog prometa i omogućiti bespilotnim letjelicama da lete bez ograničenja zračnog prostora, ali takve promjene neće doći odjednom nego će se odvijati postepeno s razvojem novih tehnologija. Radi se na uspostavljanju regulaturnog okvira za obuku pilota i operatera koji daljinski upravljaju letjelicama kako bi se smanjile nejasnoće u pogledu osiguranja i zakonske odgovornosti.

### **3.2 Tehničke karakteristike drona**

Svaki dron mora imati određene dijelove kako bi se mogao kretati zrakom, a ujedno i registrirati kako bi zadovoljio pravne regulative. Registarska oznaka može biti bilo koja kombinacija brojeva i slova, samo ne može počinjati sa slovom D. Nakon obilježavanja drona bitno je prijaviti datu oznaku Agenciji. Najvažnija stvar koju svaki dron mora imati je tijelo odnosno okvir drona na koji se vežu ostali dijelovi. Postoje dvije vrste okvira, a to su okviri za trkače dronove i okviri za dronove koji se koriste u svrhe snimanja i fotografiranja. Okviri se razlikuju samo po broju krakova dok su materijali izrade jednaki. Tijelo može biti napravljeno od različitih materijala, ali najviše su u uporabi materijali od plastike i karbonskih vlakana zbog svojih aerodinamičnih svojstava (Sl. 3.5.)



**Sl. 3.5.** Slika A250 okvira za trkaču namjenu [12]

Okvir povezuje sve ostale dijelove drona pa samim time ukoliko se pokvari, svi ostali dijelovi gube svoju funkcionalnost. Tijelo drona bi trebalo biti napravljeno tako da nakon što se ostali dijelovi nadovežu na dron, dron ima ravnotežu u zraku. Nadalje dron mora imati motor koji će rotirati propelere, uglavnom su to manji motori (Sl. 3.6.). Broj motora trebao bi biti jednak broju elisa. Izborom pravog motora postiže se veća učinkovitost potrošnje električne energije. U zadnje vrijeme u uporabi su motori bez četkica koji su pogonjeni izmjeničnom strujom jer su u velikoj mjeri tiši i efikasniji od motora s četkicama što je jako važno zbog dužeg ostajanja u zraku odnosno manje potrošnje baterije.

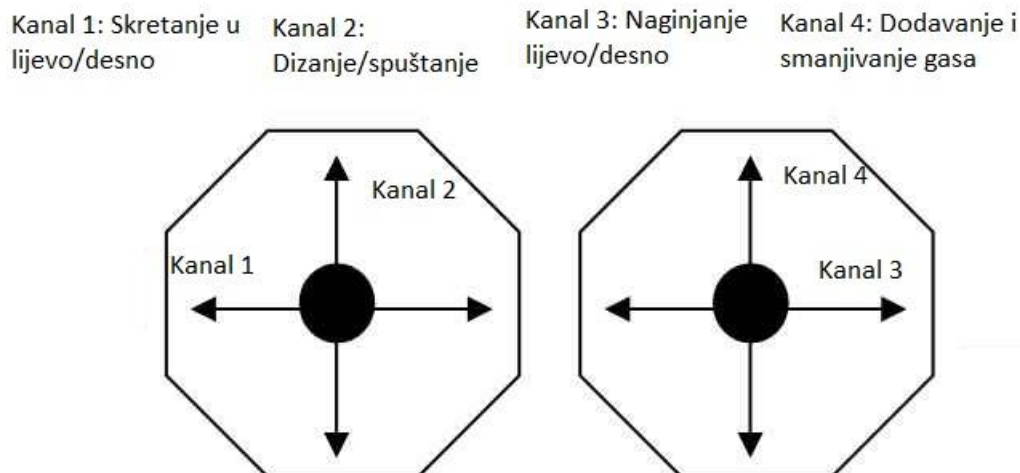


**Sl. 3.6.** Slika motora drona CCV JJRC Tarantula X6 [13]

Svaki dron mora posjedovati električni kontroler motora. On upravlja brzinom motora, a ujedno služi i kao dinamična kočnica. Kontroler pretvara istosmjernu struju u trofaznu izmjeničnu struju koja pokreće motor bez četkica. Kod mnogih kontrolera motora javlja se pregrijavanje pa se u zadnje vrijeme ugrađuje sistem koji regulira temperaturu električnog kontrolera motora. Propeleri su oštrice koje režu zrak i stvaraju razliku u tlaku zraka iznad i ispod rotora što uzrokuje da se letjelica dignu u zrak. Mogu biti izrađeni od različitih materijala o kojima im ovisi kvaliteta i svojstva, a samim time i cijena. Najčešći materijal izrade je plastika dok su one skuplji i kvalitetniji napravljeni od karbonskih vlakana. Da bi se mogao kretati dron mora posjedovati radio prijammnik. Pomoću radio prijammnika će komunicirati s pilotom na zemlji odnosno biti direktno upravljan. Svaka komunikacija s dronom se odvija preko prijammnika koji prima signal od radio stanice sa zemlje,



kojeg modulira i pretvara u informaciju. Radio stanica za dron mora posjedovati najmanje 4 kanala (Sl. 3.7.) kako bi bio funkcionalan iako većina dronova posjeduje 5 kanala dok neki mogu posjedovati i do 14 kanala.



Sl. 3.7. Prikaz radiprijamnika s 4 kanala

Bolji prijamnici imaju brži odaziv što omogućuje bolju kontrolu drona i brže reakcije pilota. Obično se na radioprijamniku nalazi ogromna količina dodatnih gumba za lakše letenje (Sl. 3.8.).



Sl. 3.8. Slika radio stanice WFT06X-A [14]

Sve informacije prosljeđuju se kontroleru leta drona koji je ujedno i mozak drona jer procesira sve informacije koje pilot šalje dronu. Kontroler leta sadržava programsku podršku tj. software koji ne služi samo za praćenje leta nego i za podešavanje leta prema različitim uvjetima. S obzirom da se u dronu nalaze različiti uređaji koji zahtjevaju električnu energiju dron mora imati bateriju koja služi kao izvor energije drona. Danas su najčešće u uporabi LiPo baterije odnosno litij-polimerske baterije. Baterije kao i sve ostalo mogu varirati kapacitetom i kvalitetom izrade. Prosječna baterija ima kapacitet od 3000 mAh i napon od 4V. Uz bateriju potrebno je imati i adekvatan punjač za tu istu bateriju. Uz osnovne dijelove na dron se mogu dodavati razni neobavezni dijelovi kao što su kamere, senzori, GPS navigacija, gimbal za kameru i druge stvari ovisno o potrebama korisnika drona.

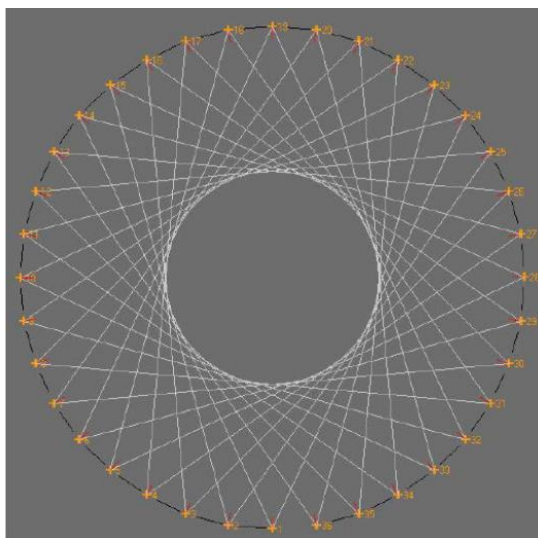
## **4. PRAKTIČNA PRIMJENA DRONA U ENERGETSKOM PREGLEDU**

Puno inspekcija građevina zahtijeva od inženjera mjerenje visokih građevina. Takve metode nisu samo vremenski zahtjevne zbog sigurnosnih razloga nego su i opasne. S većom uporabom dronova, radnici bi bili stavljeni pod rizik samo u slučajevima kada dronovi zakažu što je jedna od najvećih pozitivnih strana drona. Dronovi omogućuju pregled građevina iz skoro svih kuteva, pa se tako smanjuje mogućnost promaknuća pogreške. Korištenjem drona moguće je dobiti vizualnu i termalnu informaciju o objektu koji se promatra odnosno snima. Najbolju primjenu dronovi imaju u detekciji problema s vlagom i problema s energijom u vanjskoj ovojnici zgrade. Identificiranje anomalije prije nego što evoluiru u ozbiljniji problem ili čak u kvar u nekim slučajevima što dovodi do znatnih smanjenja troškova održavanja zgrade i zamjene oštećenih dijelova zgrade. Omogućuje otkrivanje na primjer vlagom oštećenog krova ili vlagom oštećen zid zgrade, kvarne električne instalacije i slične stvari. Curenja zraka i izolacijski problemi u domovima često prođu neprimjećeni zato što nisu vidljivi golim okom. Većina tradicionalnih metoda pruža generalnu ideju o problemu i gdje se on nalazi dok ga ne mogu s potpunom točnošću odrediti. Dron pruža mogućnost pregleda iz drugačije perspektive i pod drugim kutom pa je samim time lakše uočiti anomalije na građevinskim objektima. Anomalije koje dron može otkriti uključuju curenje zraka, pukotine, hrđu, oštećene dijelove ili dijelove izolacije koja nedostaje te područja visoke vlage koja mogu utjecati na potrošnju energije u zgradi. Preciznom i detaljnom informacijom o problemu i mjestu gdje se javlja može se izbjeći opsežna renovacija koja može povećati trošak u slučaju renovacije. Umjesto opsežne renovacije moguće je označiti mjesta kojima je potreban popravak i na njima izvršiti jeftine lokalne popravke kao na primjer lociranje mjesta na kojemu nedostaje izolacija, izolacija je oštećena ili je izolacija nepravilno postavljena, mjesta gdje postoji termalni most, mjesta gdje postoji curenje zraka na otvorima, mjesta gdje postoji šteta uzrokovana vlagom i otkrivanje pukotina u betonskim strukturama. [9]

### **4.1 Vizualni pregled**

Dronove je moguće koristiti na različite načine, a osim mogućnosti letenja, glavna prednost im je mogućnost opremanja kamerama i senzorima s obzirom da su troškovi u usporedbi s većim letjelicama znatno manji. Vizualnim pregledom građevine dronom mogu se lako uočiti razni

nedostatci na građevini kao na primjer pukotine na krovu, istrošenost materijala na određenim dijelovima građevine, opasnosti po sigurnost i zdravlje i još mnogo toga. Cilj inženjera je povećati energetska učinkovitost zgrade, a samim time i produžiti vijek trajnosti zgrade. Kod visokih zgrada koje imaju nepristupačne dijelove odnosno dijelove za koje su potrebni specijalno obučeni stručnjaci koji koriste specijaliziranu opremu kako bi došli do takvih mjesta, a oni su u sposobnosti samo uslikati te dijelove te kasnije opet specijalizirani inženjeri moraju analizirati te slike. Puno je bezbolnije i jeftinije za takva nepristupačna mjesta koristiti dron s kamerom visoke rezolucije. Temelj svakog pregleda je vizualna informacija o objektu koji se pregledava, a tu informaciju može pružiti dron s kamerom visoke rezolucije. Ove informacije u kombinaciji s metodama računalne vizije mogu doprinjeti u izradi 3D modela objekta zbog toga što većina dronova ima opciju leta oko točke interesa (Sl. 4.1.).



**Sl. 4.1.** *Ilustracija putanje drona pri snimanju točke interesa [15]*

Točka interesa je zamišljena na osnovi ljudskog vida i toga kako ljudske oči stvaraju trodimenzionalnu sliku onoga što vide ispred sebe pa tako dronovi koriste tisuće snimaka koje se kasnije kroz računalne programe pretvaraju u 3D model nekog objekta. Još jedan prikaz 3D mapiranja preko točke interesa (Sl. 4.2.).



**Sl. 4.2.** *Slika 3D zračnog mapiranja građevine [16]*

Ključna stvar kod snimanja tih fotografija je stabilnost drona kako bi snimci bili dovoljno dobri za analiziranje. Ovisno o željenoj kvaliteti 3D modela broj okidanja kamere u kružnom letu može se povećati ili smanjiti, povećanjem broja okidanja dobiva se veća kvaliteta 3D modela dok manjim brojem okidanja dobiva se manja kvaliteta modela. Dobivanjem 3D modela mogu se lako otkriti pukotine i analizirati oštećenja na objektu. U velikoj većini slučajeva radiostanice dronova se spajaju na pametni telefon na kojemu je pokrenuta aplikacija za 3D mapiranje pa aplikacija sama određuje najbolju putanju za određeni teren ili objekt koji se želi mapirati. Iako mnogi vlasnici dronova u Hrvatskoj ne prijavljuju fotografije i video sadržaje koje snime dronom, trenutne zakonske odredbe su jasne – snimanje takvih materijala treba unaprijed najaviti i u roku od osam dana dati na pregled Državnoj geodetskoj upravi. Snimke se mogu koristiti tek nakon odobrenja Državne geodetske uprave i Ministarstva obrane. Javno prikazane fotografije i video sadržaji napravljeni bez ovakvih dozvola mogu rezultirati novčanim kaznama od najmanje 5000 kuna. Potrebna je i dozvola vlasnika posjeda ili objekta koji se snima.

## **4.2 Termografski pregled**

Postoje dvije kategorije uređaja za infracrvena mjerenja, a to su radiometrijski ili termovizijski za mjerenje temperature i termografski za snimanje raspodjele temperature na površini objekta.

Termografija je beskontaktna metoda mjerenja i bilježenja toplinskog zračenja i njegove raspodjele

na površinama objekata. Svako tijelo s temperaturom iznad apsolutne nule emitira infracrveno zračenje pa se stoga je termografija vrlo korisna u zgradarstvu za određivanje stanja građevina. Iako termografski pregled nije nužan u energetsom pregledu, on može lokalizirati problem u vanjskoj ovojnici zgrade te dati dodatne informacije o stanju vanjske ovojnice zgrade. Infracrvena termografija omogućuje prediktivno održavanje odnosno pravovremeno uočavanje problema, odnosno sprječava interventno održavanje koje je vremenski duže i zahtijeva veći trošak. Infracrvena termografija dopušta kvalitativnu analizu stanja zgrade. [8] Takva analiza daje mogućnosti za termičkog stručnjaka da:

1. Provjeri odgovaraju li zaključci energetskeg pregleda stvarnoj slici zgrade ili je u suprotnom potrebno napraviti dodatnu detaljniju analizu
2. Identificira lokalne greške koje nisu primjećene energetskeg pregledom kao npr. propusnost prozora koja se može otkriti termografijom, ali u kontekstu termalnog proučavanja bilo bi smatrano kao slabljenje u izolacijskim performansama površinskog omotača

Trenutno su zastupljena 2 pristupa infracrvene termografije u energetskeg pregledu, a to su aktivna termografija i pasivna ili statična termografija. Aktivna infracrvena termografija se zasniva na promatranju dinamičkog ponašanja površine objekta izloženog toplinskeg pobudi dok se pasivna infracrvena termografija fokusira na sastavni dio zgrade u stacionarnom stanju u potrazi za nepoznatim nedostacima za lokalizaciju energetskeg problema. Prema tome pasivna infracrvena termografija smatra se tipičnim pristupom za energetskeg pregled. U pasivnu termografiju pripada i automatizirani prelet. Automatizirani prelet temelji se na korištenju infracrvene kamere montirane na male zrakoplove ili dronove. Ova metoda primjenjuje se za detekciju gubitaka topline kroz prozore te za otkrivanje propusnosti krova. Lokalne greške koje se mogu otkriti infracrvenom termografijom su:

1. nedostaci, istrošenost ili loše postavljanje izolacije
2. oštećenja fasade
3. istjecanje tekućine iz cijevi
4. brtvljenje površinskog sloja
5. pucanje armature ili betonske strukture građevine
6. toplinske mostove
7. prokapavanje vode i područja s povećanom vlagom

8. oštećenje izolacije toplinskih razvoda
9. smanjenje koncentracije argona u prozorima

S obzirom da snimanjem infracrvenom kamerom dosta čimbenika utječe na kvalitetu dobivenog termografa kao na primjer udaljenost od objekta i svojstva objekta dron ima prednost u odnosu na ručno snimanje. U usporedbi sa snimanjem infracrvenih fotografija sa zemlje to jest ručnim snimanjem, snimanje dronom ima nekoliko prednosti. Prva prednost je manja paleta boja na slici jer snimanjem sa zemlje u velikoj većini slučajeva na slici će biti zahvaćeno nebo koje je samo po sebi jako hladno (Sl. 4.3).

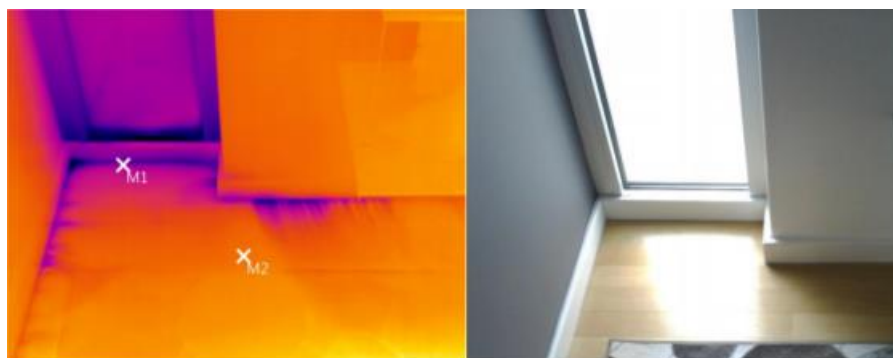


**Sl. 4.3.** *Termografski snimak električnog voda*

Zbog toga je na snimcima snimljenim iz zraka lakše uočiti manje temperaturne razlike koje mogu ukazati na neki veći problem zbog toga što se nebo eliminira iz snimka. Druga prednost je pokretljivost drona u odnosu na čovjeka koji snima sa zemlje. Čovjek snimajući sa zemlje mora mijenjati poziciju s koje snima kako bi snimio građevinu u potpunosti što može biti mukotrpan i dugotrajan proces u slučaju povećih građevina dok je za dron mijenjanje pozicije iznimno lako pa tako može snimiti određene sumnjive dijelove građevine s veće blizine što omogućuje detaljniji snimak. Snimanjem dronom iz zraka također smanjuje se refleksija odnosno odsjaj sunca na slikama zbog manjeg kuta iz kojeg se snima. Zadnja, ali možda i najveća prednost je ta da se snimanjem dronom ne stavljaju ljudski životi u opasnost kao što je slučaj u snimanju visokih građevina bez drona. Termografska snimanja izvode ovlaštene termografisti, članovi Hrvatske udruge za termografiju.

#### 4.2.1 Primjena termovizije kod provjere zrakopropusnosti omotača zgrade (engl. *blower door test*)

Građevni dijelovi koji čine omotač grijanog prostora moraju biti minimalne zrakopropusnosti u skladu s dosegnutim stupnjem razvoja tehnike i tehnologije u vrijeme izgradnje objekta. Ispunjavanje zahtjeva dokazuje se ispitivanjem zrakopropusnosti prema HRN EN 13829:2002 metoda A za zgrade u upotrebi i metoda B za novoizgrađene zgrade, prije tehničkog pregleda zgrade. Primjena infracrvene kamere u kombinaciji s anemometrom i generatorom magle omogućuje otkrivanje propusnih mjesta građevine. Primjenjuje se iz razloga što većina zgrada nema zadovoljavajući broj izmjena zraka i pomoću ove metode utvrđuje se stvarno stanje omotača građevine. Najčešća mjesta propuštanja u zračnom omotaču su okovi prozora i vrata primjenom infracrvene kamere (Sl. 4.4.).

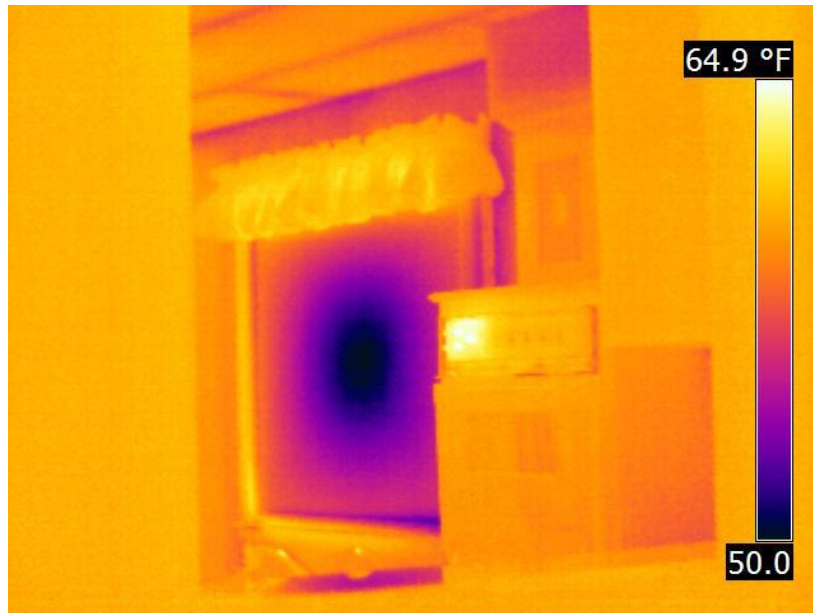


Sl. 4.4. Termograf okova prozora sa propusnim spojnica [17]

#### 4.2.2 Primjena termovizije kod pregleda prozora

Većina novih prozora koji se trenutno koriste ispunjena je argonom koji pruža bolju izolaciju od običnog zraka. Tijekom vremena brtve mogu oslabiti što može dovesti do ispuštanja argona i utjecanja vlažnog zraka u prozor. Ukoliko se ne pojavi kondenzacija takav problem teško je uočiti golim okom pa se u tom slučaju koristi infracrvena kamera s kojom je iznimno lako uočiti takav problem (Sl. 4.5.).

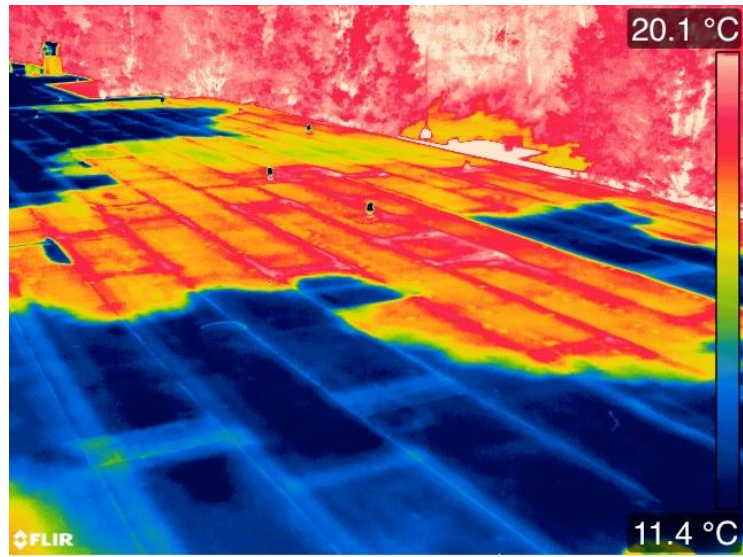




**Sl. 4.5.** Termograf prozora iz kojega je istekao argon, a ušao vlažni zrak [18]

#### **4.2.3 Primjena termovizije kod otkrivanja područja visoke vlage**

Kada voda jednom uđe u zgradu, ona može postati ozbiljan problem jer se lako kreće po zgradi i teško je odrediti izvor problema. Kod problema s vlagom u zidovima i krovu vrlo korisno rješenje pruža infracrvena termografija u kombinaciji s mjeračem vlage. Infracrvena kamera ne može otkriti vlagu, ali može ukazati na mjesta s nižom temperaturom od uobičajene koja se kasnije onda ispituju s mjeračem vlage jer kada materijal postane vlažan, imat će manju temperaturu od okoline jer vodi treba duže vremena da se zagrije nego na primjer drvetu ili kamenu.



**Sl. 4.6.** *Krov na kojemu se pojavila vlaga* [19]

Kratkim preletom drona preko građevine može se dobiti uvid u stanje ravnog krova ili krova sa malim nagibom i provjeriti postoji li velika koncentracija vlage u krovu (Sl. 4.6). Pronalazak nedostatka na krovu u ranoj fazi može donijeti ogromne uštede.

## 5. TEHNO-EKONOMSKA ANALIZA PRIMJENE DRONA U ENERGETSKOM PREGLEDU

Postoje različiti tipovi i modeli dronova na tržištu no samo neki od njih imaju mogućnost montiranja infracrvene kamere na njihov trup pa ćemo uzeti za primjer samo takve dronove. Uz trošak samog drona postoji još troškova koji se trebaju uzeti u obzir, a koje ćemo kasnije spomenuti. Za primjer uzeta su 2 različita drona, Yuneec Typhoon H (slika 5.1.) koji ima 6 motora [9] i DJI M200 s 4 motora (slika 5.2.) [10] koja se mogu koristiti u svrhu energetskeg pregleda jer oba drona imaju mogućnost montiranja infracrvene kamere. S obzirom da oba drona dolaze s kamerama za snimanje i fotografiranje, cijene kamere su uključene u cijene dronova. Yuneec Typhoon H dolazi u paketu s kamerom CGO3+ od 12.4 megapiksela sa mogućnošću snimanja 4K videozapisa. Kamera je ugrađena na kardanski prsten (engl. gimbal) što joj omogućuje rotaciju od 360° i kut gledanja od 98°. DJI M200 dolazi u paketu s kamerom Zenmuse X4S s razlučivosti od 20.4 megapiksela i kutom gledanja od 84°. Isto kao i prethodna kamera, Zenmuse X4S ima mogućnost snimanja videozapisa u 4K rezoluciji.



**Sl. 5.1.** Slika Yuneec Typhon H drona [20]



**Sl. 5.2.** *Slika DJI M200 drona* [21]

Dronovi se najviše razlikuju u dimenzijama, masi, vremenu trajanja leta i maksimalnoj visini leta (tablica 5.3.). Maksimalnu visinu leta možemo zanemariti zbog toga što je ona definirana Pravilnikom (NN 49/15). Oba drona dolaze s transportnim kutijama i kamerama za snimanje videozapisa i fotografija pa taj trošak možemo zanemariti. DJI dron ima mogućnost nošenja dvije baterije koje mu daju mogućnost leta do čak 76 minuta što je vrlo bitna stavka rukovateljima drona kod obavljanja energetskeg pregleda. Manje vremena će biti utrošeno na slijetanje drona zbog zamjene baterije te ponovno uzlijetanje radi nastavka snimanja pa DJI dron ima veću efikasnost tokom pregleda. Kako bi se osigurao neprekidan rad dok se radi energetskeg pregled potrebno je imati dodatne baterije pa je stoga potrebna nabava dodatnih baterija. M200 dron koristi TB55 bateriju kapaciteta 7660 mAh i napona 22.8 V čija je cijena 2333 kuna dok Typhoon H koristi POWER 4 4S 14.8 V LiPo bateriju kapaciteta 5400 mAh čija je cijena 883 kuna. Ako želimo neprestan rad u svakom slučaju za oba drona bit će potrebno 3 baterije s obzirom da punjenje litij polimerske baterije je prosječno pola sata. Treba uzeti u obzir rezervne dijelove iako je njihova cijena niska od 20 kuna za propeler, motor ili stajni trap do 300 kuna za okvir drona, vrlo čest je slučaj njihove izmjene pa ih zato uračunavamo u konačnu računicu, ali kao promjenjivi trošak. Cijena električne energije potrebna za punjenje baterija je zanemariva pa ju nećemo gledati kao trošak. Potrebno je još promotriti troškove dopreme u što će biti uračunati i amortizacijski troškovi opreme. Za službeni put

preko 30 km privatnim automobilom treba uračunati 2 kune po prijeđenom kilometru bez potrebe prilaganja računa za gorivo. Cijena osiguranja od odgovornosti je varijabilna pa ćemo uzeti za primjer najjeftnije osiguranje. Za štetu u iznosu do 100000 kuna, cijena osiguranja je 429 kuna dok najskuplje odnosno osiguranje za štetu u iznosu do 7500000 kuna iznosi 1768 kuna. Uz troškove samog drona i opreme postoje troškovi ljudskih potencijala odnosno radne snage. Trošak ispita za rukovatelja sustava bespilotne letjelice iznosi 70 kuna, lječničko uvjerenje o zdravstvenoj sposobnosti košta 430 kuna. Uz navedeni trošak postoji stavka dnevnice odnosno naknade za pokriće troškova prehrane, pića i prijevoza u mjestu u kojemu je radnik upućen na službeni put. Taj trošak iznosi 170 kuna po danu ako je putovanje do tog mjesta trajalo između 12 i 24 sata, a ukoliko je trajalo 8 do 12 sati tada je iznos dnevnice 85 kuna. Cijena radnog sata inženjera je 50 kuna uz koju moramo dodati cijenu radnog sata promatrača drona koja je 20 kuna iz razloga što promatrač ne mora imati nikakvu dodatnu kvalifikaciju za odrađivanje toga posla. Najveći trošak otpada na termalnu kameru čija cijena može premašiti i cijenu samog drona. Najbitnija stavka kod termalnih kamera je vidno polje koje i određuje cijenu kamere. U slučaju malog vidnog polja kamere odnosno uskog vidnog polja ne mora se prilaziti preblizu objektu pa je tako moguće zaobići neke od pravnih regulacija kao i kada je vidno polje kamere široko, tada je moguće izostaviti padobran zbog toga što tada nije potrebno letjeti visoko. I široko i usko vidno polje imaju prednosti i mane pa treba izabrati kameru po individualnim potrebama. U slučaju širokog vidnog polja može doći do deformiranja slike, dok kod uskog vidnog polja treba snimiti više slika što samim time znači da zahtijeva više vremena. Yuneec Typhoon H koji koristi termalnu kameru CGOET. Cijena CGOET je 12695 kuna. Ova kamera može se lako mijenjati sa startnom kamerom koja dolazi u dron jer se spaja na isti gimbal. Vidno polje CGOET kamere je 71° dijagonalno i 56° horizontalno. Termalna kamera Zenmuse XT2 koja se spaja na dron DJI M200 cijenom i performansama se uvelike razlikuje od CGOET kamere. Cijena Zenmuse XT2 iznosi 41260 kuna. Za razliku od CGOET kamere, Zenmuse XT2 je vodootporna, ima veći raspon temperatura koje može očitati i veću razlučivost dok su osjetljivost i stopa okvira (engl. *frame rate*) jednaki. Zenmuse XT2 kamera ima mogućnost promjene leća pa je moguće namjestiti željeno vidno polje s obzirom na potrebe snimanja. Vidno polje Zenmuse XT2 kamere tako skalira od 45° dijagonalno i 37° horizontalno do 17° dijagonalno i 13° horizontalno što bi u usporedbi s vidnim poljem CGOET kamere značilo da se može snimati s veće udaljenosti i dobivati istu kvalitetu slike. Zbog sigurnosnih razloga i obaveznog padobrana, uračunat će se i cijena padobrana od 3345 kuna za dronove od 3 kg do 9 kg.

Dron:	Yuneec Typhoon H	DJI M200
Dimenzije:	520*457*310 mm	887*880*378 mm
Vrijeme trajanja leta:	Do 25 min	Do 76 min
Masa:	1,95 kg	4,53 kg
Maksimalna visina leta:	122 m	3000 m
Maksimalna brzina penjanja:	5 m/s	5 m/s
Maksimalna brzina spuštanja:	3 m/s	3 m/s
Maksimalna brzina leta:	19,4 m/s	23 m/s
Cijena:	5898 kuna	29008 kuna

**Tab. 5.3.** *Usporedba tehničkih specifikacija dvaju dronova*

S ovim informacijama mogu se dobiti fiksni troškovi nabave materijala dok ostali troškovi su varijabilni, ovisno o izlasku drona na teren. Pa tako nabavom drona, termalne kamere i 2 dodatne baterije za dron Yuneec Typhoon H dolazimo do troška od 20360 kuna. Trošak nabave DJI M200 drona s termalnom kamerom i baterijom iznosi 72600 kuna. Iz navedenih cijena uočljiva je velika razlika između poluprofesionalnog i profesionalnog drona što se naravno i osjeti na izvedbi posla. Iako oba drona mogu obavljati i vizualni i termovizijski pregled, jasno je da DJI M200 dron je za nekoliko nijansi učinkovitiji zbog bolje kvalitete izrade, bolje kamere i bolje baterije što mu omogućuje dulje ostajanje u zraku, manji broj kvarova i bolje snimke. Uzet ćemo kapacitet baterije koji je u slučaju DJI M200 drona 7660 mAh i okvirno vrijeme leta koje iznosi 38 minuta za DJI M200 dron.

Sljedećom formulom izračunat ćemo koliko je struje potrebno dronu:

$$\frac{\text{Kapacitet(Ah)}}{\text{trajanje leta(h)}} = \frac{7,66}{0,63} = 12,16 \text{ A} \quad (5-1)$$

Nakon toga izračunavamo snagu drona:

$$P = I \cdot U = 12,16 \cdot 22,8 = 277,22 \text{ W} \quad (5-2)$$

Uzmemo masu drona i podjelimo sa snagom kako bismo dobili snagu potiska DJI M200 drona:

$$\frac{m}{P} = \frac{4530}{277,22} = 16,34 \text{ g/W} \quad (5-3)$$

Istim principom za dron Yuneec Typhoon H dobivamo snagu potiska od 10,17 g/W. Jednostavnim izračunom efikasnosti motora dobija se zaključak da je DJI M200 efikasniji. Snaga potiska je mjera za količinu snage u watima potrebnu da se dobije gram potiska. Što je veći broj g/W veća je snaga potiska.

## 6. ZAKLJUČAK

Očekuje se da će tehnologija bespilotnih letjelica biti sljedeći veliki fenomen u svijetu jer ju je moguće implementirati u već postojeće poslove zbog toga što nudi vrlo inovativna i drugačija rješenja u usporedbi s onim dosad poznatima. S obzirom da tehnologija dronova sve više se isprepliće s raznim industrijama i uvodi inovativna rješenja u različitim sferama industrije vrlo je važno da se u budućnosti regulira promet bespilotnih letjelica kako se ne bi događalo postojanje nedoumica u vezi pravnih regulativa. Vrlo je važno spomenuti i sferu ljudske privatnosti o kojoj trenutno ne postoje pravne regulative, a postoji segment nesvjesnog zadiranja u tuđu privatnost letenjem u blizini određenih objekata. S obzirom da su najavljene izmjene pravilnika donešenog 2015. godine vrlo je izvjesno da će se riješiti velika većina problema i nedoumica jer je tehnologija bespilotnih letjelica bila relativno nova tehnologija i nije bila u širokoj upotrebi za vrijeme pisanja sadašnjeg pravilnika. Vrlo široka je primjena bespilotnih letjelica u energetsom pregledu pa tako donosi puno pozitivnih stvari koje nisu bile moguće ili su bile puno zahtjevnije bez korištenja bespilotnih letjelica. Korištenjem bespilotnih letjelica postižu se vremenske i novčane uštede gledano u dugoročnom periodu u usporedbi s klasičnim metodama koje se primjenjuju za izvršenje energetske preglede. Omogućuje ogromne uštede korisniku građevine zbog ranih otkrivanja nedostataka i samim time veću dugoročnost zgrade. S obzirom da postoje različiti dronovi s različitim kamerama bitno je odabrati onaj koji najviše odgovara izvođaču radova kao i kamere koje najviše odgovaraju za obavljanje posla jer im cijene variraju u velikim rasponima.



## LITERATURA

- [1] Energetska učinkovitost, [http://www.europarl.europa.eu/atyourservice/hr/displayFtu.html?ftuId=FTU\\_2.4.8.html](http://www.europarl.europa.eu/atyourservice/hr/displayFtu.html?ftuId=FTU_2.4.8.html) , pristup ostvaren 02.06.2018.
- [2] Direktiva o energetskej učinkovitosti, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:02012L0027-20130701&qid=1497601864179&from=EN>, pristup ostvaren 02.06.2018.
- [3] Lucchi E., Applications of the infrared thermography in the energy audit of buildings: A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, br. 82, sv. 3, str. 3077-3090, veljača 2018.
- [4] B. Pavković, V.Zanki, Priručnik za energetske certifikacije zgrada, Zagreb, 2010.
- [5] A. Thumann, T. Niehus, W. J. Younger., Handbook of energy audits, Fairmont Press, Lilburn (SAD), (2013)
- [6] Mišljenje o otvaranju zrakoplovnog tržišta za sigurnu i održivu civilnu uporabu daljinski upravljanih zrakoplovnih sustava, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/ALL/?uri=CELEX:52014AE3189>, pristup ostvaren 15.08.2018.
- [7] C.A. Balaras, A.A. Argiriou, Infrared thermography for building diagnostics, Energy and buildings 34 (2002), str. 171-183
- [8] Energy audit and infrared termography, <https://www.parrot-airsupport.com/en/energy-audit-and-infrared-thermography/> , pristup ostvaren 02.06.2018.

- [9] Typhoon H tehničke specifikacije, <http://us.yuneec.com/typhoon-h-specs> , pristup ostvaren 21.05.2018.
- [10] Matrice 200 Series tehničke specifikacije, <https://www.dji.com/matrice-200-series/info#specs> , pristup ostvaren 21.05.2018.
- [11] Kontrolirana zona Osijek, [http://www.crocontrol.hr/UserDocsImages/dokumenti/Osijek-WEB-CTR-uz-VFR\\_04\\_APRIL\\_2013r.pdf](http://www.crocontrol.hr/UserDocsImages/dokumenti/Osijek-WEB-CTR-uz-VFR_04_APRIL_2013r.pdf) ,pristup ostvaren 20.5.2018.
- [12] A250 Carbon racing drone, [https://hobbyking.com/en\\_us/a250-carbon-fibre-racing-frame.html](https://hobbyking.com/en_us/a250-carbon-fibre-racing-frame.html) , pristup ostvaren 24.8.2018.
- [13] CCV JJRC Tarantula X6, [https://images.okr.ro/serve/auctions.v7/2016/oct/03/b125fdd944eaf03e4f77c6f60c11e923-7960873-400\\_400.jpg](https://images.okr.ro/serve/auctions.v7/2016/oct/03/b125fdd944eaf03e4f77c6f60c11e923-7960873-400_400.jpg) , pristup ostvaren 30.8.2018.
- [14] Radiostanica WFT06X-A, [http://www.radiocontrolledshop.co.uk/image/cache/data/WFLY/WFLY\\_WFT06X\\_A\\_2\\_4GHz\\_6\\_Channels\\_Transmitter-500x500.jpg](http://www.radiocontrolledshop.co.uk/image/cache/data/WFLY/WFLY_WFT06X_A_2_4GHz_6_Channels_Transmitter-500x500.jpg) , pristup ostvaren 24.8.2018.
- [15] Point of interest, [https://www.researchgate.net/Principle-concept-of-flight-mission-feature-Point-of-Interest\\_fig5\\_269671543](https://www.researchgate.net/Principle-concept-of-flight-mission-feature-Point-of-Interest_fig5_269671543) , pristup ostvaren 24.8.2018.
- [16] 3D mapping, <https://panoraman.net/wp-content/uploads/2017/04/3D-mapping-drone-belgique-1024x620.jpg> , pristup ostvaren 24.08.2018.
- [17] Termografsko snimanje, <http://energonova-zagreb.eu/wp-content/uploads/2016/02> , pristup ostvaren 24.5.2018.
- [18] Building science forum, [https://www.infraredtraining.com/community/boards/images/110201673\\_IR\\_0516.jpg](https://www.infraredtraining.com/community/boards/images/110201673_IR_0516.jpg) , pristup ostvaren 25.08.2018.

[19] Roof moisture, <http://alpinethermalimagingsystems.com/wp-content/uploads/2018/07/infrared-image-of-roof-moisture-1-w640h480-2.jpg> , pristup ostvaren 25.08.2018.

[20] Typhoon H, <https://www.cliftoncameras.co.uk/uploads/products/TyphoonHProfessionalMK56.png>, pristup ostvaren 24.5.2018.

[21] DJI Matrice M200, [https://www4.djicdn.com/cms\\_uploads/ckeditor/pictures/1109/content\\_M200\\_w\\_Z30.png](https://www4.djicdn.com/cms_uploads/ckeditor/pictures/1109/content_M200_w_Z30.png), pristup ostvaren 24.5.2018.

## SAŽETAK

U ovome završnom radu prikazane su mogućnosti primjene drona u energetsom pregledu i sva pravila koja onemogućuju veću uporabu dronova u energetsom pregledu. U radu su opisani energetske pregledi i bespilotne letjelice te su prikazane obje primjene drona u energetsom pregledu. Kako bi se dočarala slika troškova takvog energetskeg pregleda, napravljena je tehnokonomski analiza za koju su uzete za primjer 2 različite bespilotne letjelice. Te 2 letjelice su uzete iz razloga što postoje razni dronovi na tržištu koji mogu izvršiti energetske pregled pa je prikazan profesionalni dron DJI M200 u usporedbi s komercijalnim dronom Yuneec Typhoon H srednje klase.

**Ključne riječi:** energetske pregled, bespilotna letjelica, dron, IC termografija

## **ABSTRACT**

This final paper elaborates on the possibilities of drone usages when carrying out energy inspections as well as drone restrictions in energy inspections. The paper elaborates on energy inspections and drones as well as both types of drone applications in energy inspections. In order to illustrate potential costs of such inspection, technical and financial analyses, based on two different drones, were conducted. Since different types of drones can be used for energy inspection, we decided to compare a professional drone DJI M200 and a commercial drone Yuneec Typhoon H (middle class).

**Key words:** energy audit, unmanned aircraft, drone, IR termography

## **ŽIVOTOPIS**

Ivan Pavrlišek, rođen je 1997. u Osijeku. Živi u Tenji u kojoj završava osnovnu školu „Tenja” nakon koje školovanje nastavlja u II. gimnaziji Osijek. Tokom školovanja u srednjoj školi pohađao je natjecanja iz povijesti i informatike na županijskoj razini. Nakon završene gimnazije upisuje Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, smjer računarstvo i trenutno je student treće godine.