



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

**ÚSTAV AUTOMATIZACE A INFORMATIKY**

INSTITUTE OF AUTOMATION AND COMPUTER SCIENCE

**AKTIVNÍ OBRANA DRONŮ PŘED PTACTVEM**

ACTIVE DEFENCE OF DRONES FROM BIRDS

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

Viktória Husovská

**VEDOUcí PRÁCE**

SUPERVISOR

Ing. Pavel Škrabánek, Ph.D.

**BRNO 2021**



# Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automatizace a informatiky  
Studentka: **Viktória Husovská**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Základy strojního inženýrství  
Vedoucí práce: **Ing. Pavel Škrabánek, Ph.D.**  
Akademický rok: 2020/21

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## **Aktivní obrana dronů před ptactvem**

### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Některé druhy ptactva využívají ke své obraně výhod, které jím přináší shlukování do hejn. Jeden s obranných mechanismů hejna je útok na domnělého nepřítele. Za určitých okolností se tímto nepřítelem může stát i dron. Běžně prodávané drony nemají možnost se tomuto typu útoku bránit.

### **Cíle bakalářské práce:**

Student navrhne strategie aktivní obrany vybraných dronů. Student vypracuje mini rešerši mapující aktuální nabídku dronů. Student zvolí nejvhodnější dron, pro který bude možné realizovat cenově dostupný obranný systém. Student navrhne konstrukci obraného systému pro tento dron.

### **Seznam doporučené literatury:**

CUSTERS, Bart, ed. The Future of Drone Use [online]. 2016 [cit. 2019-09-17]. DOI: 10.1007/978-9-6265-132-6.

DE BOER, Sanne, ed. Drones: The Complete Manual. 1. Bournemouth, UK: Imagine Publishing, 2016. ISBN 978-1785-462-962.

HOLDEN, Peter. RSPB Birds: their Hidden World. 1. London, UK: Bloomsbury Natural History, 2012. ISBN 978-1-4081-5262-1.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

---

doc. Ing. Radomil Matoušek, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Táto bakalárska práca sa zaoberá ochranou dronov pred vtákmi. Cieľom práce bolo vypracovať návrh ochrany, ktorý bude použiteľný pre bežný dron za prijateľnú cenu, keďže v súčasnosti neexistuje žiadne dostupné, komerčné riešenie, ktoré by drony dokázalo ochrániť. V rámci práce bolo skúmané zmyslové vnímanie vtákov a prostriedky kontroly ich nežiaduceho vplyvu. Na základe účinnosti jednotlivých prostriedkov a poznatkov z vnímania vtákov bol predstavený návrh pre ochranu dronov. Navrhnutá ochrana kombinuje vizuálne, zvukové a mechanické prostriedky a okrem priamej ochrany drona dokáže tiež odplašiť vtákov, čím znižuje riziko kolízií a predstavuje tak ochranu aj pre vtáky. Ako mechanická ochrana je navrhnutá plastová konštrukcia chrániaca citlivé časti drona a k odplašeniu vtákov slúži holografická páska a siréna.

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis focuses on the protection of drones from birds. The aim of the work was to develop a protection proposal that will be applicable to an ordinary drone at an affordable price, since there is no currently available commercial solution that would be able to do so. The sensory ecology of birds was investigated in the thesis and the deterrents of control of their adverse effects as well. Based on the effectiveness of all the deterrents and knowledge from the ecology of birds, a proposal for the protection of drones was introduced. The proposed protection combines visual, audio and mechanical protection and, aside from direct protection of the drone, it can also repel birds away. This would lead to a reduction of the risk of collisions and therefore provides protection for birds. Plastic construction protecting the sensitive parts of the drone is designed as mechanical protection, while a holographic tape and a siren are used to repel the birds away.

## **KLÚČOVÉ SLOVÁ**

Zmyslové vnímanie vtákov, kontrola vtákov, letálne prostriedky kontroly, neletálne prostriedky kontroly, ochrana drona

## **KEYWORDS**

Sensory ecology of birds, bird control, lethal bird deterrents, non-lethal bird deterrents, drone protection



2021

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA**

HUSOVSKÁ, Viktória. *Aktivní obrana dronů před ptactvem*. Brno, 2021. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/132029>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automatizace a informatiky. Vedoucí práce Pavel Škrabánek.



## **POĎAKOVANIE**

Touto cestou by som sa chcela poďakovať mojej rodine a priateľom, ktorí ma podporovali počas písania tejto bakalárskej práce, aj počas môjho štúdia. Ďalej by som sa chcela poďakovať môjmu vedúcemu Ing. Pavlovi Škrabánkovi, Ph. D., za jeho trpezlivosť a ochotu, ale predovšetkým odborné vedenie, cenné rady a pripomienky pre zlepšenie.



## **ČESTNÉ PREHLÁSENIE**

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, vypracoval jsem ji samostatně pod vedením vedoucího práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury.

Jako autor uvedené práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následku porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona c. 121/2000 Sb., včetně možných trestně právních důsledků.

V Brně dne 22. 5. 2021

.....

Viktória Husovská



# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD .....</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>ZMYSLOVÉ VNÍMANIE VTÁKOV .....</b>	<b>17</b>
2.1	Zrak .....	17
2.1.1	Vizuálne polia .....	17
2.1.2	Farebné videnie .....	19
2.1.3	Priestorové rozlíšenie, ostrosť videnia a kontrastná citlivosť .....	19
2.2	Sluch.....	20
2.2.1	Zvukové frekvencie.....	20
2.2.2	Lokalizácia zdroja zvuku .....	21
2.3	Čuch .....	22
2.4	Magnetoreceptory.....	22
2.5	Somatická senzitivita.....	22
2.6	Chuť.....	22
<b>3</b>	<b>KONTROLA VTÁKOV .....</b>	<b>23</b>
3.1	Ochrana vtákov .....	23
3.2	Kolízie so statickými objektami .....	23
3.3	Kolízie s dynamickými objektami.....	24
3.3.1	Kolízie s dronmi .....	24
3.4	Ochrana majetku a poľnohospodárskych komodít.....	25
<b>4</b>	<b>PROSTRIEDKY PRE KONTROLU VTÁCTVA.....</b>	<b>27</b>
4.1	Letálne prostriedky.....	27
4.1.1	Strelné.....	28
4.1.2	Chemické.....	28
4.1.3	Ostatné.....	28
4.2	Neletálne prostriedky .....	29
4.2.1	Vizuálne .....	29
4.2.2	Zvukové.....	30
4.2.3	Chemické.....	31
4.2.4	Fyzické .....	31
4.2.5	Modifikácia prostredia .....	31
4.2.6	Kombinované .....	32
4.3	Porovnanie relatívnej efektivity prostriedkov .....	32
<b>5</b>	<b>VLASTNÝ NÁVRH .....</b>	<b>35</b>
5.1	Výber drona.....	35
5.2	Analýza problému .....	36
5.3	Návrh ochrany .....	37
5.3.1	Mechanická ochrana.....	37
5.4	Realizácia návrhu .....	39
5.4.1	Mechanická ochrana.....	40
5.4.2	Vizuálna ochrana.....	42
5.4.3	Zvuková ochrana .....	43
<b>6</b>	<b>ZÁVER .....</b>	<b>49</b>
<b>7</b>	<b>ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY .....</b>	<b>51</b>
<b>8</b>	<b>ZOZNAM OBRÁZKOV, TABULIEK A PRÍLOH.....</b>	<b>55</b>



# 1 ÚVOD

Drony sa čím ďalej, tým viac stávajú súčasťou bežného života a vďaka ich všestrannosti nachádzajú využitie vo viacerých oblastiach. Ich veľkosť a ovládanie na diaľku, ktoré prináša ochranu pilota, z nich urobila ideálny prostriedok pre záchranné akcie v nebezpečných oblastiach a výskum nepoznaných území. Okrem toho nachádzajú využitie vo vojenských operáciách alebo poľnohospodárstve. Neustály vývoj a širšia ponuka však prináša aj zvýšený záujem o drony pre bežných užívateľov, ktorí sa chcú pozrieť na svet z vtáčej perspektívy. Rozšírenie dronov prináša aj väčšiu pozornosť na ich bezpečnosť a možné riziká, ktoré ohrozujú drony vo vzduchu. Jedno z týchto nebezpečenstiev predstavujú vtáky.

Snahou tejto bakalárskej práce je porozumieť príčinám, prečo k týmto kolíziám dochádza a vymyslieť prostriedok, ako toto riziko zminimalizovať, a v prípade, ak už ku kolízii dôjde, čo najviac ochrániť dron. Práca je rozdelená na 3 rešeršné a 1 praktickú kapitolu. Prvé tri rešeršné kapitoly sa zaoberajú problémom z pohľadu vtákov a cez ich vnímanie. Následne sú rozobrané spôsoby, aké sú používané pre zníženie kolízií vtákov, ich ochranu a cielenú kontrolu v prípadoch, kde sú škodlivé. Na základe nadobudnutých poznatkov je potom v praktickej časti vypracovaný návrh ochrany drona, ktorý má ochrannú, ale aj preventívnu funkciu.

Kapitola 2 sa sústreďí na zmyslové vnímanie vtákov. Jej zmyslom je priblížiť svet z pohľadu, akým sa na neho pozerá vták. V tejto kapitole sú postupne popísané zrak, sluch, čuch, magnetoreceptory, somatická senzitivita a chuť. Jednotlivé zmysly majú pre vtáky rôznu dôležitosť a využitie, avšak dohromady vytvárajú jednotný celok, ktorý určuje to, ako sa vták správa a vníma jednotlivé podnety. Kapitola sa sústreďí na vlastnosti zmyslov, ktoré sú primárne využívané pri kolízií.

Drony nie sú jediné objekty, s ktorými vtáky kolidujú. Tieto strety spôsobujú nebezpečenstvo a zbytočné usmrtenia vtákov. Kapitola 3 rozdeľuje objekty, do ktorých vtáky narážajú na statické a dynamické a bližšie sa zaoberá príčinami, prečo nastávajú a v čom sú rozdielne. Okrem ohrozenia vtákov je v kapitole upriamený pohľad aj na nežiaduci vplyv vtákov pre ľudí, ktorý spôsobuje finančné škody a v leteckom priemysle dokonca aj ohrozenie na životoch.

Pre úplnosť problematiky je posledná rešeršná kapitola venovaná prostriedkom, ktoré sú využívané na kontrolu vtákov a zníženie škôd, ktoré spôsobujú. Kapitola 4 rozdeľuje prostriedky na letálne a neletálne, podľa toho, či pri ich použití dôjde k usmrteniu vtákov. Obe kategórie prostriedkov sú rozdelené na konkrétne typy a na záver je vytvorené porovnanie ich relatívnej efektivity.

Posledná 5. kapitola je praktická. S využitím poznatkov z predchádzajúcich kapitol je vytvorený návrh na ochranu drona. Návrh je realizovaný na konkrétne zvolený typ drona, kde bolo prihliadané na cenovú dostupnosť a vlastnosti drona. Navrhnutá ochrana je predstavená pomocou 3D modelu a následne je vytvorená aj realizácia návrhu obsahujúca konkrétne časti, potrebné k implementácii návrhu.



## 2 ZMYSLOVÉ VNÍMANIE VTÁKOV

Zmyslová sústava zohráva v živote vtákov veľmi dôležitú úlohu, ktorá je pre ich každodenný život rovnako podstatná ako fyziologický vzhl'ad a funkcie jednotlivých častí tela. Všetky živočíchy žijú na jednej planéte, avšak práve zmysly určujú to, ako vnímajú svet okolo seba. Aj dva vtáky, ktoré zovňajškom pôsobia takmer rovnako, môžu mať vďaka zmyslom úplne odlišné vnímanie okolia. Zmyslové vnímanie sa sústreďuje na to, ako sú vtáky schopné prijať, spracovať a naložiť s informáciou, ktorú prijali. Podľa toho, na akú vzdialenosť sú jednotlivé zmysly schopné prenášať informáciu, ich delíme na [1]:

### **Dosahujúce veľkú vzdialenosť**

Túto skupinu nazývame telereceptory. Ide o zmysly, ktoré poskytujú informácie o širšom prostredí, v ktorom sa vták nachádza a predmetoch, s ktorými nie je v bezprostrednom kontakte. Patrí tu zrak, sluch, čuch a aj napriek tomu, že tento zmysel nevyužíva vzdialené objekty ako predchádzajúce, zaradzujú sa tu aj magnetoreceptory.

### **Dosahujúce malú vzdialenosť**

Patria tu somatická senzitivita a chuť. Tieto zmysly poskytujú vtákovi bližšie informácie o predmetoch, ktorých sa dotýkajú, sú s nimi vo veľmi blízkom kontakte alebo sa nachádzajú vo vnútri ich tela. Ide predovšetkým o zmysly, ktorých primárnou úlohou je výber a získavanie vhodnej potravy.

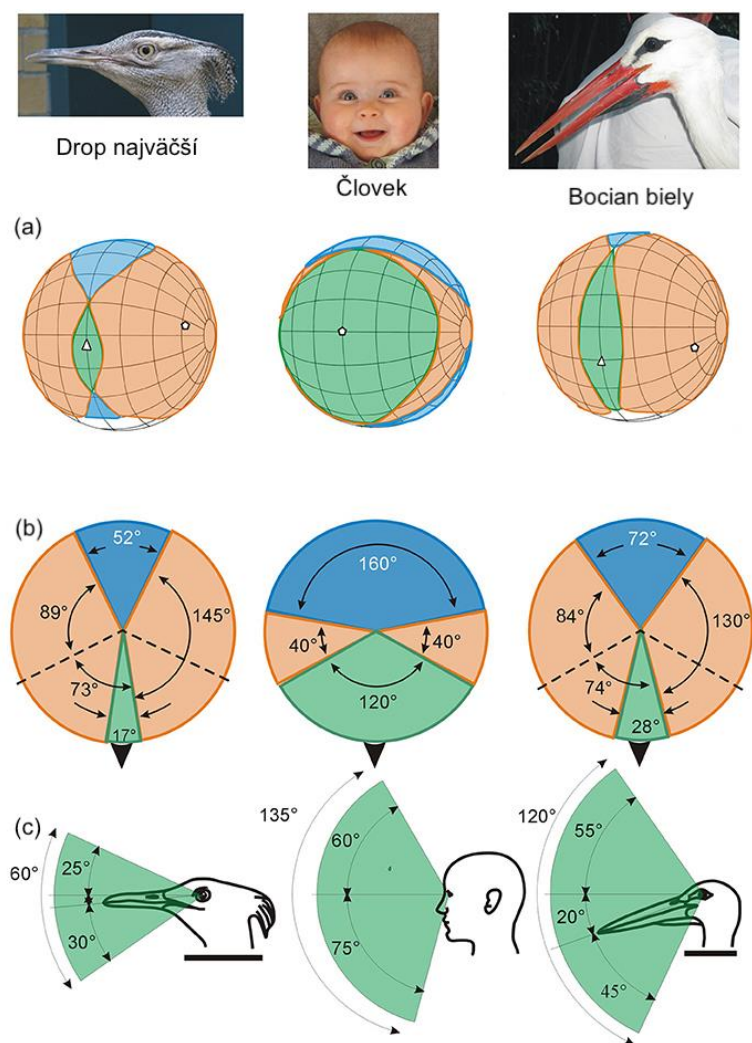
## 2.1 Zrak

Zrak je v zmyslovej sústave vtákov veľmi podstatný, keďže pre väčšinu druhov tvorí primárny zdroj informácií o okolitom prostredí. Typy očí a ich funkcia sa u jednotlivých druhov líšia, keďže boli prispôbené spôsobu a typu kŕmenia. Iné požiadavky sú kladené na oči dravca, vtáka vyhľadávajúceho ako zdroj potravy ovocie, nočného vtáka alebo druh loviaci pod vodou. Vlastnosti a schopnosti očí sa líšia na základe konkrétneho druhu, ako napríklad citlivosť na UV svetlo alebo zorný uhol. Vo všeobecnosti však platí, že ich zrakové vnímanie je oproti človeku citlivejšie na farby a zorný uhol je väčší [1].

### 2.1.1 Vizuálne polia

Poloha očí u človeka a vtáka je rozdielna. Človek má oči umiestnené frontálne a vták laterálne na lebke. Preto aj uhol, pod akým vnímajú svet vtáky a ľudia je odlišný. Človek má pocit, že do prostredia vstupuje, keďže obe oči smerujú dopredu, na rozdiel od vtáka, ktorý má pocit, že je jeho súčasťou. Uhol, ktorý sú schopné jednotlivé ľudské oči vnímať sa pohybuje okolo 160°, ale keďže veľkú časť tohto uhla vidia obe oči simultánne, zorný uhol človeka je len 200°. Oči vtákov sa nachádzajú na stranách, čo síce znižuje uhol, ktorý vidia obe oči naraz, ale zároveň zvyšuje celkový zorný uhol vtákov [1].

Obr. 1 porovnáva vizuálne polia medzi človekom a dvoma rôznymi druhmi vtákov. Modrá časť znázorňuje priestor, ktorý jedinec nedokáže zrakom vnímať. Ten tvorí u dropa najväčšieho len  $52^\circ$ , čo je razantne menej oproti človeku, majúcemu tento uhol okolo  $160^\circ$ . Oranžové časti predstavujú oblasti, ktoré oči vidia samostatne, nazývané monokulárne polia a zelená časť znázorňuje binokulárnu oblasť, čiže oblasť, ktorú vidia obe oči simultánne [2]. Prvý rad (a) znázorňuje porovnanie vizuálnych polí v priestore, druhý rad (b) predstavuje pohľad zhora a tretí rad (c) ukazuje pohľad z boku. Zorné pole (oranžová + zelená oblasť) majú vtáky výrazne väčšie a dokážu tiež oproti človeku oveľa lepšie vnímať laterálny obraz [1].



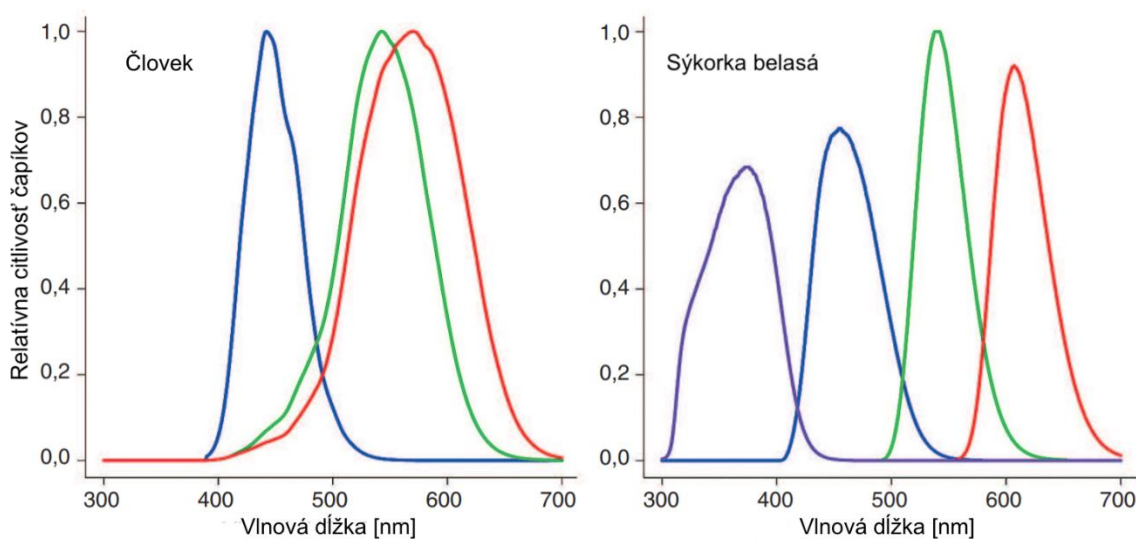
Obr. 1: Porovnanie vizuálnych polí u dropa najväčšieho, človeka a bociana bieleho. Modrá časť predstavuje oblasť, ktorú jedinec nevidí, zelená časť predstavuje oblasť binokulárneho videnia a oranžová monokulárneho videnia jednotlivých očí. Tri rady znázorňujú vizuálne polia v priestore (a), pohľadom zhora (b) a z boku (c). Čierna prerušovaná čiara (b) slúži pre lepšiu názornosť menšieho uhla binokulárneho videnia vtákov oproti človeku [1].

### 2.1.2 Farebné videnie

Vtáčie oko obsahuje fotoreceptory, teda svetlocitlivé bunky umiestnené na sietnici oka. Delíme ich na tyčinky a čapíky. Tyčinky obsahujú pigment rhodopsín, ktorý umožňuje videnie za šera. Čapíky dokážu vďaka obsahu rôznych pigmentov určiť množstvo dopadajúceho svetla v rôznych spektrálnych pásmach, na základe čoho potom mozog určí farbu pozorovaného objektu [1, 3].

Ľudské oko je trichromatické, čo znamená, že obsahuje 3 druhy fotoreceptorov, schopných rozlíšiť viditeľné svetlo s vlnovou dĺžkou v rozmedzí približne 400 nm až 700 nm. Na základe vlnovej dĺžky svetlo delíme na dlhovlnné, čo zodpovedá približne červenej farbe, potom stredné vlny v podobe zelenej a nakoniec krátke vlny odpovedajúce modrej farbe. Všetky farby, ktoré je človek schopný vnímať, vznikajú ako kombinácia týchto troch farieb [3].

Vtáčie oko je tetrachromatické, pretože obsahuje 4 rôzne druhy čapíkov. Tri typy čapíkov sú schopné vnímať viditeľné svetlo, podobne ako ľudia, ale vďaka štvrtému typu rozlišujú ešte aj ultrafialové žiarenie s vlnovou dĺžkou 300 nm až 400 nm. Ich videnie je teda oproti ľudskému citlivejšie na rôzne odtiene farieb a taktiež rozšírené o UV žiarenie, ktoré využívajú napríklad pri výbere vhodného partnera [3].



Obr. 2: Závislosť relatívnej citlivosti čapíkov na vlnovej dĺžke elektromagnetického žiarenia u človeka (vľavo) a sýkorky belasej (vpravo). Červená krivka vľavo znázorňuje relatívnu citlivosť čapíkov na dlhovlnné elektromagnetické žiarenie, zelená stredné vlny a modrá krátkovlnné žiarenie. Fialová krivka vpravo ukazuje rozšírenie vnímania čapíkov o UV žiarenie [3].

### 2.1.3 Priestorové rozlíšenie, ostrosť videnia a kontrastná citlivosť

Ďalšou dôležitou časťou pri posudzovaní vtáčieho zraku je priestorové rozlíšenie. Najčastejšou vlastnosťou, ktorá sa pri priestorovom rozlíšení oka skúma, je ostrosť videnia. Tá určuje, ako je vtáčie oko schopné rozlíšiť priestorový detail, keď sa nachádza v kontrastnom prostredí. Táto vlastnosť sa testuje na čierne-bielych pásoch.

Kombinácia čiernej a bielej je pre vtáky výrazná, keďže ide o oblasti, kde sa strieda maximálne pohlcovanie a odrážanie svetla. Čím sú pásy bližšie pri sebe a pozorovateľ ich je schopný odlíšiť, tým je ostrosť videnia lepšia. Miesto najostrejšieho videnia sa nenachádza vpredu, v smere ich letu, ale po bokoch, vzhľadom na laterálne umiestnenie očí na lebke [4]. Ostrosť videnia dosahuje najvyššie hodnoty cez deň, pri vysokej hladine osvetlenia [1].

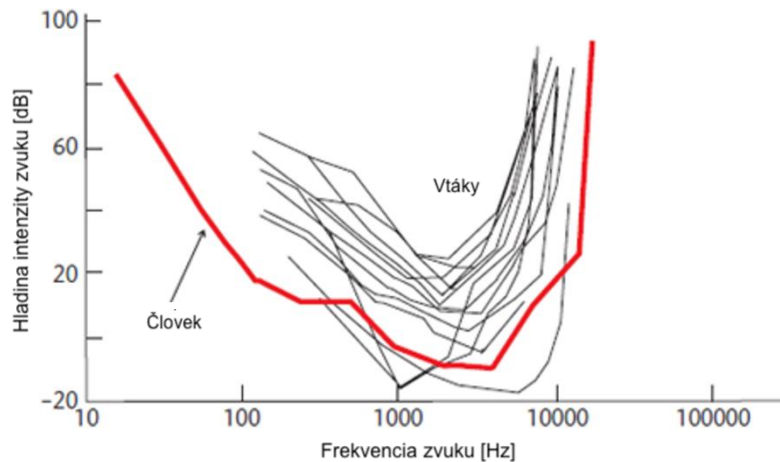
V reálnom prostredí je však výskyt kombinácie čiernej a bielej veľmi zriedkavý. Vyskytujú sa skôr odtiene sivej na sivom podklade. Schopnosť odlíšiť jednotlivé odtiene sivej sa nazýva kontrastná citlivosť. Kontrastná citlivosť sa meria tak, že sa zisťuje minimálny kontrast, ktorý je možné rozoznať pri rôznych šírkach pásov v odtieňoch sivej. Vtáky ju majú v porovnaní s inými cicavcami relatívne nízku. To znamená, že vtáky potrebujú pri rovnako širokých pásoch vyšší kontrast ako cicavce, aby ho spozorovali [1].

## 2.2 Sluch

Sluch je významný zmysel, ktorý tvorí pre vtáky hneď po zraku sekundárny zdroj informácií. V istých situáciách môže dokonca zohrávať dôležitejšiu úlohu ako zrak. Tento zmysel poskytuje vtákovi informácie o objektoch, ktoré nie sú viditeľné. Keďže ide o telereceptor, upozorňuje ich na vzdialenejšie objekty a informuje o širšom prostredí, v ktorom žijú a zabezpečuje komunikáciu s inými jedincami. Pomocou zvukových signálov sa vtáky dokážu navzájom varovať pred predátorom alebo ho využívajú pri dohadovaní o útoku na nepriateľa [1].

### 2.2.1 Zvukové frekvencie

Pohyby objektov vo vzduchu vyvolávajú kmitanie jeho molekúl, ktoré sa šíri do prostredia pomocou zvukových tlakových vln. Toto kmitanie sa šíri prostredím a v určitom rozpätí je schopné vyvolať zvukový vnem. Uši stavovcov vnímajú tieto kmitania vo frekvenciách 1 Hz až 100 kHz. U väčšiny vtákov sa táto hranica pohybuje približne od 300 Hz do 8 kHz, pričom najlepšie dokážu vnímať frekvencie od 1 kHz do 4 kHz. Pretože je schopnosť vnímania hlasitosti zvuku závislá na jeho frekvencii, najnižšiu hlasitosť vtáky dokážu určiť iba pri frekvenciách, na ktoré sú ich uši najcitlivejšie. Túto závislosť, ktorá má typický tvar písmena U, znázorňuje pre rôzne druhy vtákov a človeka obr. 3. Nezobrazuje však druhy, ktoré dokážu zachytiť infrazvuk, keďže nie je isté, či je za jeho detekciu zodpovedný sluch alebo somatické receptory [1, 5].



Obr. 3: Závislosť minimálnej hladiny intenzity zvuku od frekvencie u rôznych druhov vtákov a človeka [1]

### 2.2.2 Lokalizácia zdroja zvuku

Lokalizácia zdroja zvuku sa skladá z lokalizácie jeho smeru a odhadu vzdialenosti. Signály potrebné k lokalizácii zdroja poskytujú vtákom uši. Uši vtákov väčšinou nie sú bežným okom viditeľné, keďže sa nachádzajú vo vnútri lebky a ušné otvory sú ukryté pod vrstvou peria. Existujú však aj vtáky, ktoré majú vonkajšie uši [1].

Najväčším problémom pri lokalizovaní smeru zvuku je, že vyžaduje spoluprácu oboch uší súčasne, keďže jednotlivé uši sú schopné zachytiť iba prítomnosť zvuku, nie jeho smer. K určaniu smeru zvuku je potrebné vyhodnotenie rozdielov intenzity zvuku, ktoré jednotlivé uši zachytia a taktiež časový posun prichádzajúceho signálu. Hlava vtákov je však veľmi malá, takže tieto rozdiely sú medzi jednotlivými ušami minimálne, čo má za následok horšiu schopnosť určenia smeru prichádzajúceho zvuku. U väčšiny cicavcov sa presnosť lokalizácie zvyšuje so zvyšujúcou sa intenzitou zvuku. To však neplatí pre vtáky. Stredné uši vtákov sú totiž prepojené vzduchovou trubicou (nie sú teda úplne samostatné). Najvyššiu presnosť lokalizácie smeru zvuku spomedzi vtákov s vnútornými ušami dosahujú spevavé vtáky, a to približne  $20^\circ$ . Vtáky majúce vonkajšie uši vykazujú výrazne vyššiu presnosť. Vďaka odlišnej geometrii uší môžu dosahovať presnosť lokalizácie smeru zvuku okolo  $4^\circ$  [1].

K určaniu vzdialenosti využívajú vtáky hlasitosť. Jednoduchým znížením hlasitosti pre nich známeho zvuku je možné u vtákov dosiahnuť predpoklad oddialenia. Presnosť odhadu vzdialenosti závisí na oboznámenosti vtákov s daným zvukom. Čím známejší je pre nich daný zvuk, tým lepšie vedia odhadnúť jeho vzdialenosť [1]. „Informácia o vzdialenosti zdroja zvuku je pre vtáky veľmi podstatná pri rozhodovaní, či je nutné na daný zdroj zvuku reagovať a aká reakcia to má byť [1]“.

## 2.3 Čuch

Čuch patří k zmyslom, ktoré podávajú vtákovi informáciu o vzdialenejších objektoch. Čuchové bunky dokážu určiť prítomnosť určitých chemických látok vo vzduchu a túto informáciu odosielajú mozgu na vyhodnotenie. Čuch nepredstavuje primárny dorozumievací zmysel ako zrak a sluch, ale vtáky ho vedia využívať podobne efektívne ako iné cicavce. Ide o dorozumievací prostriedok, vďaka ktorému vedia určiť pohlavie iného jedinca, zistiť prítomnosť nepriateľa alebo vyhľadať potravu [1, 5].

## 2.4 Magnetoreceptory

Viacere druhy vtákov sú schopné orientovať sa na základe magnetoreceptorov, teda špeciálnych receptorov schopných zachytiť magnetické pole Zeme. To charakterizujú magnetické siločiar, ktoré majú rôzny sklon v závislosti od geografickej polohy. Vtáky dokážu určiť tento sklon a na základe neho určiť svoju polohu [6].

## 2.5 Somatická senzitivita

Somatická senzitivita zahŕňa vnímanie mechanických, termálnych a škodlivých signálov ako napríklad bolesť a poskytuje informácie o fungovaní vnútorných orgánov. Vtáky vďaka nej vnímajú predmety nachádzajúce sa v bezprostrednej blízkosti ich tela. Primárne využitie nachádza tento zmysel pri identifikácii a určovaní kvality potravy [1].

Množstvo receptorov schopných vnímania dotyku a ich hustota rozmiestnenia na tele vtáka sa líšia v závislosti od jeho druhu. Tieto receptory sa väčšinou nachádzajú jednotlivo rozmiestnené po tele, ale niekedy sa vyskytujú v zvýšenom množstve na určitých častiach tela. Typickým príkladom toho je zobák. Na jeho konci sa u niektorých druhov nachádzajú receptory, ktoré sú veľmi významné pre hľadanie potravy. Využívajú ho pri lokalizovaní potravy, ktorá nie je očami viditeľná (napr. pod povrchom alebo vodnou hladinou) [1].

## 2.6 Chuť

Chuť dokáže poskytovať informáciu o objektoch nachádzajúcich sa v zobáku (vnútorné prostredie). Tento zmysel tvorí aktívnu zložku pri skúmaní a objavovaní potravy a jej konkrétnom výbere. Podobne ako čuch, aj chuť funguje na základe chuťových buniek (pohárikov), ktoré vedia rozpoznať isté chemické vlastnosti v prijatej strave. Vďaka tejto schopnosti sa vtáky naučili rozpoznať primeranú stravu a jej zloženie. Vtáky vedia rozlíšiť sladkú, slanú, kyslú, horkú a umami chuť a určiť prítomnosť tuku a vápnika v prijatej potrave. Počet chuťových pohárikov je k veľkosti prijatej stravy porovnateľný s inými cicavcami [1].

## 3 KONTROLA VTÁKOV

Táto kapitola je venovaná ochrane vtákov pred objektami vytvorenými človekom, s ktorými dochádza ku kolíziám a zbytočnému úmrtiu vtákov, ale taktiež kontrole ľudských objektov, pre ktoré je vtáctvo nežiaduce, dokonca až nebezpečné.

### 3.1 Ochrana vtákov

Následkom kolízií s objektami vytvorenými človekom zomrú ročne celosvetovo stovky miliónov vtákov. Ide o najčastejšiu neúmyselnú príčinu zabitia vtákov človekom, ktorú je potrebné znížiť na minimum, pretože predstavuje riziko hlavne pre ohrozené druhy. Medzi najčastejšie objekty, s ktorými dochádza k zrážkam patria veterné elektrárne, výškové budovy, sklenené výplne, stĺpy elektrického vedenia, lietadlá a drony. Objekty, s ktorými dochádza ku kolízii, môžeme podľa ich pohybového stavu deliť na statické alebo dynamické. Príčiny kolízií sa u rôznych typov objektov mierne líšia [1].

### 3.2 Kolízie so statickými objektami

Najčastejšími statickými objektami, s ktorými dochádza ku kolíziám sú výškové budovy, ploty, sklenené výplne alebo stĺpy elektrického vedenia. Tieto kolízie majú viaceré príčiny. Jednou z nich môžu byť nepriaznivé poveternostné podmienky, ktoré zabraňujú úplnej kontrole letu [1].

Častejším dôvodom kolízií so statickými objektami je však neskorá registrácia hroziaceho stretu s objektom, kvôli ktorej vták nestihne včas zareagovať. Príčinou môže byť napríklad zhoršená viditeľnosť objektov alebo zeleň v okolí plotov a budov. Samostatnú kategóriu tvoria elektrické vedenia alebo sklenené výplne, ktoré je veľmi jednoduché prehliadnuť [1]. Sklenené výplne sú často priesvitné, takže je náročné určiť ich prítomnosť, prípadne odrážajú obraz okolitej krajiny a vtákom to evokuje voľný priestor. Vyskytujú sa aj prípady, kedy si vták svoj vlastný odraz pomýli s nepriateľom a pokus o útok na neho skončí kolíziou [7, 8]. V tejto súvislosti je taktiež potrebné si uvedomiť, že let je pre vtáky prirodzený pohyb, ktorý vykonávajú denne, takže nepovažujú za potrebné venovať mu zvýšenú pozornosť [1].

Ďalšou príčinou je zorný uhol, ktorý sú vtáky schopné vidieť v smere letu (laterálne umiestnenie očí spôsobuje primárne a najostrejšie videnie po stranách). Navyiac sa nad hlavou nachádza pomerne veľká oblasť, ktorú nevidia. Stačí teda malé naklonenie hlavy nadol a táto oblasť sa presunie priamo pred nich. Vtáky častokrát nepočítajú s možnosťou, že by sa v istej výške vo vzduchu mohlo niečo pred nimi nachádzať, a tak sa počas letu obzerajú po okolí, ako je znázornené na obr. 4. Toto správanie je veľmi časté u dravcov, ktorí počas letu skúmajú okolie, aby našli korisť [1].



Obr. 4: Sup bielohlavý obzerajúci sa počas letu [1]

### 3.3 Kolízie s dynamickými objektami

Ďalšou kategóriou objektov, s ktorými dochádza ku kolíziám, sú pohybujúce sa objekty. Patria tu hlavne veterné elektrárne, dopravné prostriedky a drony. Tieto kolízie môžu nastať z rovnakých príčin ako kolízie so statickými objektami, avšak ďalším významným faktorom je v tomto prípade pohyb objektu. U veterných elektrární môže byť rýchlosť pohybu koncov listov vrtúľ tak vysoká, že vedie k rozmazanosti alebo až neviditeľnosti objektu pre pozorovateľa. V takom prípade vták otáčajúcu sa turbínu jednoducho neuvidí [9].

Ďalšou príčinou, ktorá sa týka predovšetkým lietadiel a pohybujúcich sa dopravných prostriedkov je to, že vtáky pri úniku pred nepriateľom uplatňujú takzvané „pravidlo vzdialenosti“. To znamená, že pri istej vzdialenosti nepriateľa spustia obranný útek. Toto pravidlo sa však nevie prispôbiť rýchlosti približujúceho sa objektu. To v praxi znamená, že vták dokáže určiť prítomnosť približujúceho sa lietadla, avšak útek pred ním začne až vo chvíli, keď sa mu už pri rýchlosti lietadla nie je schopný vyhnúť. Tento jav bol sledovaný u vtákov zanášača čierneho, kedy bolo zistené, že útek pred lietadlom bol začatý len 0,8 sekundy pred nárazom, kedy je už náraz nezvratný [1].

#### 3.3.1 Kolízie s dronmi

Táto bakalárska práca sa venuje špeciálne kolíziám s dronmi. Keďže drony svojou veľkosťou a pohybom vo vzduchu môžu vtákom evokovať predátora, nedochádza tu iba k náhodným a nechceným kolíziám ako u predchádzajúcich objektov, ale taktiež k cieľovým útokom. Pre niektoré druhy vtákov je typický mobbing, teda správanie, kedy sa vtáky pomocou zvukových signálov informujú o hroziacom nebezpečenstve a začínú spoločný útok na nepriateľa. Tento priamy útok spočíva v obklopení nepriateľa celým krdľom vtákov [10]. Ďalším nebezpečenstvom sú dravé vtáky. Nie je úplne jasný dôvod

ich útokov, ale predpokladá sa, že keďže ide o veľmi teritoriálne vtáky, tak ak sa dron vyskytne na ich území, považujú ho za konkurenciu a zaútočia na neho. Prípadne si ho popletú s korisťou a snažia sa ho uloviť, čo môže mať pre dron fatálne následky [11, 12]. Orol skalný, útočiaci na dron, je znázornený na obr. 5 [13].



Obr. 5: Orol skalný, útočiaci na dron [13]

### 3.4 Ochrana majetku a poľnohospodárskych komodít

Vtáky predstavujú pre pestovanie poľnohospodárskych plodín a ovocia nežiaducich škodcov. V niektorých prípadoch môže dôjsť k zničeniu aj viac ako 50 % posadených semien, čo výrazne znižuje hustotu sadby a je preto nevyhnuté vykonať ju znova. To vytvára pre poľnohospodárov zbytočné náklady navyše [14]. Vtáky ničia aj pomerne veľkú časť ovocných sádov a vinogradov. Odhadované finančné straty sa pohybujú medzi 5 – 30 % pre čučoriedky a čerešne, pričom niektoré vinice odhadujú straty až na 50 % [15]. Okrem takejto priamej straty predstavujú vtáky riziko kontaminácie plodín svojimi výkalmi a môžu prenášať potravinové patogény [16].

Okrem poľnohospodárstva predstavuje vtáctvo veľké nebezpečenstvo pre lietadlá, kde zrážky môžu mať fatálne následky. Na 10 000 letov sa počet zrážok s vtákmi pohybuje v závislosti na krajine medzi 2,83 až 8,19 [17]. Iba v USA došlo medzi rokmi 1990 až 2013 takmer k 142 000 kolíziám s vtákmi, pričom došlo k usmrteniu 25 ľudí a 279 bolo zranených [18]. Keďže väčšina stretov s vtákmi nastáva do nadmorskej výšky 3000 m, nebezpečenstvo vzniká hlavne pri vzlete a pristávaní [1]. Najrizikovejšie je teda okolie letísk, kde je potrebné znížiť koncentráciu vtáctva na minimum.

Ďalšie riziko predstavujú skupiny vtákov zdržiavajúce sa v blízkosti ľudských sídel. Vtáčí trus okrem toho, že znečisťuje ľudské okolie, tvorí aj zdravotné nebezpečenstvo. Je zdrojom viacerých infekčných chorôb ako napríklad histoplazmóza, salmonelóza, kryptokokóza a iné. V záujme ochrany ľudského zdravia je preto nutné toto riziko minimalizovať [19].



## 4 PROSTRIEDKY PRE KONTROLU VTÁCTVA

V predchádzajúcej kapitole boli popísané prípady, kedy sú vtáky nežiaduce alebo nebezpečné a je nutné ich prítomnosť kontrolovať. Táto kontrola neslúži len ako ochrana pre ľudí, ale v niektorých prípadoch predstavuje ochranu pre vtáky v oblastiach, kde dochádza k ich zvýšenej úmrtnosti. Prostriedky na kontrolu vtáctva delíme na letálne a neletálne, podľa toho, či pri ich použití dôjde k usmrteniu vtáka. Bližšie delenie a konkrétne prostriedky pre kontrolu zhŕňa tab. 1.

Tab. 1: Delenie prostriedkov pre kontrolu vtáctva

<b>Letálne prostriedky</b>	
<b>Strelné</b>	zbrane
<b>Chemické</b>	avicídy
<b>Ostatné</b>	využitie špeciálnych klietok, použitie dravcov, mechanické ničenie vajec a hniezd
<b>Neletálne prostriedky</b>	
<b>Vizuálne</b>	blikajúce a rotujúce svetlá, reflexné predmety, zrkadlá, modely dravcov, človeka, lasery, strašiaky, psy, protikolízne nálepky, farebné stuhy, šarkany, balónы
<b>Zvukové</b>	propánové kanóny, výstrely, nahrávky núdzových volaní vtákov, nahrávky dravcov
<b>Chemické</b>	metylantranilát, antrachinón
<b>Fyzické</b>	ochranné siete, drôty, elektrické ohradníky, hroty
<b>Modifikácia prostredia</b>	vytvorenie alternatívnych prístreškov a potravý, výsadba a odstránenie konkrétnych rastlín, redukcia stromov a kríkov vhodných na hniezdenie, odstránenie vodných plôch, udržiavanie dlhšej trávy
<b>Kombinované</b>	pyrotechnika, využitie dronov

### 4.1 Letálne prostriedky

Letálne prostriedky sú metódy, ktoré zapríčiňujú usmrtenie vtákov. Tieto metódy sú spoločnosťou považované za nehumánne a tak je primárnou snahou uprednostniť neletálne prostriedky, ktorých finančná náročnosť a nízka efektívnosť však často vedú k využitiu letálnych prostriedkov [20]. Takéto usmrcovanie vtákov sa využíva k ochrane poľnohospodárskych plodín, oblastí letísk a ku kontrole vtákov v osídlených oblastiach [21]. Využitie letálnych prostriedkov je logisticky a časovo náročné [16].

#### 4.1.1 Strelné

Strelné zbrane nachádzajú využitie pri kontrole vtákov na poľnohospodárskom území a pri zneškodňovaní vtákov v blízkosti obytných sídel. Využitie strelných zbraní predstavuje najbežnejší spôsob ochrany pred holubmi v obytných oblastiach [20]. Používanie strelných zbraní vytvára potencionálne riziko pre osoby a zvieratá nachádzajúce sa v okolí, ktoré netvoria cieľovú skupinu, preto by mali byť oblasti s využívaním zbraní označené. Existujú presne odporúčané typy zbraní, vzdialenosť a veľkosť náboja pre konkrétny typ vtákov, aby došlo k rýchlemu a humánnemu usmrteniu [22]. Keďže postrelenie vtáka vzduchovkou vo väčšine prípadov nekončí okamžitou smrťou, zranený jedinec dopadne na miesto, kde pomaly a bolestne zomiera. Rozkladajúce sa telo mŕtveho vtáka so sebou prináša ďalšie riziko v podobe infekčných chorôb a zápachu [20, 23].

#### 4.1.2 Chemické

Chemické prostriedky spôsobujúce usmrtenie vtákov sa nazývajú avicídy a ich použitie upravuje legislatíva a mala by ho vykonávať iba špecializovaná osoba [23]. Existuje 6 typov chemických zložiek označovaných ako avicídy. Avitrol predstavuje najčastejšie používaný avicíd, obsahujúci chemickú látku 4-aminopyridín. Ide o jed využívaný predovšetkým na likvidáciu drozdov, holubov a vrabcov.

Užitie avicídov predstavuje dva druhy nebezpečenstva, a to primárne a sekundárne. Pod primárnym nebezpečenstvom sa rozumie každé priame zabitie vtáka spôsobené požitím chemickej látky. Sekundárne nebezpečenstvo predstavuje ohrozenie necieľovej skupiny vtákov alebo iných zvierat zapríčinené kontaktom s chemikáliou alebo dokonca konzumáciou otrávených zvierat [24].

#### 4.1.3 Ostatné

Pri kontrole vtákov, predovšetkým holubov, sa využívajú špeciálne klietky. Tie sú umiestnené v oblasti s ich zvýšeným výskytom, kde je ku klietke dobrý prístup. Následne sa klietka každý deň plní vtáčou potravou, aby vtáky získali voči tomuto zdroju potravy dôveru a ich počet sa zvyšoval. V istom momente, keď je už pasca dostatočne plná, sa klietka uzavrie a uzavreté vtáky sú následne zabitie špeciálnymi kliešťami vykrútením krku alebo usmrtené plynom [21, 23].

Ďalšou metódou kontroly vtákov je využitie dravca na odstrašenie koristi. Na prvý pohľad ide o neletálnu a prirodzenú metódu, ktorej pôvodným zámerom je vyvolať strach v koristi a takto ju odohnať z neželaného miesta, nie ju zabiť. Keďže využívané dravé vtáky sú primárne lovci a nedá sa im zakázať neútočiť na korisť, dochádza k zabitiu vtákov a túto metódu je preto možné radiť k letálnym. Využitie dravcov sa vyskytuje na letiskách, v mestách, kde sa nachádza veľa holubov a taktiež pri ochrane poľnohospodárskych oblastí [21, 22].

Medzi letálne prostriedky zaradzujeme ešte mechanické spôsoby, pri ktorých dôjde k zničeniu hniezd alebo vajec. Ide o časovo náročné a pomerne odsudzované priame metódy zabitia vtákov, ktoré sú však stále využívané [16].

## 4.2 Neletálne prostriedky

K neletálnym prostriedkom patria všetky metódy a spôsoby, ktorých použitím nedôjde k usmrteniu vtáka. Výsledkom neletálnych prostriedkov je iba odstrašenie vtáctva, s cieľom o zníženie ich koncentrácie, v oblastiach, kde spôsobujú materiálne škody. Neletálne metódy sú v súlade s ochranou vtáctva a zároveň ľudského majetku, avšak v niektorých prípadoch neposkytujú dostatočnú ochranu [16].

### 4.2.1 Vizuálne

Vizuálne prostriedky pre kontrolu vtákov patria k najrozšírenejším, keďže zrak tvorí pre vtáky primárny zmysel. Patria tu rôzne blikajúce a rotujúce svetlá, reflexné predmety, zrkadlá, modely dravcov, človeka, lasery, psy, nálepky a iné. Výhodou vizuálnej ochrany je pomerne lacné a jednoduché použitie a inštalácia a taktiež široký sortiment výberu [16].

Ako vizuálne prostriedky k ochrane poľnohospodárskych plodín a ovocných sádov sú často využívané modely imitujúce dravce (obr. 6 (a)) alebo človeka. Lepšiu účinnosť dosahujú tieto prostriedky pridaním pohybu a reflexných prvkov, ktoré vedia spôsobiť zmätenosť vtáctva. Keďže vtáčí mozog dokáže vnímať aj ultrafialové svetlo, dokonca ho niektoré druhy v intenzívnom množstve považujú za hrozbu, používajú sa nátery, ktoré ho odrážajú. Novú metódu, ktorá sa využíva stále viac, predstavuje laser, kde je však potrebné dbať na zvýšenú opatrnosť, aby nedošlo k zasiahnutiu očí človeka, ktoré môže spôsobiť poškodenie zraku [15].

Vizuálne metódy sa okrem ochrany ľudského majetku používajú aj k ochrane vtákov proti kolíziám. Keďže kolízie vtákov s objektami predstavujú nebezpečenstvo predovšetkým pre ohrozené druhy, využíva sa vizuálna výstraha, pre lepšie zviditeľnenie málo viditeľných objektov ako drôty elektrického vedenia a sklenené výplne. Pri sklenených výplniach sa zvyknú využívať protikolízne nálepky, znázornené na obr. 6 (b), ktoré zabránia efektu voľného priestoru pri skle. Tieto nálepky musia byť umiestnené v dostatočnej blízkosti vedľa seba [8]. U drôtov elektrického vedenia sa zvyknú využívať farebné a reflexné predmety, ktoré sa zavesia na rizikové miesta [25].

a)



b)



Obr. 6: (a) Model dravca na odstrašenie vtákov [26] a (b) protikolízne nálepky aplikované na okno ako prevencia proti nárazu [8]

#### 4.2.2 Zvukové

Zvukové prostriedky tvoria najlepšiu alternatívu pri pomere cena – výkon. Negatívum tejto metódy je, podobne ako vizuálnej, že vtáky sa na ňu dokážu rýchlo adaptovať a už pre ne nepredstavuje hrozbu. Taktiež spôsobujú hluk, ktorý môže prekážať farmárom alebo susediacim osobám. Pre zvýšenie efektivity je odporúčané použiť viacero zdrojov zvuku, ktoré môžu rotovať alebo byť premiestňované a taktiež obmieňať dĺžku a hlasitosť zvukových signálov v nepravidelných intervaloch [15, 16].

Medzi najbežnejšie používané zvukové prostriedky sa radia propánové kanóny (obr.7), ktoré spôsobujú hlasné výbuchy v nepravidelných časových intervaloch. Podobný efekt majú aj rôzne výbuchy alebo strelba zo zbraní. Ďalší prostriedok tvoria zvukové nahrávky vtákov v núdzi, ktoré upozorňujú okolité vtáctvo na hroziace riziko. Tieto nahrávky si však často vyžadujú špecifickosť konkrétneho druhu a časté zmeny, pretože pri opakujúcej sa nahrávke si vtáky rýchlo zvyknú a začnú ju ignorovať [22]. V niektorých situáciách však nahrávky môžu mať opačný efekt a privolať predátora [16]. Vyskytujú sa aj nahrávky zvukov predátora, avšak ich účinnosť nie je preukázaná, keďže väčšina dravých vtákov pri love nevydáva zvukové signály, aby neupozornili na svoju prítomnosť [22].



Obr. 7: Propánový kanón [27]

### 4.2.3 Chemické

Chemické neletálne prostriedky sa niekedy nazývajú aj chuťové, keďže pôsobia na chuť (prípadne čuch) vtákov. Ide o chemické látky, ktoré sa aplikujú na plodiny a pôsobia odpudzujúco. Delia sa na primárne a sekundárne. Primárne chemické repelenty odpudzujú vtáky svojou vôňou a chuťou. Sekundárne repelenty pôsobia až neskôr po požití a vyvolávajú u zvierat'a nepríjemné pocity. Tie si vták spojí s jedlom, ktoré prijal a radšej sa mu v budúcnosti vyhne. Sekundárne chemické repelenty vykazujú vyššiu účinnosť ako primárne [28]. Najčastejšie používané látky sú metylantranilát a antrachinón. Ich použitie dokáže znížiť straty až do 99 % [15, 16].

### 4.2.4 Fyzické

K fyzickým zábranám patria rôzne siete, drôty, ploty, elektrické ohradníky, hroty proti vtákom a iné konštrukcie, ktorých cieľom je zamedziť prístupu vtáctva k chránenému objektu. Ochranné siete tvoria najefektívnejší spôsob pri ochrane ovocia a bobuľovitých plodín. K fyzickým zábranám sa radia aj hroty proti vtákom, často umiestňované na strechách budov alebo parapetných doskách. Hroty zabraňujú vtáctvu pri dosadaní na povrch a taktiež pri vytváraní miest na hniezdenie [15].

### 4.2.5 Modifikácia prostredia

Ďalšiu neletálnu techniku predstavuje modifikácia prirodzeného prostredia vtákov. Ide o rôzne umelo vytvorené zmeny, ktoré spôsobia nezáujem alebo naopak záujem o konkrétnu oblasť. Vytvorené zmeny nepredstavujú úplné zamedzenie prístupu vtákov, avšak znižujú ich počty. Takéto riešenie nepredstavuje záťaž pre biosféru a síce môže byť zo začiatku finančne náročné, poskytuje dlhodobé udržateľné riešenie. Môže ísť napríklad o vytvorenie alternatívnych prístreškov alebo vysadenie lákavých plodín, mimo chránených oblastí. V niektorých prípadoch je prospešné redukovanie konkrétnej

rastliny, ktorá láka vtáky, alebo naopak vysadenie rastlín a pridanie hnojív, ktoré vtákom prekážajú [16, 28].

Modifikácia prostredia je okrem ochrany poľnohospodárskych plodín využívaná aj pre okolia letísk. Zahŕňa zrezávanie a minimalizáciu pre vtáky atraktívnych kríkov a stromov a výsadbu nezaujímavých stromov, odstraňovanie stojatých vodných plôch a udržiavanie určitej výšky trávy [29].

#### 4.2.6 Kombinované

Žiaden prostriedok pre kontrolu vtáctva nepredstavuje stopercentnú účinnosť, avšak kombináciou viacerých vyššie spomínaných typov je možné dosiahnuť zvýšenie ochrany. Kombinované prostriedky pôsobia na viacero vtáčích zmyslov súčasne a tak zvyšujú pravdepodobnosť na zaregistrovanie prostriedku. Patrí tu napríklad pyrotechnika, ktorá spája zvukovú a zrakovú výstrahu. Využitie pyrotechniky bolo efektívne pri využití na letiskách, poľnohospodárskych poliach alebo skládkach odpadu [29]. Ďalšiu metódu, kombinujúcu pôsobenie na viacero zmyslov a zároveň psychológiu vtákov, predstavujú drony, ktoré nachádzajú využitie napríklad vo viniciach [30].

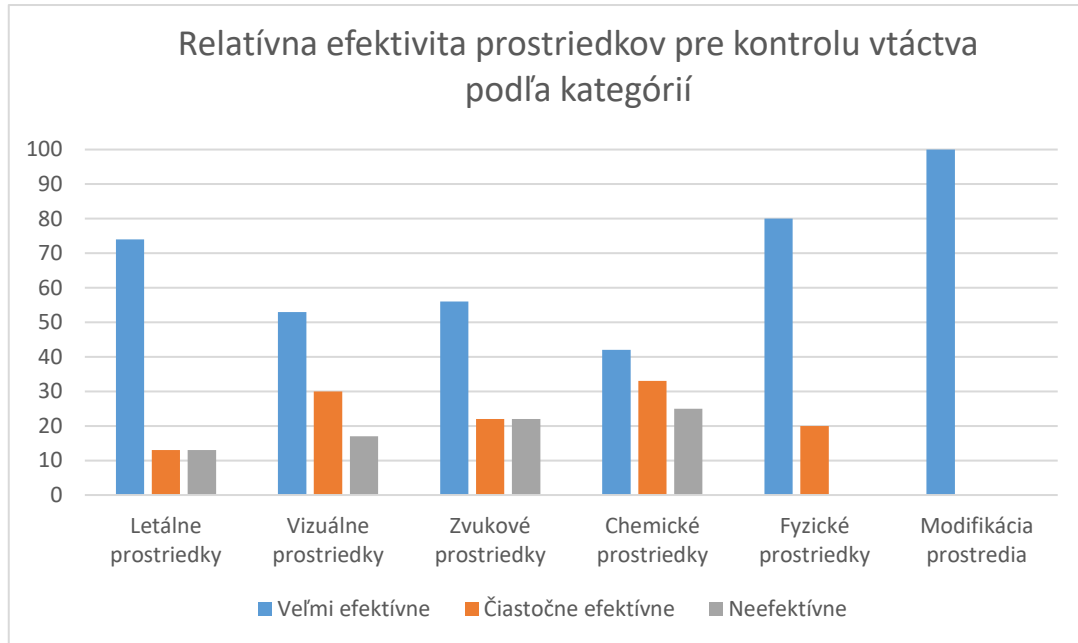
### 4.3 Porovnanie relatívnej efektivity prostriedkov

Relatívna efektivita jednotlivých prostriedkov pre kontrolu vtáctva sa vzťahuje k ich cene, zaobchádzaniu s nimi, kontextu a experimentálnej metóde a líši sa na základe prostredia, v akom sú použité a konkrétnych využitých prostriedkov. Podľa 73 štúdií vykonaných v teréne je však možné zhodnotiť nasledujúce závery, v prípade prostriedkov zatriedených do 6 kategórií, zobrazených na obr. 8 [29].

Letálne prostriedky sú menej efektívne, keďže úmrtnosť vtákov spôsobená zabitím nezvykne byť vyššia ako prírastok spôsobený reprodukciou a sťahovaním vtákov. Zabíjanie vtákov je tiež regulované a odsudzované, takže využitie tohto typu si vyžaduje veľa úsilia a pomerne veľké financie. Efektivita vizuálnych prostriedkov sa výrazne líši podľa autenticity modelu a schopnosti prostriedkov pohybovať sa. Vtáky si na nich rýchlo zvyknú, ale zakúpenie vizuálnych pomôcok je väčšinou finančne nenáročné. Použitie dronov vo viniciach, lietajúcich po istých trajektóriách v stanovených intervaloch, upravených tak, aby dokázali púšťať nahrávky núdzových volaní vtákov pri vykonanej štúdií vykazovalo vyššiu efektivitu ako zvukové prostriedky [30].

Zvukové prostriedky sú relatívne efektívne, avšak ide o krátkodobé a nekomfortné riešenie pre okolitých obyvateľov. Je výhodné ich preto kombinovať s inými prostriedkami. Chemické prostriedky vykazujú vysokú efektivitu v laboratóriách, avšak v reálnych podmienkach je ich využitie finančne aj časovo náročné. Sú preto vhodné na menšie oblasti. Fyzické prostriedky sú veľmi efektívne, avšak efektivita závisí od kvality klietok alebo sietí. Taktiež vyžadujú pomerne častú výmenu alebo kontrolu. Modifikácia prostredia je efektívna a prirodzená pre biosféru a

extrémne efektívna sa ukázala pri znížení množstva vtákov na letisku. Pre túto metódu však nebola skúmaná vzorka dostatočne veľká, takže nemusí odzrkadľovať realitu. Ako najlepšie a najúčinné riešenie je kombinácia viacerých prostriedkov, prispôbená konkrétnej situácii a podmienkam [29].



Obr. 8: Porovnanie relatívnej efektivity prostriedkov pre kontrolu vtáctva. Za veľmi efektívne sú považované prostriedky, ktorých výsledkom bolo zníženie o viac ako 50 % (modré stĺpce), čiastočne efektívne prostriedky dosiahli zníženie počtu vtákov do 50 % (oranžové stĺpce) a u neefektívnych prostriedkov neboli pozorované žiadne významné zmeny (sivé stĺpce) [29].



## 5 VLASTNÝ NÁVRH

Cieľom práce je návrh ochrany dronov pred vtákmi. V rešeršnej časti boli predstavené prostriedky na ochranu majetku, avšak v súčasnosti na trhu neexistuje žiadna dostupná a cenovo prijateľná možnosť ochrany dronov pred vtáctvom. V rámci bakalárskej práce bol preto zvolený bežne predávaný, cenovo dostupný dron, pre ktorý bola navrhnutá ochrana. Ako primárna aplikačná oblasť takto chráneného drona bola uvažovaná ochrana majetku a poľnohospodárskych komodít. Navrhnutá ochrana bola koncipovaná tak, aby chránila dron pred poškodením, a zároveň slúžila aj ako prostriedok na odplašenie vtákov.

### 5.1 Výber drona

Prvým krokom pri návrhu ochrany drona bol výber konkrétneho typu drona, pre ktorý bude riešenie navrhnuté. Na základe aktuálnej ponuky bola vypracovaná tab. 2, porovnávajúca viaceré modely z [31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39]. Hlavnými kritériami boli dostupnosť, cena a nosnosť. Keďže navrhnutá ochrana má svoju hmotnosť, bolo potrebné zabezpečiť, aby ju dron bez problémov uniesol a nespôsobovalo mu to problémy s letom.

Drony majúce najväčšiu nosnosť boli pre bežné použitie pridrahé a preto bol zvolený cenovo výhodnejší model, DJI Mavic Air 2 (obr. 9). Ten dokáže uniesť hmotnosť až do 830 gramov, pričom hmotnosť, ktorá ho neobmedzí v lete, by nemala presiahnuť 400 gramov [31, 34]. Taktiež dosah 6000 m predstavuje dostatočnú vzdialenosť aj pre využitie na väčších plochách, ako je napr. v prípade poľnohospodárstva nevyhnutné [31].

Tab. 2: Porovnanie rôznych typov dronov podľa ceny, hmotnosti, dosahu a nosnosti

Model	Cena [€]	Hmotnosť [g]	Dosah [m]	Nosnosť [g]
SYMA X8C	80	450	100	200
Tovsto Aegean V2	226	810	800	390
DJI Mavic Mini	365	249	2 000	150
DJI Mavic Air	787	430	2 000	200
DJI Mavic Air 2	849	570	6 000	830
DJI Mavic 2 Pro	1499	907	5 000	1 137
Tarot 650 v2.2	1884	2180	3200	1500
DJI Phantom 4 Pro V2.0	1699	1 375	6 000	450
Aurelia X8 Standard	4013	8150	15 000	8000
DJI Matrice 600 Pro	5699	9 500	3 500	6 000
DJI Matrice 210 V2	12800	4 800	5 000	1 450



Obr. 9: Zvolený typ DJI Mavic Air 2 [40]

## 5.2 Analýza problému

Snahou práce bolo vytvoriť optimálnu ochranu, ktorú bude možné realizovať za prijateľnú cenu a zároveň bude poskytovať dostatočnú ochranu. Pri návrhu bolo prizerané aj na bezpečnosť vtákov. Využitie boli neletálne prostriedky, ktoré nemajú nijako ublížiť vtákom, práve naopak.

Niektoré typy dronov je možné zakúpiť s plastovou ochranou vrtúľ, ktoré sú síce navrhnuté na ochranu pre lietanie v interiéri, nie však ako ochrana pred vtákmi. DJI Mavic Air 2 sa aj v rozšírenej verzii predáva bez akejkoľvek ochrany vrtúľ, takže jej vytvorenie bolo považované za žiaduce [31].

V rešeršnej časti boli popísané zmysly vtákov a prostriedky využívané na ich kontrolu. Bolo ukázané, že kombinácia viacerých metód je účinnejšia ako využitie prostriedkov samostatne. Z tohto dôvodu bola pre ochranu volená kombinácia vizuálnej, zvukovej a mechanickej ochrany. Zvukové a vizuálne prostriedky slúžia predovšetkým k upozorneniu vtákov na prítomnosť drona, čo má zmenšiť pravdepodobnosť kolízie drona s vtákom, a zvýšiť tak bezpečnosť vtákov aj dronov.

Pre zvukovú ochranu drona bola zvolená siréna dosahujúca vysokej hlasitosti. Keďže najväčším problémom u zvukových prostriedkov je, že bez zmien sú efektívne len zo začiatku, bolo potrebné zaistiť určitú premenlivosť. Schopnosť lokalizácie zvuku je u vtákov pomerne slabá, takže bolo nutné zamerať sa na iné zmeny ako len pohyb drona vo vzduchu. K tomu slúži elektronika nachádzajúca sa na konštrukcii, ktorá dokáže ovládať časové intervaly spustenia sirény.

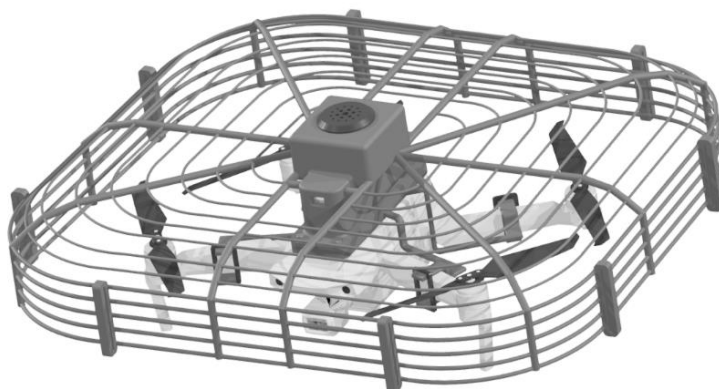
K zaisteniu čo najmenšej hmotnosti výsledného riešenia boli zvolené pasívne prvky vizuálnej ochrany (bez napájania externým zdrojom energie). Bolo predpokladané, že pohyb drona zaistí dostatočnú vizuálnu variabilitu, vďaka ktorej nebude dochádzať k adaptácii vtáctva na tento typ ochrany.

Konstruktúra je navrhnutá tak, aby bol v prípade potreby možný prístup k všetkým súčiastkam. Elektrické súčiastky sú chránené plastovou konštrukciou, ktorú je možné uvoľnením skrutiek otvoriť a vymeniť nefunkčnú súčiastku. Zároveň je potrebné dbať na zvýšenú opatrnosť, aby nedošlo k poškodeniu vodičov a spájkovaných spojov. K zbytočne častému otváraní by dochádzalo v prípade nutného nabíjania akumulátora. Z tohto dôvodu bola využitá schopnosť nabíjania a pridaný USB konvertor, ktorý zabezpečí pohodlné nabíjanie bez potreby otvárania plastového krytu.

Pri návrhu ochrany bolo nevyhnutné rešpektovať aj konštrukčné riešenie zvoleného typu drona. Kvôli tlačidlu napájania nachádzajúcemu sa na vrchu drona bolo potrebné prispôbiť ochranu tak, aby ju bolo možné jednoducho nasadiť až po zapnutí drona. Z tohto dôvodu boli vytvorené špeciálne úchytky, ktoré poskytujú jednoduché a rýchle uchytanie konštrukcie na drona. Aby ochranná konštrukcia prinášala efektívnu ochranu, musí obkolesovať drona aj z boku. Konštrukcia tak prekrýva bočné protikolízne senzory, ktorými je dron vybavený. Pri použití ochrany by tak dochádzalo k neustálej detekcii kolízie. Z toho dôvodu je pri použití ochrany potrebné bočné senzory deaktivovať.

### 5.3 Návrh ochrany

Návrh ochrannej konštrukcie drona bol vytvorený v CAD programe Autodesk Inventor Professional 2021. Modelovanie a vizualizácia v tomto programe boli zvolené na základe dostupnosti bezplatnej študentskej licencie a najväčším skúsenostiam v tomto programe. Model drona, pre ktorý bol uskutočnený návrh, bol zakúpený z [41] a model ochrannej konštrukcie je znázornený na obr. 10.



Obr. 10: Návrh ochrannej konštrukcie drona

#### 5.3.1 Mechanická ochrana

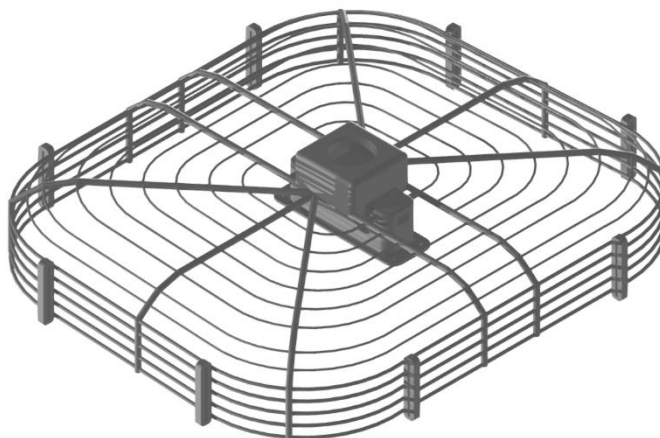
Mechanická ochrana zabraňuje priamemu kontaktu vtáka s funkčnými prvkami drona. Ochranný kryt je tvorený z ochrannej, podpornej a deliacej časti. Tieto časti sú spojené a tvoria jeden celok, avšak v prípade potreby, ak je potrebná výmena súčiastky, nachádzajúca sa vo vnútri, nie je problém ich oddeliť.

### Ochranná časť

Ochranná časť plní najdôležitejšiu úlohu z hľadiska mechanickej obrany. Jej úlohou je ochrániť citlivé časti drona, predovšetkým vrtule pred priamym kontaktom s telom vtáka. Má podobu plastovej siete, obklopujúcej drona zvrchu. K zamedzeniu preniknutia aj menších častí tela vtáka, ako napr. časť krídla alebo noha bolo nutné vytvoriť čo najhustejšiu plastovú sieť. Keďže ide o najväčšiu časť konštrukcie, bolo potrebné pri jej návrhu zohľadniť výslednú hmotnosť.

Prihliadajúc na vyššie uvedené bola ochranná časť navrhnutá ako sieť plastových drôtov o priemere 2 mm, prispôbených tvaru drona a spevnených pomocou plastových drôtov o priemere 5 mm uhlopriečne a do kríža, pričom smer rovnobežný s osou drona obsahuje dvojité spevnenie. Ako spevnenie slúžia aj vytvorené úchytky, nachádzajúce sa po bokoch konštrukcie, ktoré slúžia tiež pre umiestnenie vizuálnej ochrany. Konštrukcia chráni drona zhora a zo strán, kvôli neobmedzeniu senzorov pre pristávanie nachádzajúcim sa na spodnej strane.

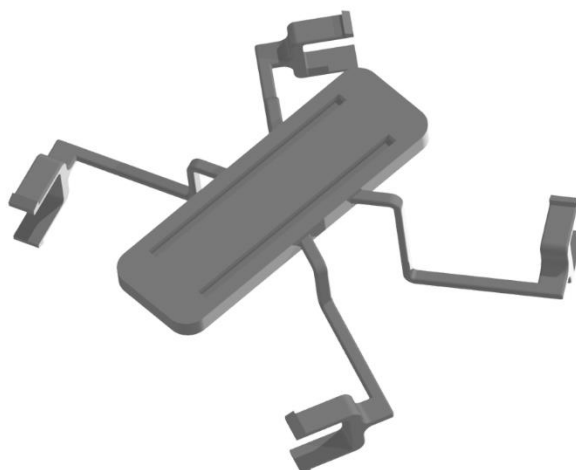
Pri náraze bol uvažovaný horizontálny pohyb drona a vtáka oproti sebe, kde je pri protichodných rýchlostiach zrážka najnebezpečnejšia, vzhľadom k čomu bol pre bočné plastové drôty volený priemer 3 mm a ich vertikálna vzdialenosť je 1 cm. Podmienkou bolo aj neprekrytie kamery vpredu, ktorá slúži na ovládanie smeru letu. Konštrukcia sa preto nachádza nad jej úrovňou. Pri priamom postavení drona však môže dôjsť k prekrytiu zorného uhla kamery až do 25 stupňov [31]. Pri lete je však predpokladané naklonenie kamery smerom nadol, čo tento uhol prekrytia výrazne zníži.



Obr. 11: Ochranná časť mechanickej konštrukcie drona

### Podporná časť

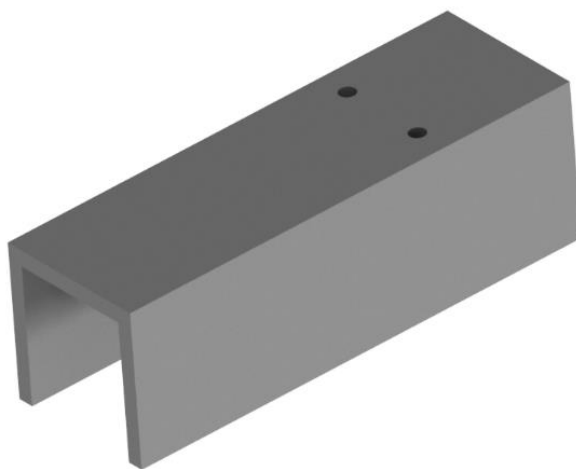
Jej úlohou je zabezpečiť prichytenie konštrukcie bez poškodenia drona a zároveň tak, aby bola možná jednoduchá a rýchla aplikácia konštrukcie. Obsahuje drážky, ktoré slúžia na uchytenie deliacej časti, a zo spodnej strany otvory, do ktorých budú s miernym presahom umiestnené skrutky. Znáznorená je na obr. 12. Ochranná časť je pomocou skrutiek spojená s podpornou časťou. V texte bude ďalej nazývaná už len ako podpora.



Obr. 12: Podporná časť mechanickej konštrukcie drona

### **Deliaca časť**

Deliacu časť bolo potrebné vytvoriť z dôvodu neprekročenia šírky podpory, kvôli rozmerom vrtuliek a získania dostatočného požadovaného priestoru pre umiestnenie elektrických súčiastok. Jej úlohou je rozdelenie vnútorného priestoru a tak vytvorenie druhého poschodia pre umiestnenie elektroniky. Deliaca časť (obr. 13) sa nachádza z vnútornej strany ochrannej časti a je uchytená pomocou drážok v podpore.



Obr. 13: Deliaca časť mechanickej konštrukcie drona

## **5.4 Realizácia návrhu**

Táto podkapitola bližšie charakterizuje navrhnuté časti, zdôvodňuje a popisuje výber konkrétnych použitých súčiastok, ktoré boli vybrané na základe funkčnosti a aktuálnej ponuky na trhu. Všetky časti potrebné k realizácii konštrukcie sú uvedené v tab. 3, ktorá uvádza aj ich množstvo a hmotnosť. Tabuľka bola vytvorená na základe údajov z [42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50].

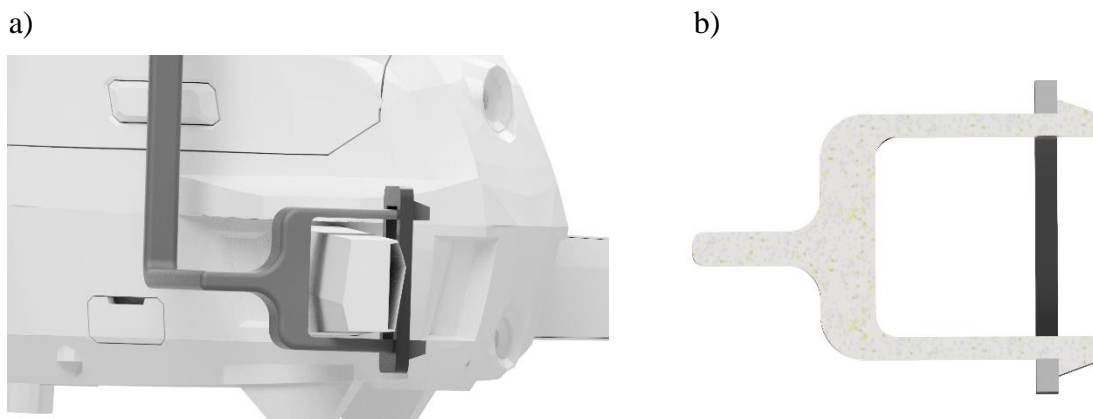
Tab. 3: Zoznam všetkých častí potrebných k realizácii ochranej konštrukcie

Súčiastka	Jednotková cena [€]	Jednotková hmotnosť [g]	Množstvo [ks]	Celková cena [€]	Celková hmotnosť [g]
Ochranná časť plastovej konštrukcie	4,39	194,00	1,0	4,39	194,00
Podporná časť plastovej konštrukcie	2,46	43,00	1,0	2,46	43,00
Deliaca časť plastovej konštrukcie	2,12	22,00	1,0	2,12	22,00
Poistná úchytká	0,46	0,40	4,0	1,84	1,60
Siréna	20,10	22,00	1,0	20,10	22,00
Akumulátor 18 650	6,58	46,00	1,0	6,58	46,00
Držiak akumulátora	1,02	10,00	1,0	1,02	10,00
Holografická páska (1 m)	0,25	3,47	1,5	0,38	5,20
USB konvertor	0,75	10,00	1,0	0,75	10,00
Menič napätia	5,53	1,10	1,0	5,53	1,10
Tranzistor	0,13	0,20	1,0	0,13	0,20
Arduino Pro Mini	7,45	2,00	1,0	7,45	2,00
Skrutky M3x6	0,02	0,57	2,0	0,04	1,14
Matica M3	0,01	0,25	4,0	0,04	1,00
Skrutky M3x8	0,02	0,66	4,0	0,08	2,64
Rezistor 680R	0,10	0,20	1,0	0,10	0,20
Rezistor 3k3	0,10	0,20	1,0	0,10	0,20
Plošný spoj	1,27	2,00	1,0	1,27	2,00
Elektrické vodiče (1 m)	0,02	7,86	0,5	0,01	3,93
<b>Spolu</b>	<b>52,78</b>	<b>365,91</b>	<b>29,00</b>	<b>54,39</b>	<b>368,21</b>

#### 5.4.1 Mechanická ochrana

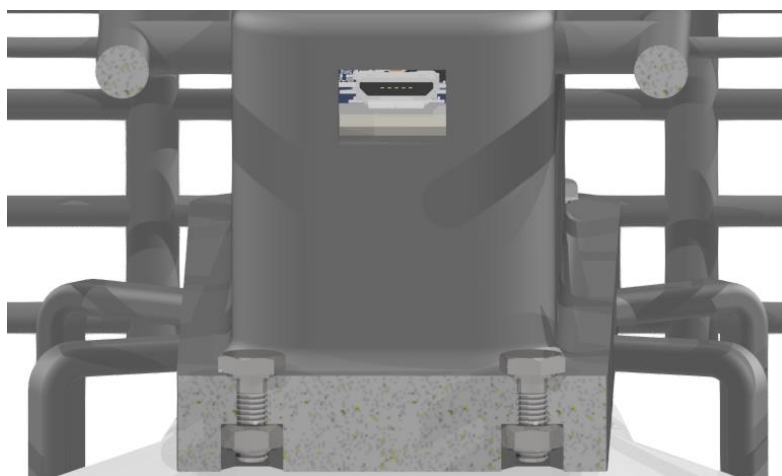
Všetky tri časti mechanickej ochrany by mali byť vytvorené pomocou 3D tlače. Konštrukciu je možné vytlačiť pomocou práškovej metódy s využitím technológie HP JetFusion. Ako materiál bol zvolený Nylon 12 (Polyamid 12). Ide o termoplast s pomerne nízkou hustotou  $1020 \frac{kg}{m^3}$ , vďaka ktorej je celková odhadovaná hmotnosť plastovej konštrukcie len 259 gramov. Polyamid 12 vykazuje dobrú pevnosť a predovšetkým nárazovú odolnosť potrebnú pri ochranej konštrukcie. Materiál je možné lepiť, čo bola ďalšia potrebná vlastnosť, kvôli použitiu lepidla pri uložení matíc pre uchytenie skrutiek [42, 51].

Mechanická konštrukcia je k dronu prichytená pomocou podpornej časti, ktorá je voľne položená na dronovi, pričom o prichytenie na drona sa starajú 4 ramená majúce tvar klepiet. Presné uchytenie na drona zobrazuje obr. 14 (a). Pre zaistenie polohy konštrukcie slúžia poistné úchytky, ktorých uchytenie k podpore je riešené pomocou snap-fit mechanizmu. Tento typ mechanizmu je výhodný u 3D tlače a nevyžaduje žiaden ďalší spojovací materiál, pričom poskytuje tiež jednoduché rozpojenie súčastí. Presný tvar úchytky a mechanizmus uchopenia je znázornený v reze na obr. 14 (b).



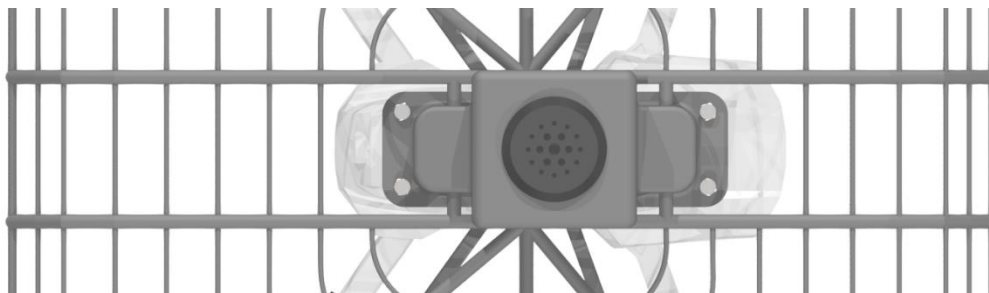
Obr. 14: (a) Tvar ramena podpory a jej prichytenie na drona pomocou poistných úchytiak a (b) poistenie polohy úchytky v reze

Ochranná časť konštrukcie je k podpore pripevnená pomocou 4 skrutiek M3 s dĺžkou 8 mm. Skrutky sú zaskrutkované do matíc, ktoré sú lepidlom prilepené zo spodnej strany a oddelené osadením, ako je zobrazené na obr. 15. Takýto typ uloženia zabraňuje vyskrutkovaniu skrutiek a udržiava ochrannú časť prichytenú na dronovi, bez akéhokoľvek mechanického zásahu. Skrutky boli umiestnené do všetkých rohov symetricky, aby minimalizovali riziko náklonu konštrukcie v pozdĺžnom aj priečnom smere.



Obr. 15: Prichytenie ochrannej časti mechanickej ochrany k podpornej časti pomocou skrutiek M3x8

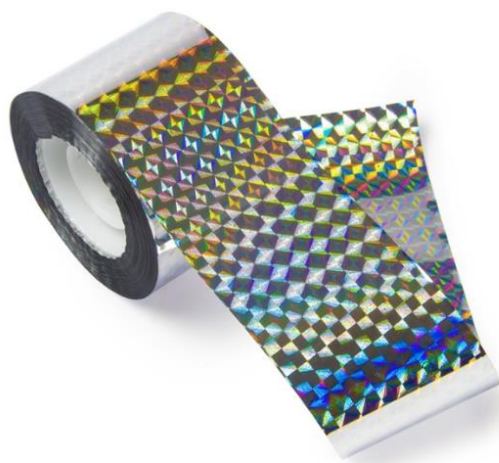
Kvôli dobrému prístupu bol vynechaný plastový úplet v okolí konštrukcie v priečnom smere. Toto vynechanie je kompenzované spevnením v podobe dvoch rovnobežných plastových tyčí v pozdĺžnom smere osi drona, aby nedošlo k oslabeniu konštrukcie. Obr. 16 znázorňuje polohu skrutiek a vynechané priestory pre dobrý prístup v prípade potrebného prístupu k skrutkám.



Obr. 16: Symetrické umiestnenie skrutiek M3x8 v rohoch konštrukcie a vynechaná časť plastového úpletu kvôli dobrému prístupu

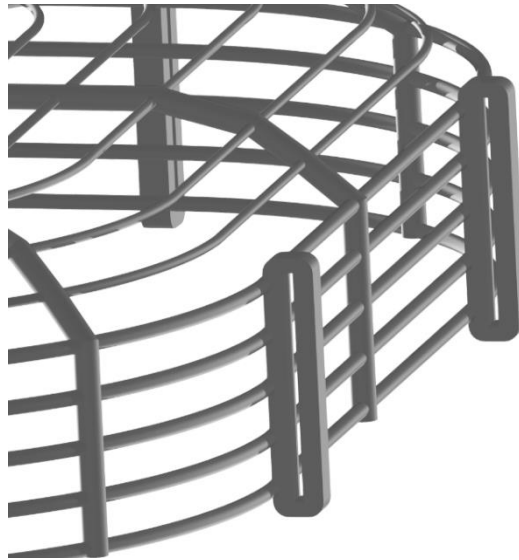
#### 5.4.2 Vizuálna ochrana

Ako vizuálny prostriedok ochrany bola použitá holografická páska (obr. 17), ktorá odráža svetlo, čo pre vtáky pôsobí odstrašujúco. Tento typ ochrany bol navrhnutý predovšetkým kvôli jej nízkej hmotnosti a jednoduchej aplikácii. Holografická páska tiež nevyžaduje žiadne napájanie ani údržbu, iba výmenu, ak dôjde k jej poškodeniu. Pre aplikáciu bola zvolená nelepivá páska o šírke 45 mm vybraná z [43].



Obr. 17: Holografická páska slúžiaca ako vizuálny prostriedok ochrany [43]

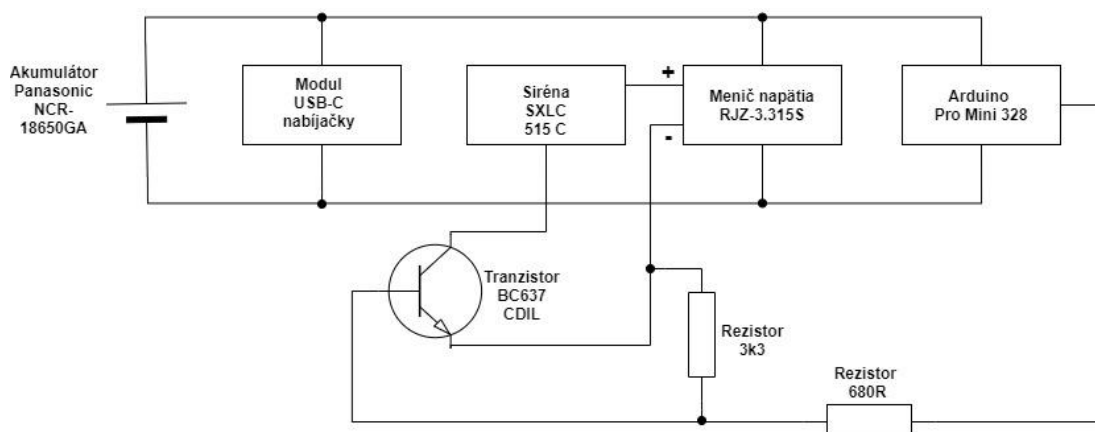
Pre uchopenie pásky boli navrhnuté špeciálne úchytky pre šírku danej pásky. Na ochrannej časti sa z každej strany nachádzajú dve takéto úchytky, ktoré obsahujú tenký výrez, cez ktorý je možné prestrčiť pásku a následne ju potom spojiť lepidlom. Úlohou úchytiek je okrem udržania pásky tiež spevňovať ochrannú konštrukciu, keďže obsahujú výrezy, ktoré sa prilepia po bokoch a udržiavajú tak odstup medzi jednotlivými plastovými drôtmí bočnej ochrany. Úchytky sú detailne znázornené na obr. 18.



Obr. 18: Úchytky po bokoch ochrannej konštrukcie obsahujúce otvory pre prestrčenie pásky s výrezmi v tvare plastových drôtov pre upevnenie ich pozície

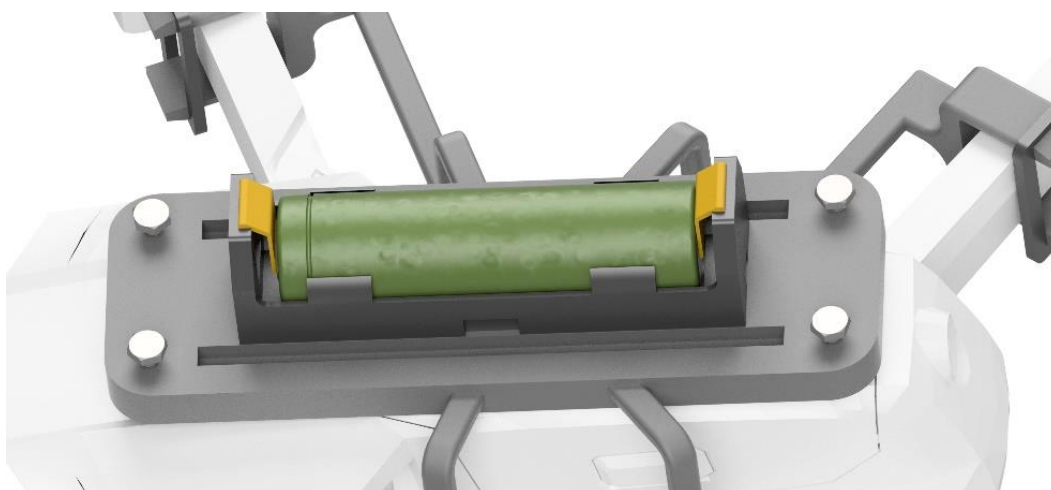
### 5.4.3 Zvuková ochrana

Ako zvuková ochrana bola použitý siréna. K jej funkčnosti bolo potrebné zapojenie elektrického obvodu, ktoré znázorňuje schéma na obr. 19. Elektrické vodiče neboli kvôli prehľadnosti uloženia jednotlivých súčastí znázornené v 3D modeli. Elektrické súčastky sa nachádzajú na deliacej časti konštrukcie, krytované ochrannou časťou konštrukcie, ktorá zabraňuje prístupu nečistôt z okolia. Pre vizualizáciu boli použité 3D modely arduino, USB konvertora, tranzistora a rezistorov z [52], pričom model arduino bol mierne upravený a model meniča napätia bol stiahnutý z [47].



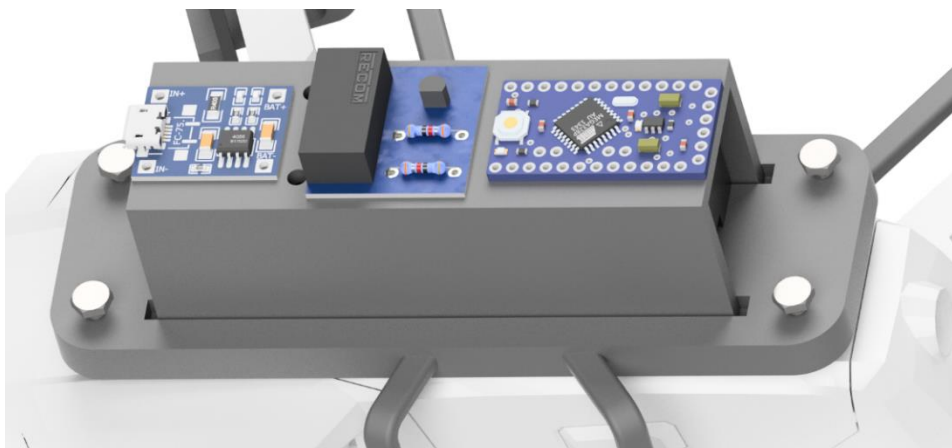
Obr. 19: Schéma zapojenia elektrického obvodu slúžiaceho k riadeniu sirény

Akumulátor je uložený v držiaku a pomocou 2 skrutiek M3x6 prichytený k podpore, ako je znázornené na obr. 20. Držiak akumulátora bol zvolený z [46], na základe hmotnosti a typu prichytenia pomocou skrutiek.



Obr. 20: Uloženie akumulátora v držiaku prichytenom skrutkami M3x6 k podpore

Nad akumulátorom je pomocou deliacej časti konštrukcie vytvorený priestor pre umiestnenie meniča napätia, USB konvertora, tranzistora a arduino (obr. 21). USB konvertor a arduino sú umiestnené na deliacej časti priamo a pre rezistory a menič napätia bol vytvorený plošný spoj.

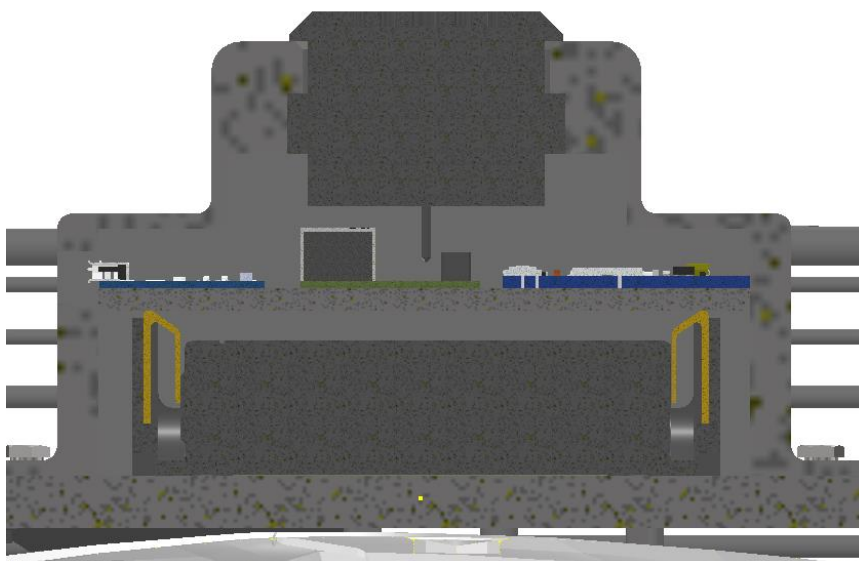


Obr. 21: Elektrické súčiastky umiestnené na deliacej časti konštrukcie

### Siréna

Pre aplikáciu bola zvolená siréna Sonitron SXLC 515 C [44]. Táto siréna sa vyznačuje veľmi vysokou hlasitosťou. Hlavnou požiadavkou bol dobrý pomer hlasitosti k hmotnosti a veľkosti. Hlasitosť drona sa pohybuje okolo hodnoty 75 dB pri vzdialenosti na 2 m [31]. Cieľom bolo prekonať túto hlasitosť a získať možnosť určitej premenlivosti v čase.

Hlasitosť sirény dosahuje pri 12V a vzdialenosti 1m až 102 dB, čo pri vzdialenosti 2 m predstavuje približne 96 dB. Pracovné napätie je 5-15V a hodnoty elektrického prúdu sa pohybujú v rozmedzí 25-130 mA. Siréna je použiteľná pre teploty  $-40^{\circ}\text{C}$  až  $85^{\circ}\text{C}$  a vyrobená je z ABS. Upevnenie sirény v ochrannnej časti konštrukcie je znázornené na obr. 22 pomocou montážnej plastovej matice prilepenej zo spodnej strany odsadenia [44].



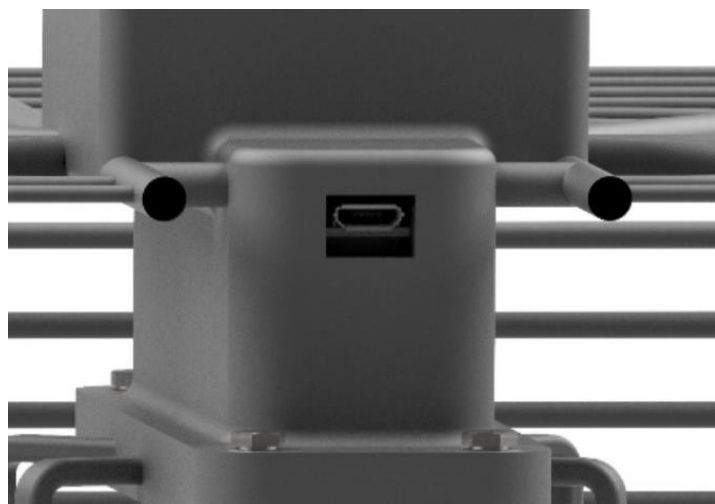
Obr. 22: Umiestnenie sirény zvrchu ochrannnej časti konštrukcie a jej upevnenie pomocou montážnej matice

### **Menič napätia**

Menič napätia je v elektrickom obvode potrebný kvôli zmene napätia akumulátora na napätie požadované sirénou pre dosiahnutie maximálnej hlasitosti, teda 15 V. K realizácii bol zvolený menič napätia RJZ-3.315S [47], ktorý spĺňa požiadavky na minimálnu hmotnosť a rozmery. Zároveň dosahuje dostatočný výkon 2W a dokáže zabezpečiť dostatočné elektrické napätie potrebné pre sirénu. Súčiastka má na vstupných svorkách napätia 2,97 – 3,63 V a na výstupných hodnotu 15 V a účinnosť 85 %. K vizualizácii bol použitý 3D model prevzatý z [47].

### **USB konvertor**

Pre realizáciu bol zvolený USB konvertor DEBO 2 3.7 LI 1.0 A [46]. Zapojenie tohto konvertora znižuje množstvo odpojení akumulátora a tak aj potrebné rozobratia mechanických častí konštrukcie a tak zvyšuje bezpečnosť a životnosť. Ochranná časť plastovej konštrukcie obsahuje výrez pre micro USB port (obr. 23) a k dobrému prístupu slúži aj výrez v plastovom úplete, ktorý už bol znázornený na obr. 15.



Obr. 23: Výrez v plastovej konštrukcii na USB port

### **Arduino Pro Mini**

Ďalšou potrebnou súčiastkou je Arduino Pro Mini. Arduino Pro Mini je riadiaca jednotka elektrického obvodu, ktorú je možné naprogramovať pomocou Arduino software IDE. Toto zariadenie má malú hmotnosť a rozmery a stará sa o riadenie tranzistora, ktorý zabezpečuje spínanie sirény. Pre aplikáciu bol využitý model Arduino Pro Mini 328, ktorého vstupné napätie je 3,3 V. Výhodou tohto typu arduina je, že môže byť napájané priamo z použitého akumulátora a tak nie je potrebné použitie ďalšieho meniča napätia, čo ušetrí priestor a hmotnosť. Pre aplikáciu je možné využiť pseudonáhodné krátke časy zapnutia sirény a okrem toho ho nechať v tichosti, čo bude imitovať výstrely. Je tiež možné nastaviť čas spustenia na konštantu a po určitom čase,

keď sa bude účinnosť plašenia znižovať, zmeniť dĺžku interval. Dĺžky časov zapnutia sirény a ich časové intervaly sú ľubovoľné a ľahko softwarovo nastaviteľné.

### **Tranzistor**

Pre možnosť spínania sirény v čase bol použitý tranzistor. Ide o polovodičovú súčiastku, kde pomocou prúdu do bázy je riadené množstvo elektrického prúdu pretekajúceho kolektorom. Vybraný bol bipolárny NPN tranzistor BC637 CDIL [48] s dostatočným výkonom. Kvôli napätiu potrebnému na báze bolo nutné vytvoriť delič napätia. K jeho vytvoreniu boli použité 2 rezistory 3k3 a 680R [46], ktorých hodnoty odporov boli určené pomocou Ohmovho zákona.

### **Akumulátor**

Ako napájací zdroj bol zvolený akumulátor PANASONIC NCR-18650GA z [46]. Ide o lítium-iónový nabíjateľný akumulátor, ktorý je možné používať pri teplotách  $-20 - 65^{\circ}\text{C}$ . Daný rozsah teplôt je dostatočný, keďže samotný dron má odporúčanú teplotu na let  $-10^{\circ}\text{C}$  až  $40^{\circ}\text{C}$  [32]. Akumulátor má menovité napätie 3,6 V, kapacitu 3450 mAh a vybíjací prúd až do 8 A [46]. Ak bude siréna využitá 10 % času, tak odhadovaná výdrž akumulátora sa bude pohybovať okolo 50 hodín a bude sa znižovať s počtom cyklov .



## 6 ZÁVER

Cieľom bakalárskej práce bolo vytvoriť návrh aktívnej ochrany drona pred vtáctvom. V rámci práce bola vypracovaná rešerš zaoberajúca sa zmyslovým vnímaním vtákov a vytvorený prehľad a porovnanie prostriedkov, ktoré sú využívané pre kontrolu vtákov. Následne bol s využitím získaných informácií navrhnutý model aktívnej ochrany pre konkrétny typ drona.

Ako dron, pre ktorý bol realizovaný návrh ochrany, bol vzhľadom k dostupnosti, cene a nosnosti zvolený dron DJI Mavic Air 2. Ako primárna oblasť použitia bola zvolená ochrana majetku a poľnohospodárskych komodít. V rámci práce bol v programe Autodesk Inventor Professional 2021 vytvorený 3D model navrhutej ochrany a následne boli bližšie popísané navrhnuté časti potrebné k realizácii návrhu, vrátane ich ceny a hmotnosti.

Navrhnuté riešenie kombinuje tri typy ochrany, a to mechanickú, vizuálnu a zvukovú a zahŕňa priamu ochrannú a preventívnu funkciu. Priama ochrana pozostáva z plastovej konštrukcie prispôsobenej veľkosti a tvaru drona a chráni predovšetkým vrtule drona. Ako preventívna a zároveň aktívna časť ochrany boli zvolené holografická páska a siréna, ktoré odplašujú vtáky a tak aj znižujú riziko zrážky. Holografická páska pôsobí odstrašujúco vďaka svojej odrazivosti svetla a neustálemu pohybu drona a siréna ovládaná arduinom je schopná zapnutia a vypnutia v rôznych časových intervaloch, s cieľom evokovať náhodné výstrely.

Pri tvorbe návrhu bol braný ohľad na to, aby bola ochranná konštrukcia cenovo dostupná a zároveň jednoducho realizovateľná. Veľkou výhodou je jej univerzálnosť a možné obmeny. Použitý akumulátor poskytuje dostatočnú kapacitu pre prípadné pridanie iných súčastí alebo použitie odlišnej sirény. Veľkosť a tvar konštrukcie je možné prispôbiť pre iný typ drona, pričom je potrebné dbať na dodržanie nosnosti a konštrukcie konkrétneho drona.

Ako hlavná aplikačná oblasť bolo volené poľnohospodárstvo a ochrana majetku, avšak konštrukcia môže byť použitá aj na iné účely, v oblastiach, kde je zvýšené riziko kolízie s vtákmi, ako napríklad oblasti hniezdenia. Vytvorený návrh modelu a realizácie prináša do budúcnosti možnosť výroby prototypu a následné bližšie skúmanie a testovanie konštrukcie v reálnych podmienkach.



## 7 ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- [1] GRAHAM, Martin R. *The Sensory Ecology of Birds* [online]. New York: Oxford University Press, 2017 [cit. 2021-03-12]. ISBN 978-0-19-969454-9. Dostupné z: DOI:10.1093/9780199694532.001.0001
- [2] BULOVÁ, Kateřina. *Binokulární vidění* [online]. Brno, 2019 [cit. 2021-04-05]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/th/k9spq/Bulova\\_Binokularni\\_videni.pdf](https://is.muni.cz/th/k9spq/Bulova_Binokularni_videni.pdf). Bakalářská práce. Masarykova univerzita. Vedoucí práce Mgr. Gabriela Spurná.
- [3] ŠULC, Michal a Marcel HONZA. Svět očima zvířat aneb jak ptáci vnímají barvy. *Živa* [online]. 2014, (4) [cit. 2021-03-15]. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/svet-ocima-zvirat-aneb-jak-ptaci-vnimaji-barvy.pdf>
- [4] GRAHAM, Martin R. Through birds' eyes: Insights into avian sensory ecology. *Journal of Ornithology* [online]. 2011, (153) [cit. 2021-03-15]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/257495620\\_Through\\_birds%27\\_eyes\\_Insights\\_into\\_avian\\_sensory\\_ecology](https://www.researchgate.net/publication/257495620_Through_birds%27_eyes_Insights_into_avian_sensory_ecology)
- [5] GRIM, Tomáš a Alfréd TRNKA (eds.). Správanie vtákov. *Ornitologická príručka* [online]. Bratislava: Slovenská ornitologická spoločnosť, 2014, 106 – 112 [cit. 2021-03-16]. ISBN 978-80-89526-13-0. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/278672224\\_Spravanie\\_vtakov\\_Bird\\_behaviour](https://www.researchgate.net/publication/278672224_Spravanie_vtakov_Bird_behaviour)
- [6] Magnetic orientation in birds. *The Journal of Experimental Biology* [online]. Great Britain: The Company of Biologists Limited, 1996, (199), 29 – 38 [cit. 2021-03-25]. Dostupné z: <https://jeb.biologists.org/content/jexbio/199/1/29.full.pdf>
- [7] TOMÁŠ, Radim. Vtáky a sklo. *Ekoton* [online]. 13.12.2018 [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: <https://www.ekoton.sk/vtaky-a-sklo/>
- [8] *Nálepky proti nárazom* [online]. Trenčín [cit. 2021-03-27]. Dostupné z: <http://nalepkyprotinarazom.sk>
- [9] MARQUES, Ana Teresa, Helena BATALHA, Sandra RODRIGUES, Hugo COSTA, Maria João RAMOS PEREIRA, Carlos FONSECA, Miguel MASCARENHAS a Joana BERNARDINO. Understanding bird collisions at wind farms: An updated review... *Biological Conservation* [online]. 2014, **179**, 40 – 52 [cit. 2021-04-05]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.08.017>
- [10] THE ROYAL SOCIETY FOR THE PROTECTION OF BIRDS. What is mobbing? *RSPB* [online]. [cit. 2021-03-27]. Dostupné z: <https://www.rspb.org.uk/birds-and-wildlife/wildlife-guides/birdwatching/bird-behaviour/what-is-mobbing/>
- [11] FLYNT, Joseph. THE ROYAL SOCIETY FOR THE PROTECTION OF BIRDS. How to Avoid Bird Attacks on Your Drone? *3D Insider* [online]. 29.1.2019 [cit. 2021-03-27]. Dostupné z: <https://3dinsider.com/bird-drone-attacks/>
- [12] LYONS, Kim. Bald eagle takes out EGLE's drone... *The Verge* [online]. Vox Media, 2020 [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.theverge.com/2020/8/16/21370357/bald-eagle-drone-egle-michigan>

- [13] JACKSON, Beth. Birds Attacking Drones: how to fly away. *COPTRZ: commercial drone experts* [online]. Leeds, 2020 [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://coptrz.com/birds-attacking-drones-how-to-fly-away/>
- [14] UVÍROVÁ, Viera. Roľnícke Noviny: Škodlivosť vtákov v jarnom období. *Roľnícke noviny: Rastlinná výroba* [online]. Profi Press, 2015, 7.5.2015 [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: <https://www.rno.sk/skodlivost-vtakov-v-jarnom-obdobi-2/>
- [15] LUKAS, S., L. CLARK, A. DAVIS, D. SANCHEZ a L. BLEWER. Nonlethal Bird Deterrent Strategies: Methods for reducing crop losses in Oregon. *Oregon State University Extension Service* [online]. 2020, (9286) [cit. 2021-5-1]. Dostupné z: <https://catalog.extension.oregonstate.edu/sites/catalog/files/project/pdf/em9286.pdf>
- [16] RIVADENEIRA, Paula, Sara KROSS, Nora NAVARRO-GONZALEZ a Michele JAY-RUSSELL. A Review of Bird Deterrents Used in Agriculture. *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference* [online]. **28**, 218 – 223 [cit. 2021-5-1]. Dostupné z: doi: <https://doi.org/10.5070/V42811040>
- [17] METZ, Isabel C., Joost ELLERBROEK, Thorsten MÜHLHAUSEN, Dirk KÜGLER a Jacco M. HOEKSTRA. The Bird Strike Challenge. *Aerospace* [online]. 2020, **7**(3) [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: doi: <https://doi.org/10.3390/aerospace7030026>
- [18] Control FOD to prevent aircraft wildlife strikes. *Aerosweep* [online]. Australia: Aerosweep Pty, 2020 [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: <https://www.aerosweep.com/control-fod-to-prevent-aircraft-wildlife-strikes/>
- [19] Medical News Today: Birds and their droppings can carry over 60 diseases. *Medical News today* [online]. Brighton: Healthline Media, 2020 [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: <https://www.medicalnewstoday.com/releases/61646#1>
- [20] LINZ, George M., Enrique H. BUCHER, Sonia B. CANAVELLI, Ethel RODRIGUEZ a Michael L. AVERY. Limitations of population suppression for protecting crops from bird depredation. *Crop Protection* [online]. Elsevier, 2015, **76**, 46 – 52 [cit. 2021-5-1]. ISSN 0261-2194. Dostupné z: doi: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.06.005>
- [21] Lethal Bird Control. *Pigeon Control Resource Centre* [online]. Newton Abbot: PCRC, 2009 [cit. 2021-5-16]. Dostupné z: <https://www.pigeoncontrolresourcecentre.org/html/reviews/kill-pigeons-pigeon-traps-killing-pigeons.html>
- [22] TRACEY, John, Mary BOMFORD, Quentin HART, Glen SAUNDERS a Glen SINCLAIR. *Managing Bird Damage to Fruit and Other Horticultural Crops* [online]. Canberra: Commonwealth of Australia, 2007 [cit. 2021-5-2]. ISBN 0 975443 7 0. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/265663349\\_Managing\\_Bird\\_Damage\\_to\\_Fruit\\_and\\_Other\\_Horticultural\\_Crops](https://www.researchgate.net/publication/265663349_Managing_Bird_Damage_to_Fruit_and_Other_Horticultural_Crops)

- [23] Lethal Bird Control. *Picas UK: Pigeon Control Advisory Service* [online]. Hampshire [cit. 2021-5-1]. Dostupné z: [http://www.picasuk.com/lethal\\_bird\\_control.html](http://www.picasuk.com/lethal_bird_control.html)
- [24] Potential primary and secondary hazards of avicides. *Proceedings of the Eleventh Vertebrate Pest Conference* [online]. 1984, **35**, 217 – 222 [cit. 2021-5-1]. Dostupné z: <https://core.ac.uk/download/pdf/17219396.pdf>
- [25] DEUTSCHOVÁ, Lucia a Marek GALIS. Vtáky a elektrina. *Lifeenergia* [online]. Bratislava, 2015 [cit. 2021-5-1]. Dostupné z: <https://www.lifeenergia.sk/projekt/hlavne-informacie/item/406-vtaky-a-elektrina.html>
- [26] Prowler owl: Lifelike predator decoy. *Bird-X* [online]. [cit. 2021-5-1]. Dostupné z: <https://bird-x.com/wp-content/uploads/OWL-application-pic.jpg>
- [27] FRASER, Hugh. *Using Propane-Fired Cannons to Keep Birds Away From Vineyards* [online]. Ontario: Queen's Printer for Ontario, 2010 [cit. 2021-5-16]. Dostupné z: <https://i.ytimg.com/vi/BQrv-Y6yDU0/maxresdefault.jpg>
- [28] BISHOP, J., H. MCKAY, D. PARROTT a J. ALLAN. *Review of international research literature regarding the effectiveness of auditory bird scaring techniques and potential alternatives* [online]. World Birdstrike Association, 2003 [cit. 2021-5-1]. Dostupné z: [https://canadianbirdstrike.ca/wp-content/uploads/2018/02/Bishop\\_et\\_al\\_2003.pdf](https://canadianbirdstrike.ca/wp-content/uploads/2018/02/Bishop_et_al_2003.pdf)
- [29] HARRIS, Ross E. a Rolph A. DAVIS. *Evaluation of the Efficacy of Products and Techniques for Airport Bird Control* [online]. Ontario: LGL LIMITED, 1998 [cit. 2021-5-1]. Dostupné z: <https://nimby.ca/PDFs/TP13029B.pdf>
- [30] WANG, Zihao, Darren FAHEY, Andrew LUCAS, Andrea S. GRIFFIN, Gregory CHAMITOFF a K. C. WONG. Bird damage management in vineyards: Comparing efficacy of a bird... *Crop Protection* [online]. Elsevier, 2020, **137** [cit. 2021-5-18]. ISSN 0261-2194. Dostupné z: doi: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105260>
- [31] *DronPro: Svět dronů pod jednou střechou* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-5-16]. Dostupné z: <https://dronpro.cz/>
- [32] *DJI: Official Website* [online]. Shenzhen, 2021 [cit. 2021-5-16]. Dostupné z: <https://www.dji.com/cz>
- [33] *Heureka: nakupujte s prehl'adom* [online]. Praha, 2020 [cit. 2020-11-18]. Dostupné z: <https://www.heureka.sk/>
- [34] CAPTAIN, Sean. DJI Mavic Air 2 can lift a lot more than its body weight. *Drone DJ* [online]. 2020 [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://dronedj.com/2020/06/01/dji-mavic-air-2-can-lift-a-lot-more-than-its-body-weight/>
- [35] Mavic Air Gannet payload release. *UAVME: Australia's Leading Drone Specialist* [online]. Brisbane, 2021 [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.uavme.com.au/mavic-air-gannet-payload-release>
- [36] *UAV Systems: International* [online]. 2021 [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://uavsystemsinternational.com/>

- [37] TOVSTO Aegean V2 Drone. *RC Groups* [online]. 2016 [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.rcgroups.com/forums/showthread.php?2708785-TOVSTO-Aegean-V2-Drone-6Ch-Brushless-Quadcopter-Gps-%28-around-200-%29>
- [38] 5 Best Heavy Lift Drones: Large Drones That Have High Lift Capacity. *Dronethusiast* [online]. Kansas City, 2021 [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.dronethusiast.com/heavy-lift-drones/>
- [39] Syma X8C Venture Drone Review: The Best Drones Today. *Pevly* [online]. 2019 [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://pevly.com/syma-x8c-venture-drone-review/>
- [40] DJI Mavic Air 2. *Galaxus* [online]. [cit. 2021-5-16]. Dostupné z: <https://www.galaxus.de/de/s1/product/dji-mavic-air-2-4k-drohne-13112590?gclsrc=ds&gclsrc=ds#gallery-open>
- [41] *Turbosquid: 3D Models for Professionals* [online]. New Orleans: Shutterstock, 2021 [cit. 2021-5-1]. Dostupné z: <https://www.turbosquid.com/>
- [42] *I-industry: 3Dimension for industry* [online]. Zvolen, 2021 [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://i-industry.com/>
- [43] Hologramová nelepící páska pro plašení ptactva v ovocných sadech a vinicích. *Hologram výroba* [online]. Ostrava, 2021 [cit. 2021-5-5]. Dostupné z: <https://hologram-vyroba.cz/hologramova-nelepici-paska-45mm-36m-pro-plaseni-ptactva-v-ovocnych-sadech-a-vinicich#tab-1>
- [44] Siréna SXLC 515C. *SOS electronic* [online]. Košice, 2021 [cit. 2021-5-16]. Dostupné z: <https://www.sos.sk/products/sonitron/sxlc-515-c-111385>
- [45] *Killich: spojovací materiály* [online]. Liberec, 2021 [cit. 2021-5-1]. Dostupné z: <https://eshop.killich.sk/>
- [46] *GM electronic* [online]. Bratislava, 2021 [cit. 2021-5-5]. Dostupné z: <https://www.gme.sk/>
- [47] *Digi-Key: Electronics* [online]. 2021 [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: <https://www.digikey.sk/>
- [48] Tranzistor: BC637 CDIL. *TEM: Electronic Components* [online]. Ostrava, 2021 [cit. 2021-5-16]. Dostupné z: <https://www.tme.eu/cz/details/bc637-cdi/tranzistory-npn-tht/cdil/bc637/>
- [49] Arduino Pro Mini 328. *Sparkfun: Start something* [online]. 2021 [cit. 2021-5-16]. Dostupné z: <https://www.sparkfun.com/products/11114>
- [50] *EXEL: Profesionálny výrobca dosiek plošných spojov* [online]. Banská Bystrica, 2021 [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: <http://www.exel-pcb.com/>
- [51] TECAMID 12 natural: PA 12. *Ensinger* [online]. Nemecko, 2021 [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: <https://www.ensingerplastics.com/en/shapes/products/pa12-tecamid-12-natural>
- [52] *GrabCAD: The largest online community of professional designers, engineers, manufacturers, and students.* [online]. 2021 [cit. 2021-5-16]. Dostupné z: <https://grabcad.com/>

## 8 ZOZNAM OBRÁZKOV, TABULIEK A PRÍLOH

### Zoznam obrázkov

- Obr. 1:** Porovnanie vizuálnych polí u dropa najväčšieho, človeka a bociana bieleho [1]
- Obr. 2:** Závislosť relatívnej citlivosti čapíkov na vlnovej dĺžke elektromagnetického žiarenia u človeka (vľavo) a sýkorky belasej (vpravo) [3]
- Obr. 3:** Porovnanie závislosti hladiny intenzity zvuku od frekvencie u rôznych druhov vtákov a človeka [1]
- Obr. 4:** Sup bielohlavý obzerajúci sa počas letu [1]
- Obr. 5:** Orol skalný, útočiaci na dron [13]
- Obr. 6:** (a) Model dravca na odstrašenie vtákov [26] a (b) protikolízne nálepky aplikované na okno ako prevencia nárazu [8]
- Obr. 7:** Propánový kanón [27]
- Obr. 8:** Porovnanie relatívnej efektivity prostriedkov pre kontrolu vtáctva [28]
- Obr. 9:** Zvolený typ DJI Mavic Air 2 [40]
- Obr. 10:** Návrh ochrannej konštrukcie pre dron
- Obr. 11:** Ochranná časť mechanickej ochrany drona
- Obr. 12:** Podporná časť mechanickej obrany drona
- Obr. 13:** Deliaci časť mechanickej ochrany
- Obr. 14:** (a) Tvar ramena podpory a jej prichytenie na drona pomocou poistných úchytiak a (b) poistenie polohy úchytky v reze
- Obr. 15:** Prichytenie ochrannej časti mechanickej ochrany k podpornej časti pomocou skrutiek M3x8
- Obr. 16:** Symetrické umiestnenie skrutiek M3x8 v rohoch konštrukcie a vynechaná časť plastového úpletu, kvôli dobrému prístupu
- Obr. 17:** Holografická páska slúžiaca ako vizuálny prostriedok ochrany [43]
- Obr. 18:** Úchytky po bokoch ochrannej konštrukcie obsahujúce otvory pre prestrčenie pásky s výrezmi v tvare plastových drôtov pre upevnenie ich pozície
- Obr. 19:** Schéma zapojenia elektrického obvodu slúžiaceho k riadeniu sirény
- Obr. 20:** Uloženie akumulátora v držiaku prichytenom skrutkami M3x6 k podpore
- Obr. 21:** Elektrické súčiastky umiestnené na deliacej časti konštrukcie
- Obr. 22:** Umiestnenie sirény zvrchu ochrannej konštrukcie a jej upevnenie pomocou montážnej matice
- Obr. 23:** Výrez v plastovej konštrukcii na USB port

### Zoznam tabuliek

- Tab. 1:** Delenie a konkrétne prostriedky pre kontrolu vtáctva
- Tab. 2:** Porovnanie rôznych typov dronov podľa ceny, hmotnosti, dosahu a nosnosti
- Tab. 3:** Zoznam všetkých častí potrebných k realizácii ochrannej konštrukcie

## **Zoznam príloh**

**Príloha 1:** Ochranná časť mechanickej konštrukcie (3D model)

**Príloha 2:** Deliacia časť mechanickej konštrukcie (3D model)

**Príloha 3:** Podporná časť mechanickej konštrukcie (3D model)

**Príloha 4:** Poistná úchytka (3D model)