



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

## DESIGN BEZPILOTNÍHO LETOUNU

DESIGN OF DRONE

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Pavol Lupták

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. akad. soch. Ladislav Křenek, ArtD.

BRNO 2016



## Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav konstruování  
Student: **Pavol Lupták**  
Studijní program: Aplikované vědy v inženýrství  
Studijní obor: Průmyslový design ve strojírenství  
Vedoucí práce: **doc. akad. soch. Ladislav Křenek, ArtD.**  
Akademický rok: 2015/16

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:

### Design bezpilotního letounu

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

Analýza a návrh designu bezpilotního letounu. Návrh má splňovat obecné předpoklady průmyslového designu - respektovat funkční, konstrukční, technologické, estetické a ergonomické zákonitosti.

#### **Cíle bakalářské práce:**

Bakalářská práce musí obsahovat: (odpovídá názvům jednotlivých kapitol v práci)

1. Úvod
2. Přehled současného stavu poznání
3. Analýza problému a cíl práce
4. Variantní studie designu
5. Tvarové řešení
6. Konstrukčně technologické a ergonomické řešení
7. Barevné a grafické řešení
8. Diskuze
9. Závěr
10. Seznam použitých zdrojů

Forma práce: průvodní zpráva, sumarizační poster, fotografie modelu, fyzický model

Typ práce: designérská

Účel práce: vzdělávání

Rozsah práce: cca 27 000 znaků (15 - 20 stran textu bez obrázků).

Zásady pro vypracování práce: [http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP\\_DP/Zasady\\_VSKP\\_2016.pdf](http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP_DP/Zasady_VSKP_2016.pdf)

Šablona práce: [http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/UK\\_sablona\\_praci.zip](http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/UK_sablona_praci.zip)

**Seznam literatury:**

Dreyfuss, H., Powell, E. (2012): Designing for People. Allworth, New York.

Fiell, C., Fiell, P. (2001): Designing the 21st Century. TASCHEN, Kolín nad Rýnem.

Johnson, M. (2002): Problem solved. Phaidon, Londýn.

Lidwell, W., Manacsa, G. (2008): Deconstructing product design. Rockport Publishers, Massachusetts.

Morris, R. (2009): The Fundamentals of Product Design. AVA Publishing SA, Lausanne.

Norman, D. A. (2004): Emotional Design. Basic Books, New York.

Pelcl, J., a kol. (2012): Design od myšlenky k realizaci. Vysoká škola uměleckoprůmyslová v Praze, Praha.

Thomson, R. (2011): The Manufacturing Guides, Product and Furniture Design. Thames & Hudson Ltd., Londýn.

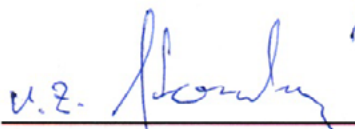
Thomson, R. (2011): The Manufacturing Guides, Prototyping and Low-volume Production. Thames & Hudson Ltd., Londýn.

Tichá, J., Kaplický, J. (2002): Future systems. Zlatý řez, Praha.

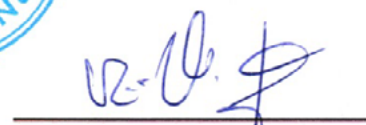
Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16.

V Brně, dne 26. 11. 2015





prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.  
ředitel ústavu



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

## **ABSTRAKT**

---

Témou tejto bakalárskej práce je design bezpilotného letúňa, konkrétne poloprofesionálnej kvadkoptéry, ktorá je určená na záznam videa a fotografií. Práca zahŕňa analýzu súčasnej situácie na trhu a zaoberá sa novými technológiami v danej problematike. Cieľom designu je vytvorenie návrhu, ktorý rešpektuje technické, ergonomické a estetické požiadavky.

## **KLÚČOVÉ SLOVÁ**

---

design, dron, kvadkoptéra, letúň, let, kompaktnosť, kamera

## **ABSTRACT**

---

The subject of this bachelor thesis is the design of a drone, specifically a semiprofessional quadcopter, which is intended for capturing videos and taking photos. The work includes an analysis of the current market situation and deals with new technologies in the given issue. The goal of the design is to create a concept that respects the technical, ergonomic and aesthetic requirements.

## **KEYWORDS**

---

design, drone, quadcopter, aeroplane, flight, compactness, camera



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA**

LUPTÁK, P. *Design bezpilotního letounu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 47s. Vedoucí bakalářské práce doc. akad. soch. Ladislav Křenek, ArtD..





## **PREHLÁSENIE O PÔVODNOSTI**

Prehlasujem, že som bakalársku prácu na tému Design bezpilotného letounu spracoval samostatne s využitím zdrojov, ktoré sú riadne uvedené v zozname literatúry.

V Brne dňa .....

.....  
Pavol Lupták



## **POĎAKOVANIE**

Chcel by som sa poďakovať vedúcemu práce, pánovi doc. akad. soch. Ladislavovi Křenkovi, ArtD., za cenné rady, myšlienky a podnety pri spracovávaní mojej bakalárskej práce. Taktiež ďakujem rodine a priateľom za podporu nielen pri štúdiu.



**OBSAH**

<b>1 ÚVOD</b>	<b>15</b>
<b>2 PREHĽAD SÚČASNÉHO STAVU POZNANIA</b>	<b>17</b>
2.1 Designérska analýza	17
2.1.1 Začiatky lietania	17
2.1.2 Bezpilotné lietadlá	17
2.1.3 Kvadkoptéry	17
2.1.4 Súčasnosť a kvadkoptéry	17
2.1.5 Použitie kvadkoptér	18
2.1.6 Parrot AR Drone 2.0	18
2.1.7 AEE TORUK AP11	19
2.1.8 DJI INSPIRE 1 Pro	20
2.2 Marketingová štúdia	20
2.2.1 Súčasný stav trhu	20
2.2.2 SWOT analýza	21
2.3 Technická analýza	22
2.3.1 Definícia bezpilotného letúňa	22
2.3.2 Rozdelenie bezpilotných letúňov	22
2.3.3 Helikoptéry a multikoptéry	22
2.3.4 Kvadkoptéra	23
2.3.5 Princíp letu kvadkoptér	23
2.3.6 Vnútoraná konštrukcia kvadkoptéry	24
2.3.7 Letový kontrolór	25
2.3.8 Elektronický kontrolór rýchlosti	25
2.3.9 Pohon	25
2.3.10 Senzory	25
2.3.11 Batérie	25
2.3.12 Výbava	25
<b>3 ANALÝZA PROBLÉMU A CIEĽ PRÁCE</b>	<b>26</b>
3.1 Analýza problému	26
3.2 Cieľ práce	26
<b>4 VARIANTNÉ ŠTÚDIE DESIGNU</b>	<b>27</b>
4.1 Varianta 1	27
4.2 Varianta 2	28
4.3 Varianta 3	29
4.4 Finálna varianta	30
<b>5 TVAROVÉ RIEŠENIE</b>	<b>31</b>
<b>6 KONŠTRUKČNE TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ RIEŠENIE</b>	<b>33</b>
6.1 Konštrukčne technologické riešenie	33
6.1.1 Materiály	35
6.1.2 Rozmery	35
6.2 Ergonomické riešenie	36
6.2.1 Batéria	36
6.2.2 Lokalizácia vo vzduchu	36
6.2.3 Obsluha a ovládanie	37
<b>7 FAREBNÉ A GRAFICKÉ RIEŠENIE</b>	<b>38</b>
7.1 Farebné riešenie	38

7.2 Grafické riešenie	39
<b>8 DISKUSIA</b>	<b>40</b>
8.1 Psychologická funkcia	40
8.2 Ekonomická funkcia	40
8.3 Sociálna funkcia	40
<b>9 ZÁVER</b>	<b>41</b>
<b>ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV</b>	<b>42</b>
<b>ZOZNAM OBRÁZKOV A GRAFOV</b>	<b>44</b>
<b>ZOZNAM PRÍLOH</b>	<b>45</b>
<b>ZMENŠENÝ POSTER</b>	<b>46</b>
<b>FOTOGRAFIE MODELU</b>	<b>47</b>

## 1 ÚVOD

**1**

---

Bezpilotné letúne (drony) sa v posledných rokoch stali neoddeliteľnou súčasťou našej spoločnosti. Našli si uplatnenie nielen v mnohých odvetviach priemyslu, ale uľahčujú prácu aj bežným ľuďom.

Vo svojej práci sa zaoberám designom štvor-rotorového bezpilotného letúňa, tzv. kvadkoptéry (z angl. quadcopter), určenej na záznam videa a fotografií. Mojim cieľom je ponúknuť inovatívne riešenie, ktoré bude spĺňať všetky technické požiadavky stroja a ergonomické požiadavky užívateľa. Design produktu by mal vzhľadom podporovať funkciu a zároveň pôsobiť jednotne a kompaktné. Po splnení uvedených cieľov sa stane silným konkurentom ostatných produktov na aktuálnom trhu.





## 2 PREHLAD SÚČASNÉHO STAVU POZNANIA

2

V tejto kapitole je rozobratá problematika bezpilotných letúňov, konkrétne kvadkoptér. Designérska analýza sa zameriava na pôvod kvadkoptér, ich vývoj a aktuálne produkty na trhu. V marketingovej štúdií je zhodnotený trh a technická analýza vysvetľuje konštrukčné riešenie a anatómiu kvadkoptér.

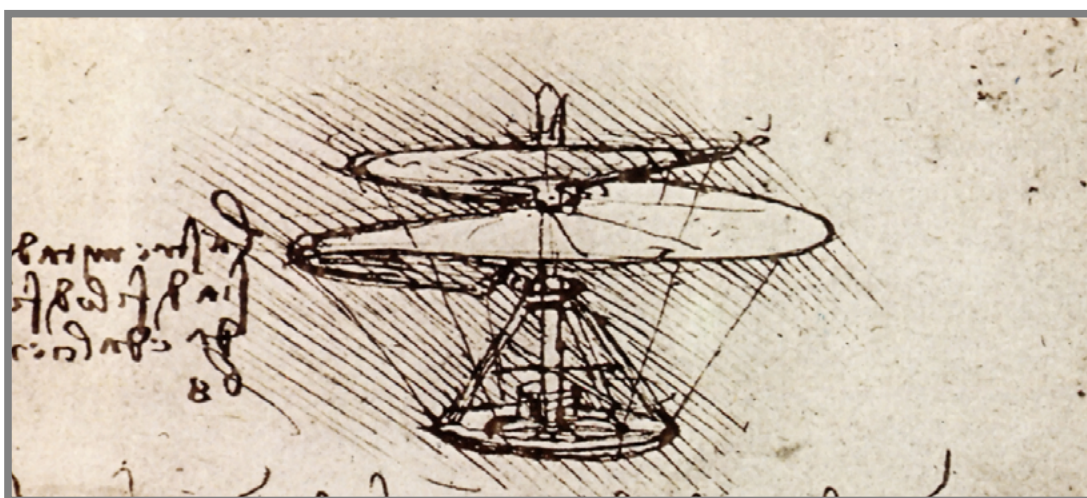
### 2.1 Designérska analýza

2.1

#### 2.1.1 Začiatky lietania

2.1.1

Človek sa chcel od nepamäti vzniesť k oblakom. Už Leonardo da Vinci načrtol ľudskou silou poháňaný lietajúci stroj, avšak trvalo ešte dlho, kým človek skutočne letel. Prvý úspešný let trval 12 sekúnd a bol uskutočnený pred viac ako 110 rokmi. Odvtedy zaznamenal letecký priemysel obrovský pokrok. [1][2]



Obr. 2-1 Leonardo da Vinci - Aerial Screw [2]

#### 2.1.2 Bepilotné lietadlá

2.1.2

Rozmach zaznamenalo letectvo aj vďaka vojnovým konfliktom, kedy boli investované nemalé prostriedky do vývoja nových technológií. Počas prvej svetovej vojny (v roku 1917) bolo použité americké lietadlo Hewitt-Sperry bez pilota na palube ovládané novým vynálezom - gyroskopom. Počas druhej svetovej vojny boli už použité lietadlá s rádiovým navádzaním. [4]

#### 2.1.3 Kvadkoptéry

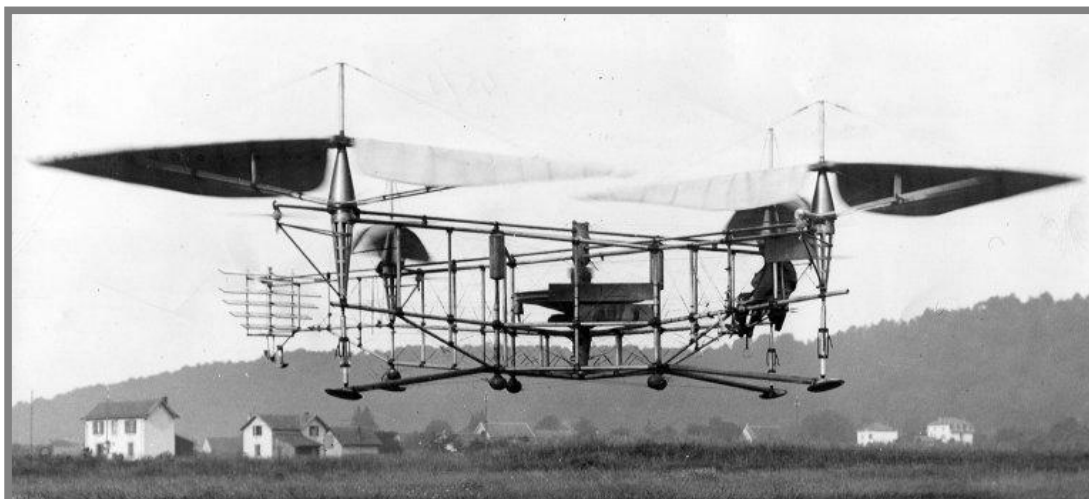
2.1.3

Jednou z prvých funkčných kvadkoptér bola francúzska Oemichen No.2 (v roku 1923), poháňaná jedným motorom, ktorý bol uložený v strede rámu v tvare X. Rotory boli umiestnené na koncoch ramien. Súbežne na vývoji pracovala aj armáda a postupne vyvinula vlastné konštrukčné riešenie kvadkoptéry. [3]

#### 2.1.4 Súčasnosť a kvadkoptéry

2.1.4

S postupom času a príchodom nových technológií, prešli kvadkoptéry veľkou zmenou, nielen pre vojenské účely, ale transformovali sa aj na malé, diaľkovo ovládané lietadlá pre civilné použitie. Keďže pri prevádzke nepotrebujú na palube pilota, ponúkajú tým riešenie problémov v podmienkach nevhodných pre človeka.



Obr. 2-2 Oemichen No.2 [3]

Stále viac aktuálnou témou je legislatívne ošetrovanie prevádzkovania dronov výhradne pomocou autopilota bez zásahov človeka. Široká verejnosť má momentálne prístup k množstvu produktov a kvadkoptéry pre bežné použitie zažívajú v posledných rokoch vzostup. [3]

---

### 2.1.5 Použitie kvadkoptér

Zásadný rozdiel medzi lietadlom a kvadkoptérou je v princípe letu. Kvadkoptéra potrebuje narozdiel od lietadla k udržaniu sa vo vzduchu len vztlak od rotorov. Dokáže teda stáť na mieste, a tým si našla široké využitie v rôznych odvetviach. Využívajú sa na postrekovanie polí, kontrolovanie úrody, ochranu divej zveri, pri video produkcii a fotografovaní, na mapovanie a monitorovanie pozemkov a budov. Taktiež našli uplatnenie v priemysle pri kontrolovaní rozľahlých solárnych elektrární, ropovodov, elektrického vedenia a pod. Aktuálnym je aj roznášanie balíkov pomocou dronov.

Nasleduje prehľad produktov, zameraný konkrétne na foto-video kvadkoptéry, ktoré sú aktuálne dostupné na trhu.

---

### 2.1.6 Parrot AR Drone 2.0

Kvadkoptéra od francúzskej firmy Parrot nie je ani amatérsky model, ale ani profesionálne filmárske zariadenie. Je určená do interiéru i exteriéru. Je vybavená kamerou, ktorá nemôže meniť svoju polohu, zmena pohľadu musí byť teda vykonaná pomocou celej kvadkoptéry. Hmota je sústredená do stredu tela, ale kapotáž je predĺžená tak, aby zakrývala aj kameru v prednej časti. Celkovo tvar pripomína kvapku a pôsobí jednotne. Nožičky na pristátie sú priamo pod rotormi a nenarúšajú celkovú kompozíciu. Výhodou je začlenenie všetkých prvkov do kompaktnej konštrukcie. V balení je odnímateľný obvodový chránič vrtúľ. Veľkou výhodou je kapacita batérie, ktorá zabezpečuje dobu letu až 36 minút. Kvadkoptéra je plne ovládaná cez aplikáciu v telefóne alebo tablete. Pre výmenu batérie je nutné odobrať vrchnú kapotáž a odpojiť konektor. Kvadkoptéra je vyhotovená v maskáčovej farbe a súčasťou balenia je tmavý chránič vrtúľ.



Obr. 2-3 Parrot AR Drone 2.0 Elite Edition [5]

### 2.1.7 AEE TORUK AP11

2.1.7

Kvadrakoptéra určená pre mierne pokročilých, je vyrobená poprednou čínskou firmou AEE, ktorá sa zaoberá okrem iného produkciou kamier pre extrémne použitie. Mäkké tvarovanie vrchnej časti, ktoré je takmer stredovo symetrické, je v bočnom pohľade narušené nohami na pristátie. Nekompaktné tvarovanie pôsobí rušivo. Zadné ramená sú označené červenými prúžkami, pre lepšiu orientáciu pilota. Priemer vrtúľ je 254 milimetrov. Batéria umiestnená v zadnej časti zabezpečuje jednoduchú výmenu. Na tele je uchytený 3-osi gimbal (mechanizmus na stabilizáciu a polohovanie kamery) s tlmičom vibrácií. Výhodou je možnosť upevnenia rôznych kompatibilných kamier. Kvadrakoptéra je riadená pomocou vlastného ovládača. Výrobca ponúka možnosť dokúpenia chráničov vrtúľ. S dĺžkou letu 25 minút ponúka dostatok času na zacytenie záberov.



Obr. 2-4 AEE Toruk AP11 [6]

### 2.1.8 DJI INSPIRE 1 Pro

Plne profesionálna kvadkoptéra, jedna z najlepších, ktoré ponúka súčasný trh. Vyrobená čínskou firmou DJI, ktorá ponúkala profesionálne produkty vtedy, keď ešte len začínal zvýšený záujem mas o drony. Kvadkoptéra s dômyselnou konštrukciou a industriálnym vzhľadom určená kvôli svojim rozmerom (priemer vrtúľ 331 milimetrov) predovšetkým do exteriéru alebo priestraných interiérov. Tvarovanie ramien s rotormi je prispôbené konštrukčnému vyhotoveniu. Po vzlete ich automatický mechanizmus zdvihne, aby urobil voľný výhľad kamere umiestnenej v spodnej časti pod telom. Kvadkoptéra je vybavená 3-osím gimbalom a antivibračným rámom. Kontrastné farebné vyhotovenie umocňuje agresívny vzhľad. Výmena batérie je možná ihneď po pristáti. Zariadenie sa dá ovládať dvomi ovládačmi so systémom master-and-slave, jeden ovládač riadi let a druhý ovláda kameru. Pozičný systém pracuje s GPS modulom, dvojicou ultrazvukových senzorov a osobitnou kamerou. Doba letu je 18 minút. [8]



Obr. 2-5 DJI Inspire 1 Pro [7]

## 2.2 Marketingová štúdia

Cieľom marketingovej štúdie je poukázanie na možnosti uvedenia daného výrobku na trh, zmapovanie jeho aktuálnej konkurencie a nájdenie konkurenčných výhod.

### 2.2.1 Súčasný stav trhu

Za krátky čas svojej existencie zaznamenal trh s kvadkoptérmi obrovský nárast a firmy produkujú veľké množstvo produktov. Na produkciu dronov sa zamerali ako aj už existujúce firmy, ktoré doposiaľ ponúkali profesionálnu foto a video techniku (napr. čínska spoločnosť AEE), tak aj nové firmy, ktoré ponúkajú od svojho vzniku výhradne drony a príslušenstvo k nim (napr. čínska spoločnosť DJI). Firmy si na trhu vybudovali svoje stabilné miesto a ponúkajú široký sortiment produktov. [9][10]

Zo svojej podstaty kvadkoptéra neponúka mnoho rôznych konštrukčných riešení a preto je väčšina produktov pre koncového užívateľa ťažko rozoznateľná a ľahko zameniteľná kvôli veľmi podobnému designu. Spotrebiteľ sa rozhoduje podľa technických špecifikácií a parametrov konkrétneho výrobku. Dôležitým faktorom pri predaji je teda odlišnosť.

Keď zakomponuje určitý výrobca do svojho produktu novú technológiu (senzor, navádzanie, stabilizátor,...) okamžite zvyšuje hodnotu výrobku a tiež záujem zo strany kupujúcich. Konkurencia sa rozdiel snaží dohnať a tým sa pestuje rivalita, ktorá je pre trh prínosná, prirodzená a zdravá. Veľký potenciál je v modularite kvadkoptér, čo spočíva v uchopení rôzneho príslušenstva na základný model. Príklad môžeme nájsť u rôznych výrobcov napríklad vo vymeniteľnej kamere. Príležitosť je v plne modulárnej kvadkoptére, ktorej finálna cena by závisela len od použitých komponentov, ktoré by boli kompatibilné.

Vyrábajú sa taktiež kvadkoptéry pre amatérov, ktoré nie sú vybavené najkvalitnejšou technikou a ich vzhľad je často čisto funkčný, nie estetický. Strohosť výbavy a tvaru môže spôsobiť nestabilný let a následne nekvalitný záznam z kamery. Ich výhodou je ale neporovnateľne nižšia cena, ktorá otvára trh pre menej majetných.

Súčasťou trhu sú aj doma vyrábané modely kvadkoptér, ktoré dokážu konkurovať masovo vyrábaným produktom. Rozšírenie technológii a súčastok medzi široké množstvo ľudí, spôsobilo rozmach domácej produkcie dronov. Výhodou je možnosť úplnej kustomizácie produktu podľa požiadaviek zákazníka a naopak nevýhodou je takmer vždy prítomný surový vzhľad.

Ceny aktuálnych produktov na trhu sa odvíjajú od použitých komponentov a vybavenia kvadkoptéry a samozrejme rovnako aj od pozície a zamerania výrobcu. Producenti profesionálnej techniky investujú prostriedky do vývoja nových technológií a tým pádom sa cena ich zariadení pohybuje vysoko. Tak isto im záleží aj na atraktivite výrobku, takže investujú aj do designu, aby dosiahli vyššie predaje, pri automaticky vyššej cene. S cenou rastie kvalita spracovania a výsledku práce drona. Na druhej strane, produkty pre amatérov sú cenovo dostupnejšie, ale samozrejme nepodávajú tak kvalitné výsledky. Porovnanie cien modelov spomenutých v designérskej analýze: Parrot AR Drone 2.0 - 270 €, AEE Toruk AP11 - 777 €, DJI Inspire 1 Pro - 4 400 €. [9][10][11]

Dôležitým faktorom je aj užívateľská skúsenosť, teda manipulácia, preprava a výmena poškodených súčastí. Zhodnotenie týchto vlastností je možné vyhľadať v užívateľských recenziách, ktoré sú čím ďalej tým viac populárne a nachádzajú sa vo veľkom počte na internetových obchodoch a fórach.

## 2.2.2 SWOT analýza

2.2.2

### Strenghts - Silné stránky

- produkt reaguje na technologický vývoj spoločnosti
- rýchly rast trhu, postupné znižovanie kúpnej ceny
- medializácia
- využitie v podmienkach nevhodných pre človeka

### Weaknesses - Slabé stránky

- vysoká cena kvalitných produktov
- nutnosť registrácie zariadenia a absolvovanie leteckého kurzu
- nízka diverzita produktov



### **Opportunities - Príležitosti**

- veľký záujem o produkt zo strany kupujúcich a vývojárov, nárast dopytu
- stále viac aktuálny vývoj autonómneho riadenia
- potenciál expanzie na nové pozície využitia produktu
- nové technológie, materiály, spôsoby výroby

### **Threats - Hrozby**

- nedoriešená legislatíva autonómnych zariadení, regulácie
- relatívne nový produkt na trhu
- rýchly rast konkurencie
- jednoduchosť výroby amatérskych modelov

---

## **2.3 Technická analýza**

---

### **2.3.1 Definícia bezpilotného letúňa**

Bezpilotný letúň alebo skrátene UAV (z angl. unmanned aerial vehicle) je zariadenie schopné letu bez ľudskej posádky na palube. Môže byť ovládané na diaľku človekom, alebo riadené autonómne.

---

### **2.3.2 Rozdelenie bezpilotných letúňov**

Bezpilotné letúne sa podľa konštrukcie rozdeľujú do viacerých kategórií. Podľa spôsobu letu sa delia na zariadenia s pevnými krídlami a horizontálnym pohonom, ktoré pri lete zabezpečujú potrebný vztlak a zariadenia bez krídiel s rotujúcimi vrtuľami, ktoré zaisťujú vertikálny vztlak stroja bez nutnosti horizontálneho pohybu.



Obr. 2-6 UAV - pevné krídla s horizontálnym pohonom [13]

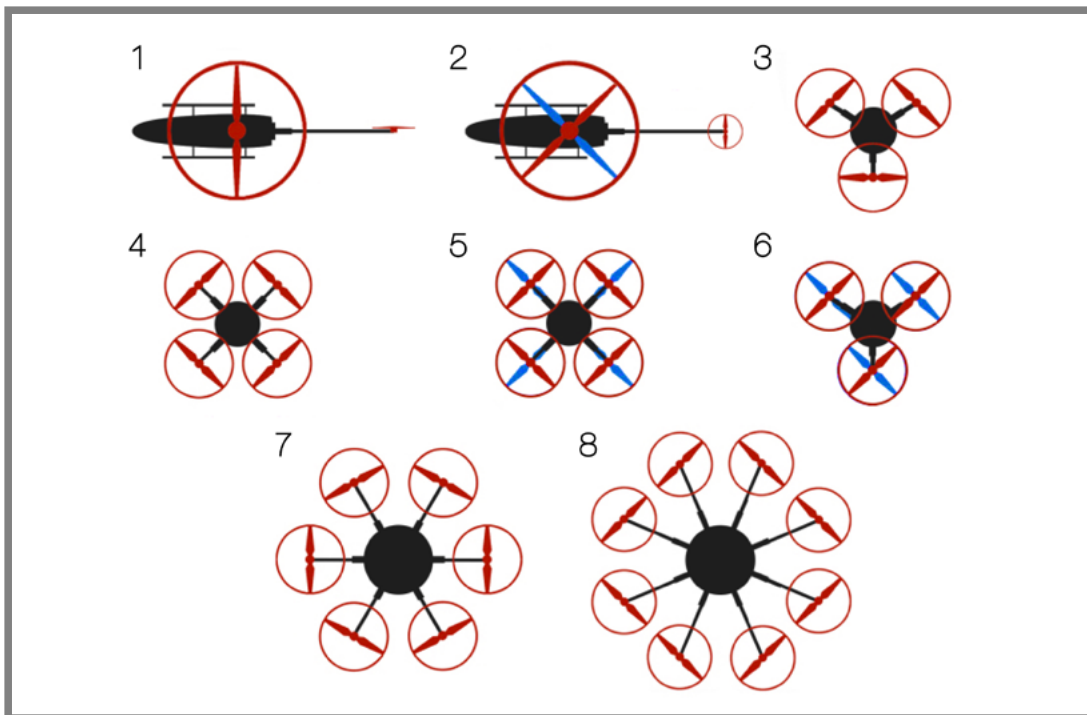
---

### **2.3.3 Helikoptéry a multikoptéry**

Helikoptéra (z gréc. [hélíx – špirála] + [pterón – krídlo]) označuje stroj, ktorý využíva k letu jednu alebo viacero horizontálne rotujúcich vrtúľ. Klasická helikoptéra má hlavnú horizontálne rotujúcu vrtuľu a na chvoste vertikálne rotujúcu vrtuľu, ktorá kompenzuje silové účinky točivého momentu hlavnej vrtule. Existujú aj koaxilálne helikoptéry, ktoré na svoj pohon používajú dvojicu nad sebou opačne rotujúcich vrtúľ, ich výsledný točivý moment je nulový.

Na obrázku 2-7 je schematické rozdelenie helikoptér a multikoptér podľa počtu ich rotorov.

1 - Klasická helikoptéra, 2 - Helikoptéra s koaxiálnym pohonom, 3 - Trikoptéra, 4 - Kvadkoptéra, 5 - Koaxiálna kvadkoptéra, 6 - Koaxiálna trikoptéra, 7 - Hexakoptéra, 8 - Oktokoptéra



Obr. 2-7 Typológia helikoptér [14]

### 2.3.4 Kvadkoptéra

Kvadkoptéra je multirotorová helikoptéra so štyrmi ramenami, na konci ktorých je motor s vrtuľou. Dĺžka ramien, a teda vzdialenosť vrtúľ, je na väčšine kvadkoptér rovnaká. Motory sú umiestnené v pôdoryse vo vrcholoch štvorca. Tvar zariadenia je často stredovo symetrický. Vďaka svojej konštrukcii má kvadkoptéra výbornú manévrovateľnosť a obsahuje menej pohyblivých častí ako klasická helikoptéra. Menšie rozmery vrtúľ znižujú ich točivý moment a tým uľahčujú zmenu rýchlosti otáčania. Tieto výhody voči helikoptéram platia len pre malé kvadkoptéry, väčšie osobné helikoptéry sú efektívnejšie než rovnako veľké kvadkoptéry. [12]

### 2.3.5 Princíp letu kvadkoptér

Každý motor s vrtuľou produkuje vztlak a točivý moment okolo vlastnej osy. Keď sa vrtule, ktoré sú na konštrukcii umiestnené oproti sebe točia rovnakým smerom a vrtule vedľa seba opačným smerom rovnakou uhlovou rýchlosťou, je celkový točivý moment a uhlové zrýchlenie sústavy nulové. Pre zmenu smeru letu a otočenia kvadkoptéry sa využíva zmena uhlových rýchlostí jednotlivých motorov s vrtuľami. Princíp je znázornený na obrázku 2-8.

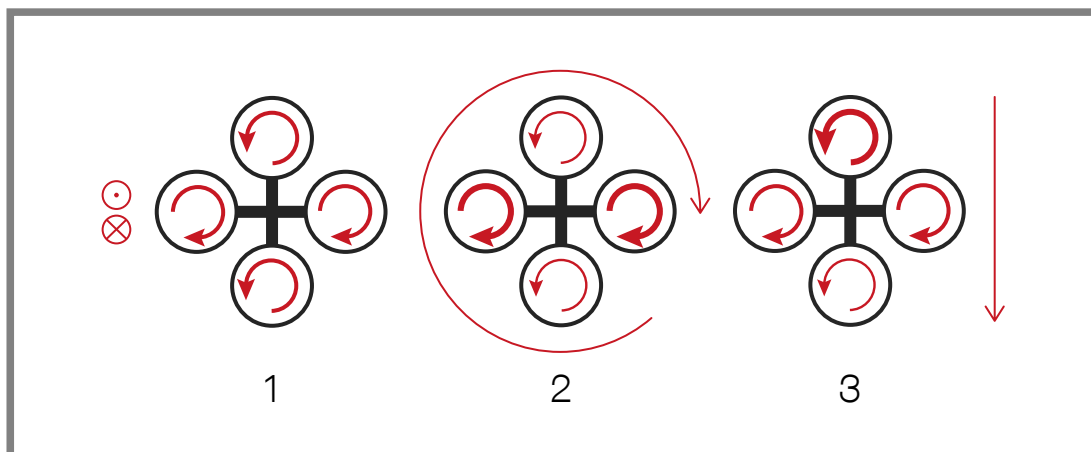
2.3.4

2.3.5

1- Kvadkoptéra sa vznáša alebo upravuje svoju výšku použitím rovnakého výkonu na všetky motory.

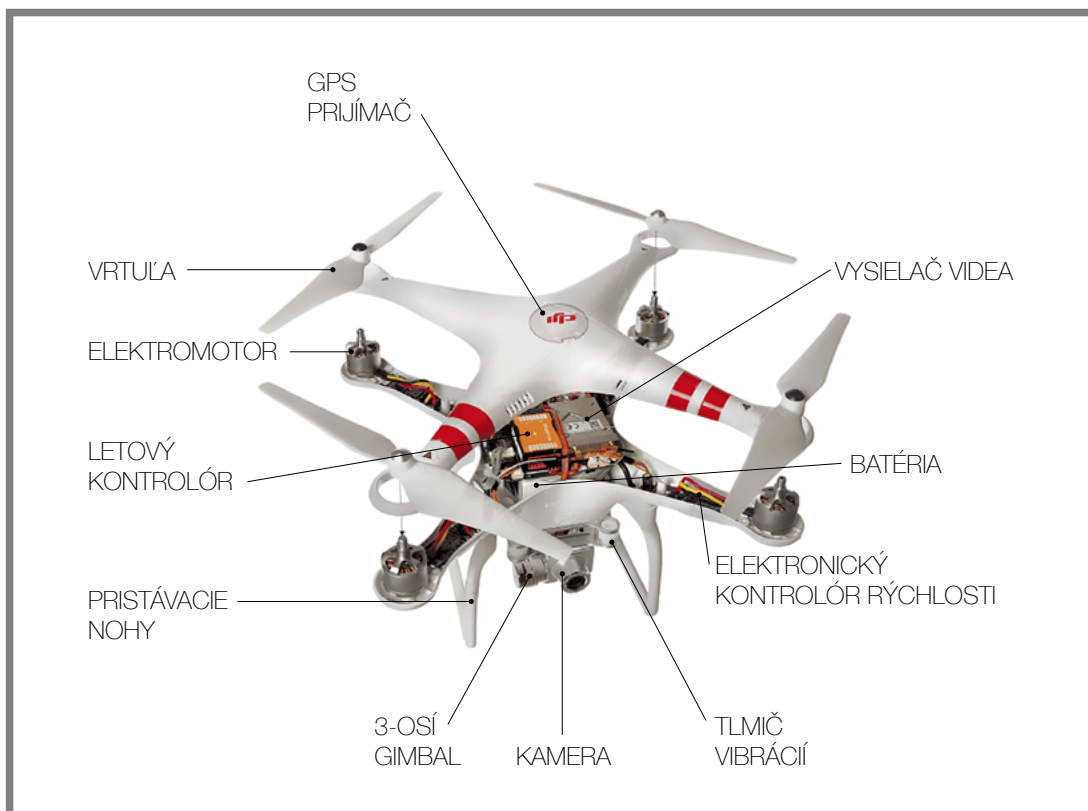
2 - Kvadkoptéra upravuje svoju rotáciu použitím vyššieho výkonu na motory rovnakého smeru rotácie.

3 - Kvadkoptéra upravuje svoj náklon (pohybuje sa do strán) použitím vyššieho výkonu na jeden motor a nižšieho výkonu na motor oproti.



Obr. 2-8 Princíp letu kvadkoptér [12]

### 2.3.6 Vnútoraná konštrukcia kvadkoptéry



Obr. 2-9 Vnútoraná konštrukcia kvadkoptéry - DJI Phantom 2 [15]



### 2.3.7 Letový kontrolór

2.3.7

Jednou z najdôležitejších súčastí je letový kontrolór, funguje ako mozog celého zariadenia. Prijíma signály zo senzorov, ktoré sa nachádzajú v tele kvadkoptéry a pokyny od pilota cez RC/Wi-Fi prijímač, ktoré následne vyhodnotí a odošle informácie osobitne do každého motora. Medzi letovým kontrolórom a motormi sa nachádzajú elektronické kontrolóry rýchlosti.

### 2.3.8 Elektronický kontrolór rýchlosti

2.3.8

V kvadkoptére sa nachádzajú štyri, pri každom motore jeden. Sú napojené priamo na batériu. Ich úlohou je meniť jednosmerný prúd z batérie na viac fázový, zvyčajné trojfázový prúd. Regulujú množstvo prúdu, ktoré tečie do motorov a upravujú ich otáčky.

### 2.3.9 Pohon

2.3.9

Kvadkoptéram umožňujú let elektromotory s vrtuľami. Používajú sa elektromotory na striedavý prúd. Ich výkon sa volí podľa potrebného vztlaku, ktorý musia vrtule vyprodukovať. Výkon motorov teda závisí od hmotnosti kvadkoptéry a tvaru vrtúľ. Pravidlom je schopnosť motorov vyprodukovať taký vztlak, aby zdvihli dvojnásobnú hmotnosť celého stroja.

### 2.3.10 Senzory

2.3.10

Kvadkoptéry obsahujú senzory, pomocou ktorých určujú svoju presnú polohu v priestore. GPS senzor slúži na určenie polohy v zemepisných súradniciach, tlakový senzor určuje nadmorskú výšku vo veľkých výškach, ultrazvukový senzor zisťuje výšku kvadkoptéry v menších nadmorských výškach nad zemou (do 6 metrov) a kompas sa orientuje v magnetickom poli zeme. Kvadkoptéry sú vybavené taktiež senzormi, ktorými zisťujú informácie o svojom pohybe. 3-osí akcelerometer slúži na určenie zrýchlenia vo všetkých osiach, 3-osí gyroskop zisťuje uhlové rýchlosti.

### 2.3.11 Batérie

2.3.11

Vo väčšine kvadkoptér sa používajú LiPo (Lítium-Ión Polymérové) akumulátory. Táto technológia umožňuje to, aby boli akumulátory vytvarované do rôzneho tvaru. Batérie sa rozlišujú počtom článkov (1 článok = 3,7 V), používajú sa 3 – 6 článkové. Ďalším faktorom je kapacita batérie, vyššia kapacita zabezpečí dlhší letový čas, ale je takisto ťažšia. Dôležitým je aj C-Rating batérie, určuje aký čas je schopná dodávať potrebný prúd, pri výbere batérie s nesprávnym C-Ratingom, môže byť batéria predimenzovaná a zbytočne ťažká, alebo poddimenzovaná a bude sa zahrievať, čo skráti jej životnosť.

### 2.3.12 Výbava

2.3.12

Kvadkoptéry, ktoré sú určené na záznam fotografií alebo videa sú vybavené kamerou. Môže byť upevnená pevne k telu, kedy je potrebné pre zmenu pohľadu pohybovať celou kvadkoptérou. Kvalitnejšie modely majú gimbal, často 3-osí, a tlmič vibrácií. Tieto zariadenia umožňujú nezávislý pohyb kamery a stabilizáciu obrazu pri zmenách smeru letu. Pre prenos videa v reálnom čase obsahuje kvadkoptéra vysielač videa, ktorý sprostredkuje pilotovi aktuálny pohľad z kamery. [16][17]

## 3 ANALÝZA PROBLÉMU A CIEĽ PRÁCE

### 3.1 Analýza problému

Kvadkoptéry sú na trhu zatiaľ krátko, avšak stihli medzi ľuďmi vzbudiť dostatočný záujem na to, aby ich produkcia neustále rástla. Našli využitie v mnohých odvetviach priemyslu a takisto aj medzi bežnými užívateľmi. Aktuálne najpoužívanejšími sú kvadkoptéry na záznam videa a fotografií, využívané profesionálmi a taktiež amatérmi. Na ich produkciu sa zameriavajú firmy, ktoré buď už v minulosti produkovali foto-video techniku, alebo vznikli vďaka zvýšenému dopytu. Pri mnohých existujúcich produktoch vyhráva funkcia nad formou a firmy ponúkajú veľké množstvo podobných kvadkoptér, ktoré nie vždy vyzerajú pre zákazníka lákavo. Konštrukčne si je väčšina zariadení veľmi podobná a miera zakomponovania nových technológií do kvadkoptéry závisí na cenovej hladine, v ktorej sa pohybuje. Jedným z nedostatkov niektorých produktov je práve design, často pôsobia nekompaktne. Telo, pristávacie nohy a kamera sú spojené násilne bez náväznosti na celkový tvar. Problémom je tiež zlá ergonómia pri výmene batérie, potrebné je odmontovanie krytu, odpojenie konektora a až následná výmena batérie.

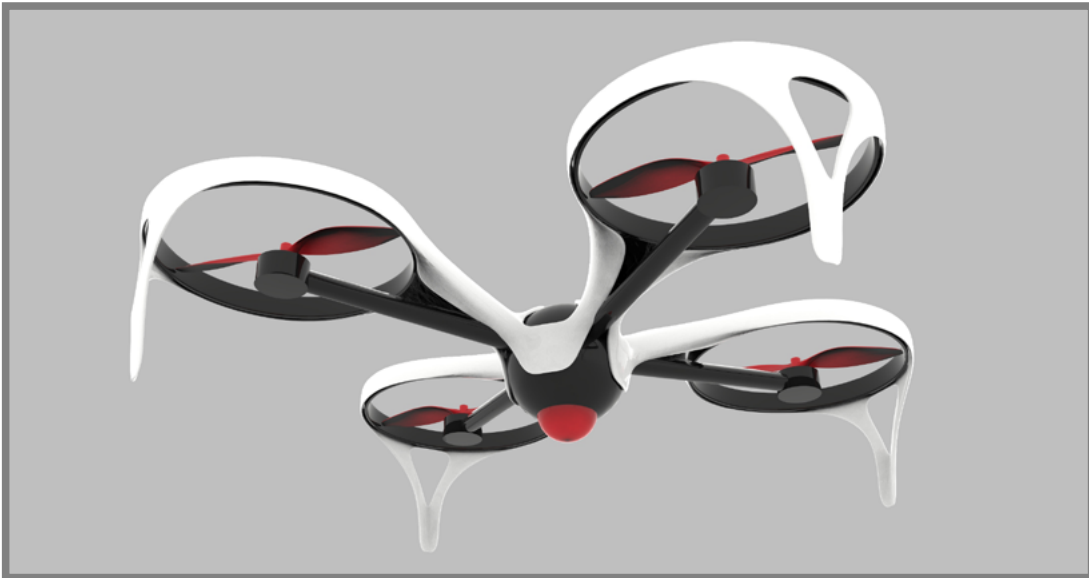
### 3.2 Cieľ práce

Hlavným cieľom práce je zakomponovanie všetkých potrebných častí do jednotného kompaktného tvaru, ktorý bude rešpektovať potrebné náležitosti kvadkoptéry a zároveň prítomnosť kamery a jej použitie. Kvadkoptéra by mala mať rozoznatelnú prednú a zadnú časť, aby pilot vedel okamžite určiť jej orientáciu v priestore. Taktiež je dôležitá kvalita záznamu, preto by mala byť kvadkoptéra vybavená stabilizátorom a 3-osím gimbalom kamery. Ďalším cieľom je uľahčenie výmeny batérie ihneď po pristátí. V neposlednom rade je dôležité dať produktu výraz, vďaka ktorému bude jednoducho rozoznatelný medzi konkurenčnými produktami. Technologickou inováciou a zlepšením užívateľského komfortu môže byť implementovanie autopilota, ktorý by riadil let a užívateľ sa mohol plne sústrediť na záznam videa/fotografií. Momentálne to nie je legislatívne možné, no v blízkej budúcnosti sa očakáva zmena v používaní umelej inteligencie.

## 4 VARIANTNÉ ŠTÚDIE DESIGNU

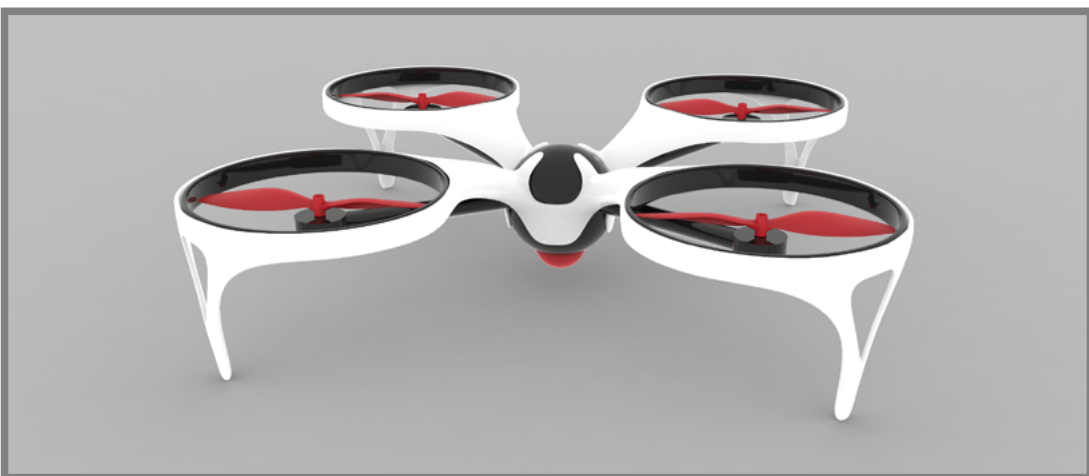
Prvým krokom pri navrhovaní bolo určenie veľkosti kvadkoptéry. Nosným sa stal rozmer vrtule bežne používanej pri stredne veľkých kvadkoptérach, ktorý je 8 palcov (203,2 mm). Od neho sa odvíja celkový rozmer návrhu. Počiatočná fáza nebola zameraná na umiestnenie funkčných prvkov, ale na celkový výraz a nosný tvar kvadkoptéry.

### 4.1 Varianta 1



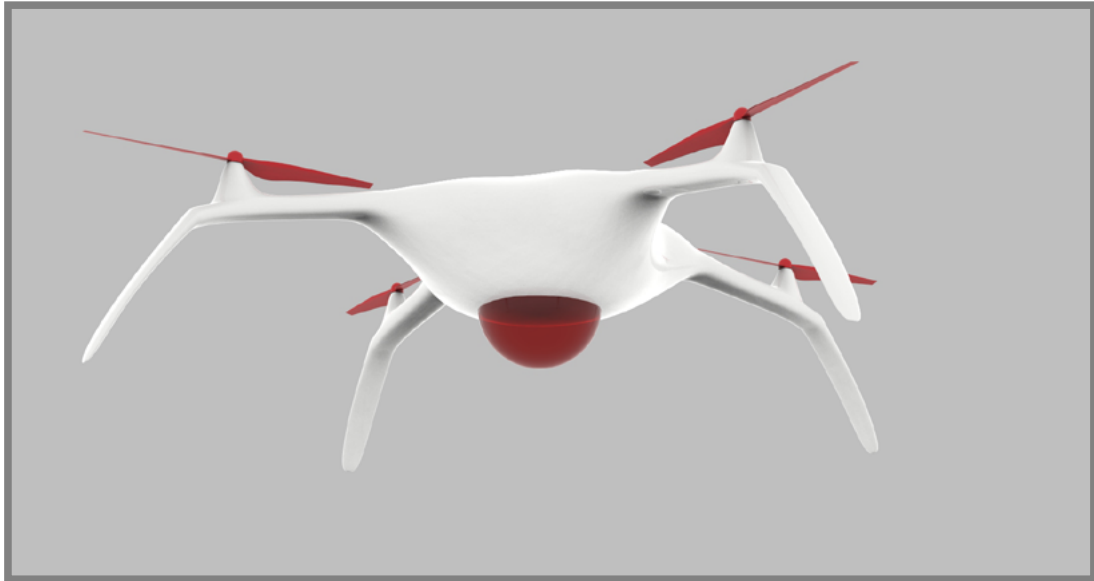
Obr. 4-1 Varianta 1 - pohľad zospodu

Návrh je stredovo súmerný. Ramená s vrtuľami a pristávacie nohy sú napojené na centrálnu guľu, na spodku ktorej je umiestnená kamera. Obruče okolo vrtúľ sú prepojené pomocou krytu so stredovým prvkom. Kryt tvarovo obopína guľu a ponad ramená prechádza plynulo do pristávacích nôh. Prvok pristávacích nôh je odľahčený výrezom. Funkčné prvky - vrtule a schematická kamera sú v kontrastnej červenej farbe, krytovanie je biele. Problematickým by bolo umiestnenie potrebných funkčných prvkov do vnútra kvadkoptéry. Vo finálnej verzii sú použité niektoré prvky práve z tejto varianty.



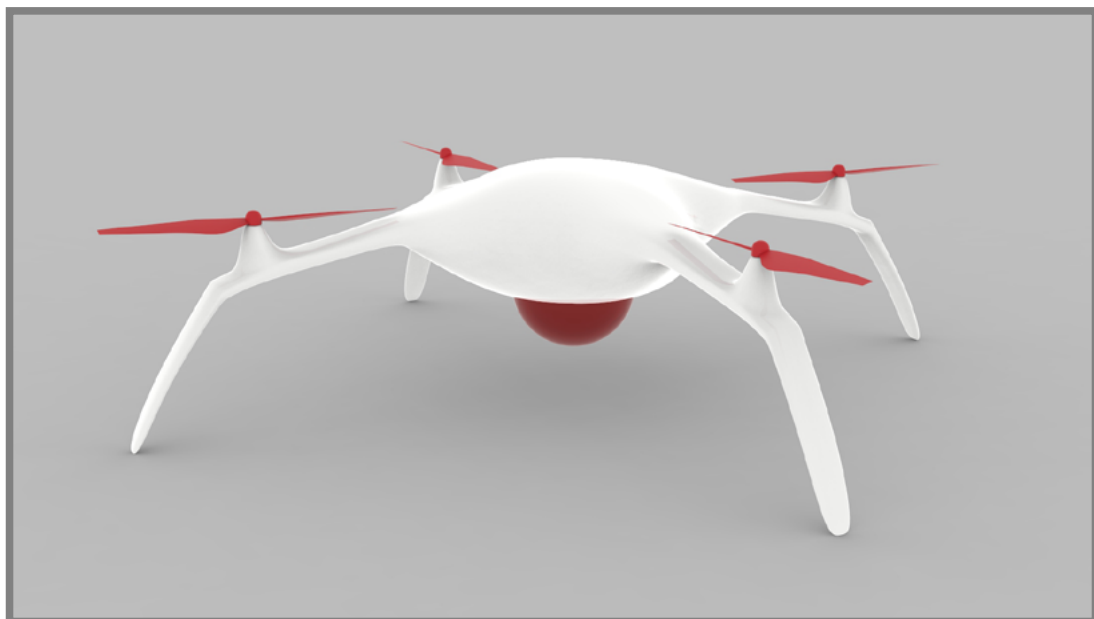
Obr. 4-2 Varianta 1 - pohľad zvrchu

## 4.2 Varianta 2



Obr. 4-3 Varianta 2 - pohľad zospodu

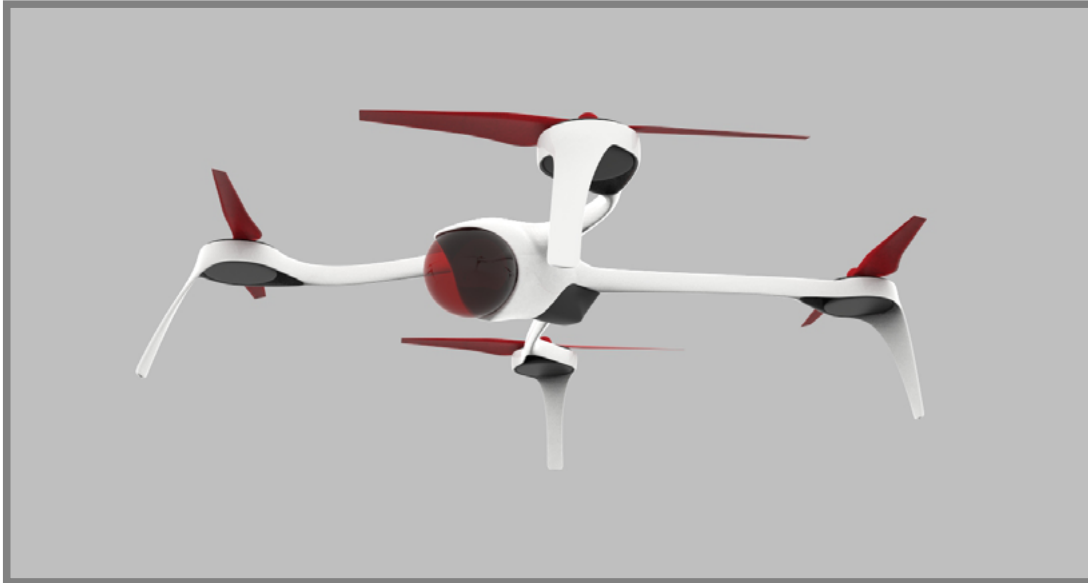
Druhá varianta má odlišný prístup k tvarovaniu, hmota je sústredená do spodnej strejdovej časti. Z tela vychádzajú ramená s vrtuľami, ktoré sa za vrtuľami lámu do pristávacích nôh. Návrh je bez ochranných obručí okolo vrtuľ a nemá jasne určený smer letu kvôli centrálne umiestnenej kamere. Smer letu by bol určený len obrysovými svetielkami na ramenách. Schematická červená polguľa zobrazuje operačný priestor kamery upevnenej na polohovacom zariadení. Koncept má klasické tvarovanie používané u konkurenčných produktov, výhodou je bohatý vnútorný priestor pre batériu a ostatné funkčné komponenty. Nevýhodou je výrazová ťažkopádnosť celej kvadkoptéry a nepomer v rozložení hmoty medzi telom a ramenami.



Obr. 4-4 Varianta 2 - pohľad zvrchu

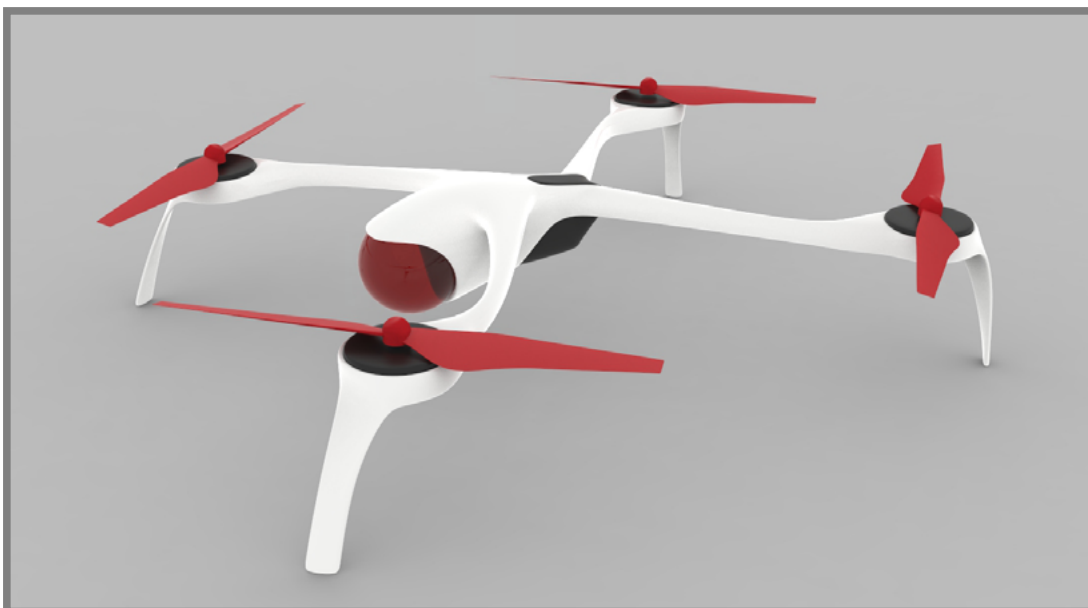
### 4.3 Varianta 3

4.3



Obr. 4-5 Varianta 3 - pohľad zospodu

Tretia varianta nie je, na rozdiel od predchádzajúcich dvoch, stredovo súmerná. Pôdorysom je obdĺžnik s dlhšou stranou v predozadnom smere. Je inšpirovaná zvieracou ríšou, konkrétne žabou v skoku. Návrh je rozpracovanejší, má skonkretizované umiestnenie batérie, motorov a kamery na tele kvadkoptéry. Umiestnenie kamery je naznačené schematicky červenou guľou v prednej časti tela, čo zabezpečuje lepšie pozorovacie uhly a značí smer letu. Guľa vyznačuje operačný priestor kamery upevnenej na polohovacom gimbale. Biele telo tvarovo naväzuje na kameru, v hornej časti prechádza organicky do nôh a v zadnej časti sa nachádza batéria, ktorá je vymeniteľná bez nutnosti odoberania krytu. Koncept pôsobí ľahko a obratne čo je pre letúň priaznivé.



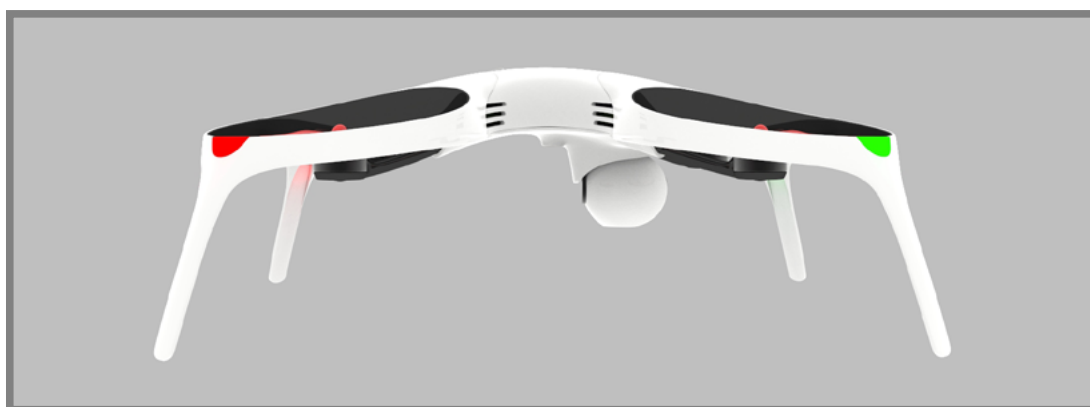
Obr. 4-6 Varianta 3 - pohľad zvrchu

#### 4.4 Finálna varianta



Obr. 4-7 Finálna varianta - pohľad zvrchu

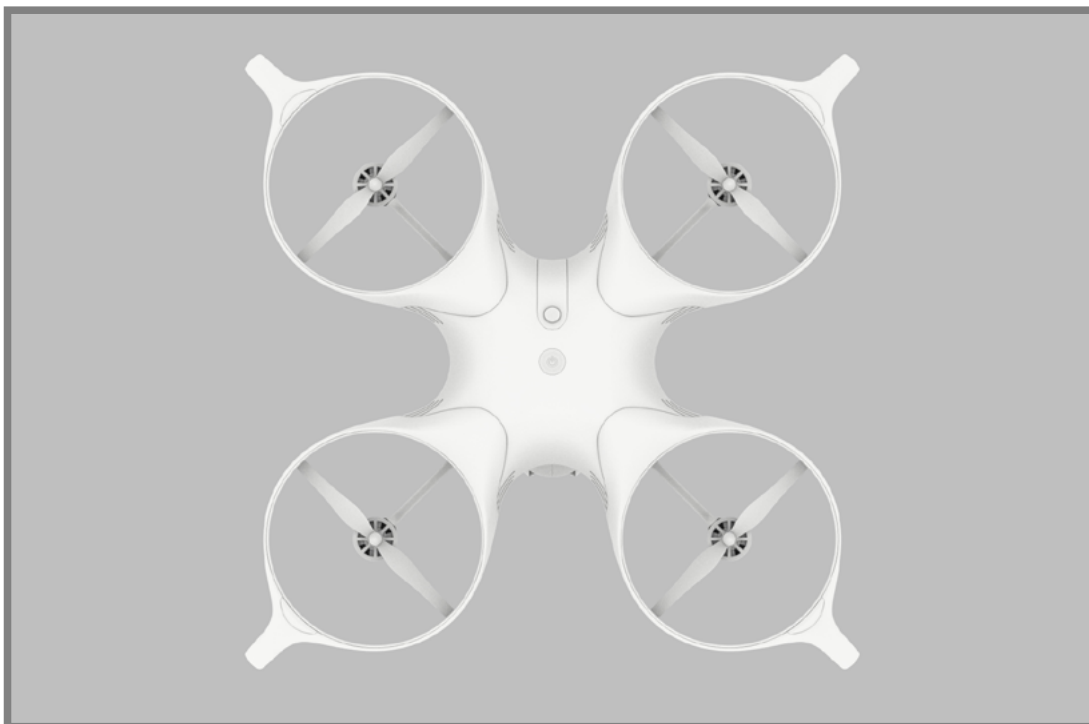
Hlavnou ideou je zakomponovanie všetkých funkčných častí do kompaktného tvaru, ktorý podporuje funkciu zariadenia - let a snímanie videa/fotografií. Finálna varianta využíva dominantný prvok z varianty 1 - obruče obopínajúce vrtule. Sú hlavným výrazovým prvkom, z ktorého sa ďalej odvíja celý návrh. Pôdorys kvadkoptéry je štvorcový, rotory sú od seba v rovnakej vzdialenosti. Obrysová krivka tela a obručí je vytvorená jednoduchým spojením polkružníc. V bočnom pohľade prechádza telo plynulo až do pristávacích nôh. Kvôli zrealizovateľnosti návrhu boli jednotlivé časti krytu rozdelené, vzniknuté konštrukčné špáry podporujú organické tvarovanie krytu tela. Kamera je umiestnená v prednej časti, je zasadená do spodného krytu, ktorý ju rešpektuje a svojim tvarovaním jej vytvára priestor. Navrhnutý gimbal umožňuje položiť kameru v 3 osiach, čo umožňuje stabilný záznam videa aj pri zmene smeru letu. Batéria sa nachádza v zadnej časti stroja, odníma sa spolu s časťou spodného a vrchného krytu pomocou poistného tlačidla. Ramená vrtúľ vychádzajú spod spodného krytu, ktorý ich svojim tvarom obteká.



Obr. 4-8 Finálna varianta - pohľad zľava

## 5 TVAROVÉ RIEŠENIE

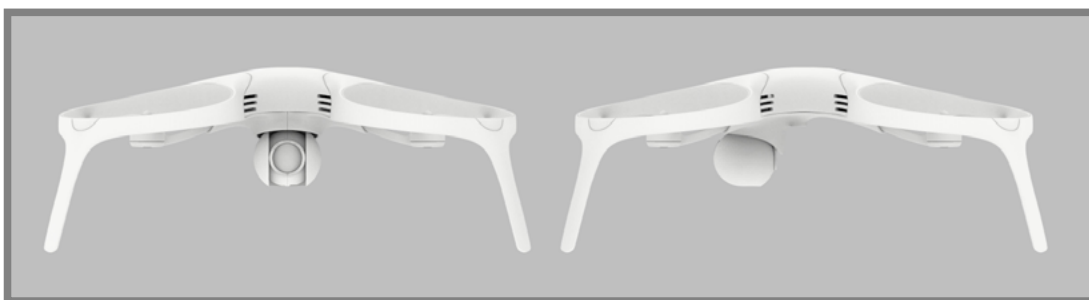
Celkové tvarové a veľkostné riešenie kvadkoptéry vychádza predovšetkým z rozmeru použitých vrtúľ, ktoré boli prvotným vodítkom pri navrhovaní. Po vrtuliach nasledujú ochranné obruče, ktoré určili jasný obrys návrhu pri pohľade zvrchu. Pri kvadkoptére nehrá veľmi dôležitú rolu pre let aerodynamika stroja.



Obr. 5-1 Tvarové riešenie - pohľad zvrchu

Kryt centrálnej časti, ktorá ukrýva všetky potrebné súčiastky, naväzuje plynule na ochranné obruče. Tvarovanie obručí je prispôsobené tomu, aby mohla byť vrtuľa vo vodorovnej polohe a telo mohlo vyčnievať nad rovinu vrtúľ. To zabezpečí potrebnú nestabilitu, ktorú kvadkoptéra pre let potrebuje.

Po hlavnom tvare nasledovalo určenie lokácie a konkretizácia funkčných prvkov. Kamera sa musí nachádzať na mieste, z ktorého jej nič neprekáča vo výhľade. Zvolené miesto v prednej spodnej časti je ideálne. Navrhnutý gimbal, ktorý má operačný priestor tvaru gule je zasadený do spodného krytu. Kryt tvarovo rešpektuje prítomnosť kamery a v mieste styku týchto dvoch častí je dostatočný priestor na pohyb kamery.



Obr. 5-2 Tvarové riešenie - pohľad spredu a sprava

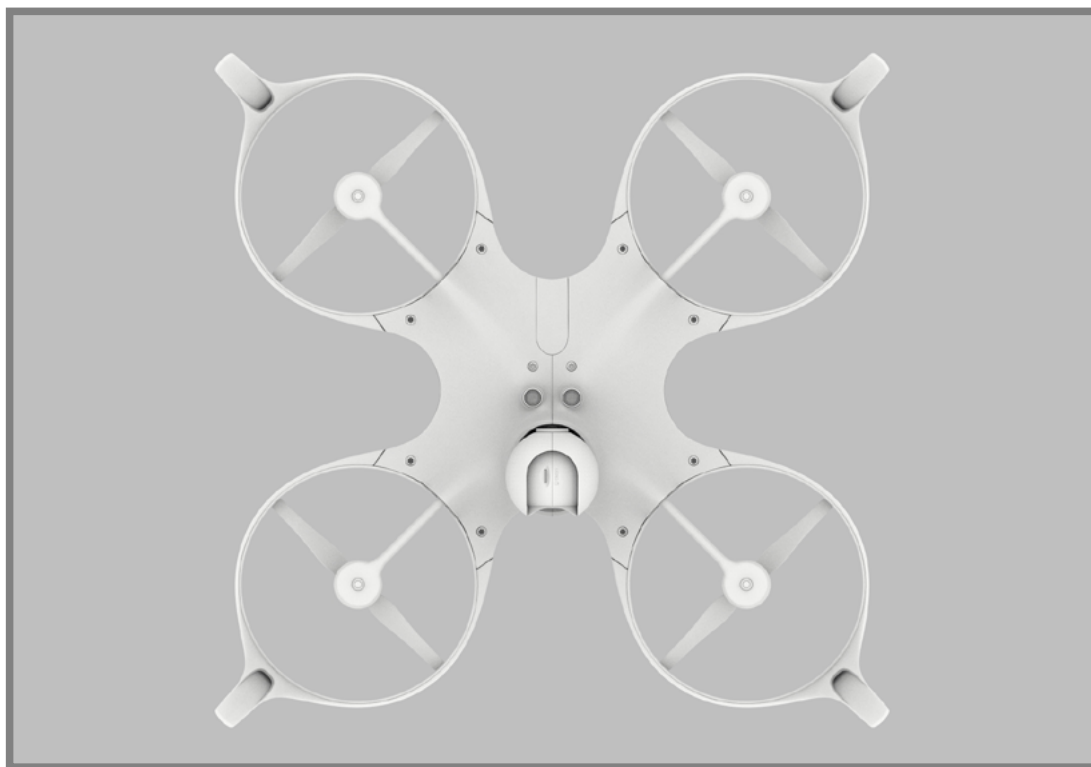
V pohľade z boku (viď Obr. 5-2) vidieť jemné napojenie ramien s motormi na spodnú časť kvadkoptéry. Ramená vstupujú v mieste dotyku s telom pod spodný kryt. Tvar ramier, konkrétne ich prierez, vychádza zo zaťaženia, ktoré na ne pôsobí. Ich prierez je eliptický s dlhšou stranou vo zvislom smere. Napojenie ramena na motor a telo je tvarované v duchu celého návrhu.

Dôležitým tvarovým prvkom sú vetracie otvory, ktoré sa nachádzajú na oboch bočných stranách každého ramena. Ich umiestnenie a tvar vychádza z funkcie a naväzuje na celkovú tektoniku tela.

Ochranné obruče obopínajúce vrtule tvarovo pretekajú do pristávacích nôh, ich oblé ukončenie reaguje na celkové mäkké tvarovanie a taktiež na možnosť pristávania na nerovných povrchoch. Svetielka, ktoré slúžia na lokalizáciu kvadkoptéry v priestore sú umiestnené na obručiach nad nohami. Pre zlepšenie viditeľnosti v prípade preletu ponad pilota sú odspodu nôh otvory, cez ktoré sa svetlo šíri aj smerom nadol.

Tvarovanie tela je tiež prispôbené prítomnosti batérie v zadnej časti, tak aby bolo možné uchopiť batériu medzi palec a ukazovák jednej ruky a pohodlne ju vybrať. Kryt batérie je vyrezaný z vrchného a spodného dielu tela kvadkoptéry. Pri pohľade z vrchu je možné vidieť kruhové poistné tlačidlo, ktoré treba pred vybratím batérie stlačiť.

V strede vrchného krytu tela sa nachádza tlačidlo napájania, ktoré veľkosťou a tvarom naväzuje na batériu.



Obr. 5-3 Tvarové riešenie - pohľad zospodu

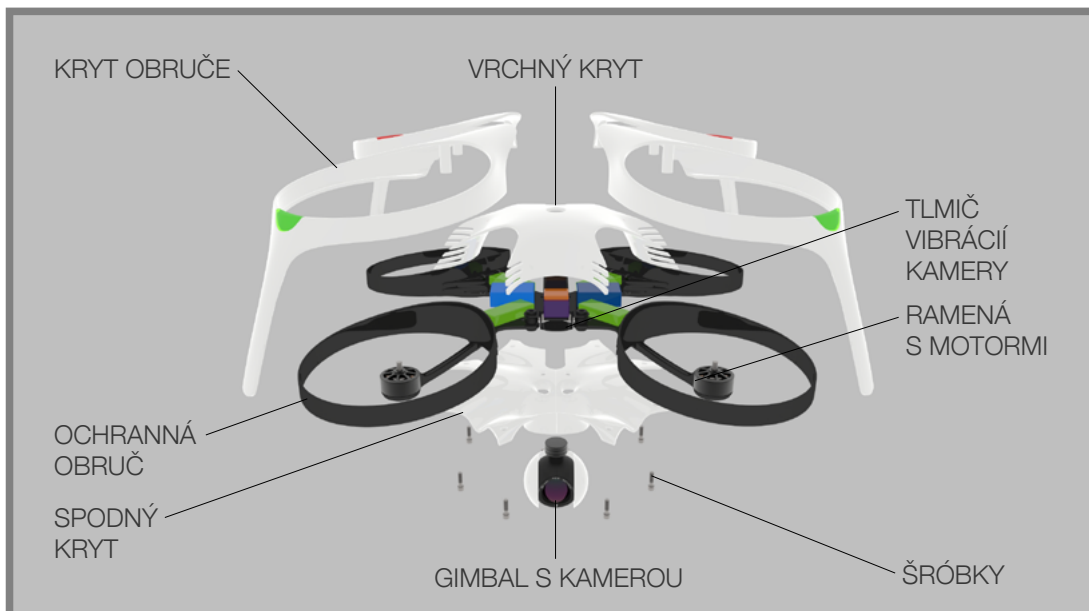


## 6 KONŠTRUKČNE TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ RIEŠENIE

6

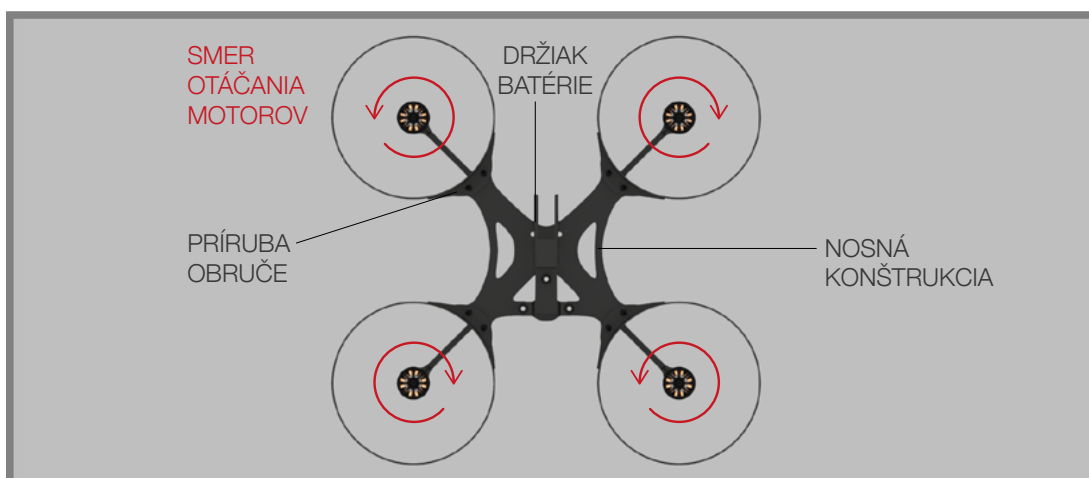
### 6.1 Konštrukčne technologické riešenie

6.1



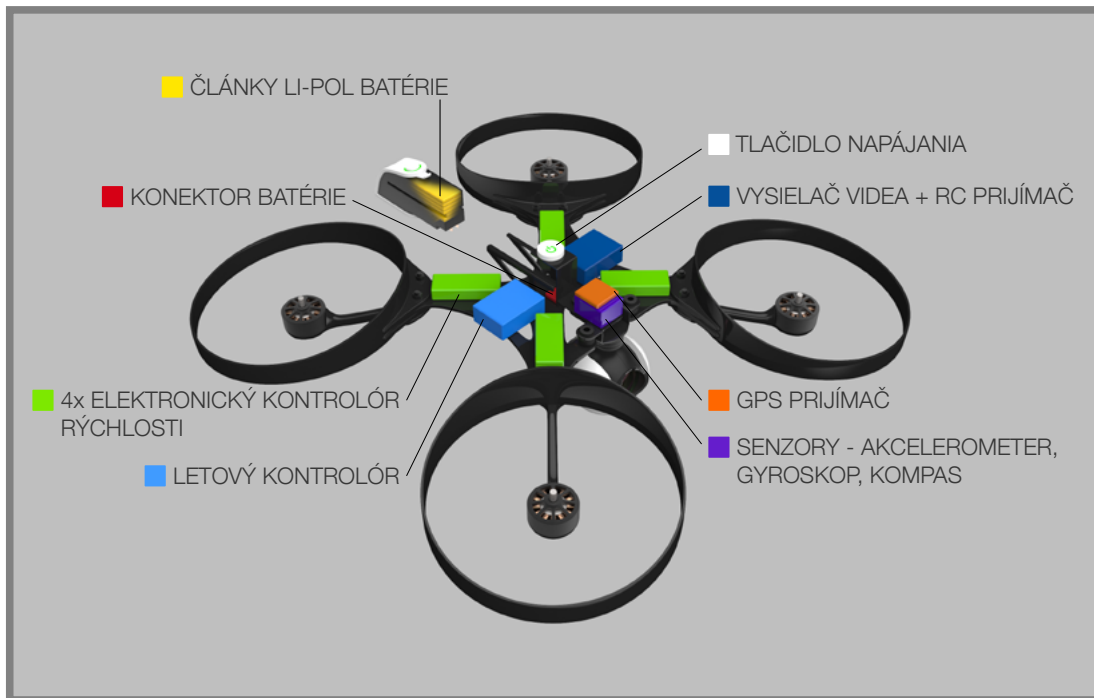
Obr. 6-1 Schéma rozloženia

Hlavným prvkom kvadkoptéry je vnútorná nosná konštrukcia, na ktorú sú pripevnené všetky ostatné diely. Konštrukcia je kvôli zníženiu hmotnosti odľahčená výrezmi. V prednej časti je na konštrukciu pomocou gumových blokov zavesený tlmič vibrácií gimbalu kamery. Šróbovým spojom sú cez príruby na konštrukciu upevnené obruče vrtúľ spolu s ramenami nesúcimi motory. Na celok, ktorý vznikol zošróbovaním, je následne uchytené krytovanie stroja. Kryt centrálnej časti tela kvadkoptéry sa skladá z vrchného a spodného dielu. Vrchný diel má v strede otvor na tlačidlo napájania, ktoré je upevnené na vnútornej konštrukcii kvadkoptéry. Spodný diel je rozdelený na dve polovice v predozadnom smere kvôli zjednodušeniu zostavovania.

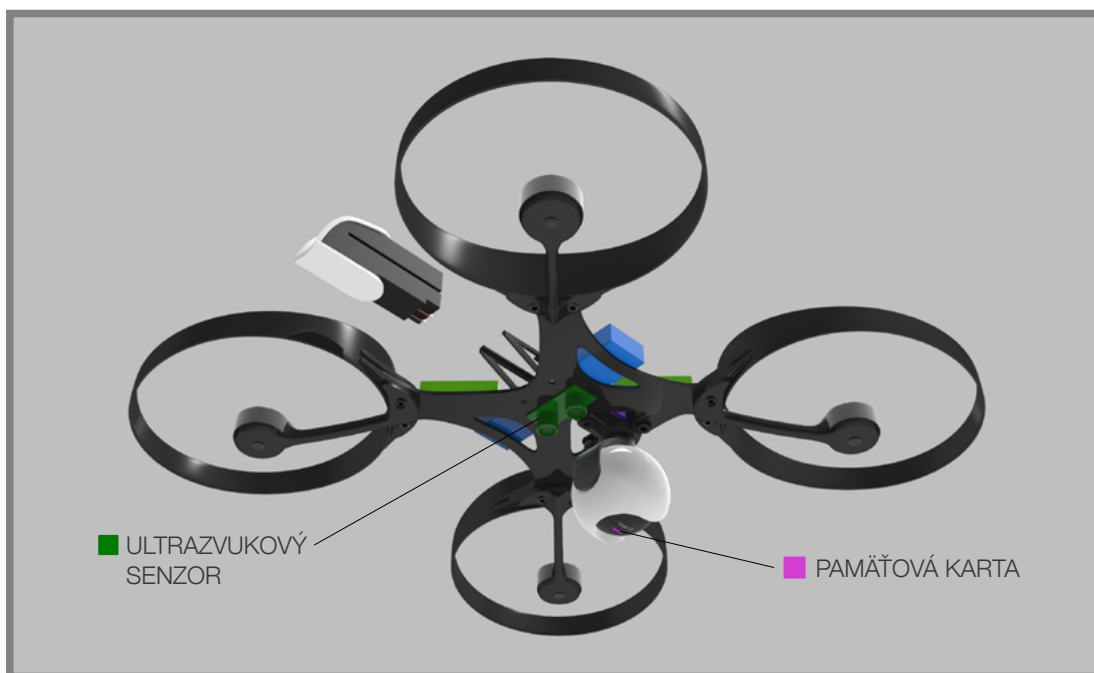


Obr. 6-2 Vnútorná konštrukcia - pohľad zvrchu

Spodný kryt je v strede prišróbovaný na nosnú konštrukciu. Na ochranné obruče vrtúl sú zvrchu nasadené kryty, ktoré sa zacvaknú na obruč a zošrôbujú cez prípravky so spodným krytom (viď Obr. 6-1). Obruče nielen chránia pred zničením vrtule, ale taktiež zvyšujú účinnosť vrtúl. Vrchný kryt centrálnej časti je uchytený len pomocou krytov obručí. Toto spojenie umožňuje celej vonkajšej škrupine pracovať takmer nezávisle na vnútornej konštrukcii, a tým lepšie pohlcovať vibrácie vznikajúce pri lete.



Obr. 6-3 Schéma vnútorného usporiadania - pohľad zvrchu



Obr. 6-4 Schéma vnútorného usporiadania - pohľad zospodu

Ďalším prvkom ktorý pomáha tlmieť vibrácie je uchytenie vrtúľ priamo na rotory motorov bez ďalšieho adaptéra. Vrtule sú uchytené pomocou závitú, ktorý je v opačnom zmysle, ako smer rotácie motorov (viď Obr. 6-2).

Nosné ramená motorov majú v sebe dutinu na káble motorov. Súčasťou nosnej konštrukcie je v zadnej časti držiak batérie a v strede sa nachádza podstavec, na ktorom je situované tlačidlo napájania. Poloha batérie v zadnej časti stroja vyvažuje kameru v prednej časti, ostatné súčiastky sú rozložené v tele symetricky.

Kvôli potrebnému chladeniu vnútorných súčiastok, predovšetkým elektronických kontrolórov rýchlosti, sú vetracie otvory situované aj v smere letu. To umožňuje vzduchu prúdiť cez telo kvadkoptéry, a tým dostatočne ochladzovať vnútro stroja.

### 6.1.1 Materiály

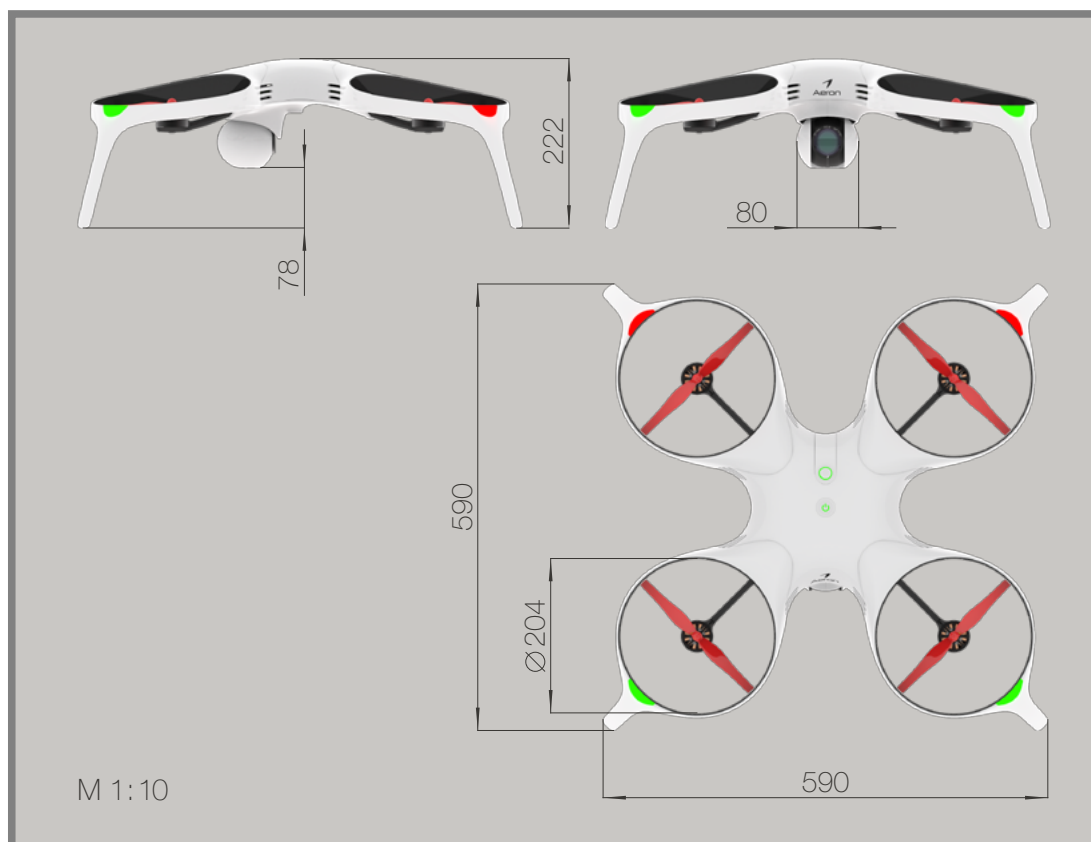
Celá vnútorná konštrukcia a vrtule sú vyrobené z uhlíkového kompozitu. Z tohto istého materiálu sú taktiež ochranné obruče vrtúľ. Tento materiál bol zvolený kvôli svojim vlastnostiam. Je tuhý, dobre tlmí vibrácie a je ľahký. Vonkajšie kryty sú vyrobené z ABS plastu vstrekovaním do formy s lesklým povrchom. Kryt kamery a batérie je taktiež z ABS plastu, ale s matnou povrchovou úpravou.

6.1.1

### 6.1.2 Rozmery

Rozmery kvadkoptéry sa odvíjajú od veľkosti použitých vrtúľ. Vonkajšie rozmery sú 590 mm x 590 mm a výška 222 mm.

6.1.2

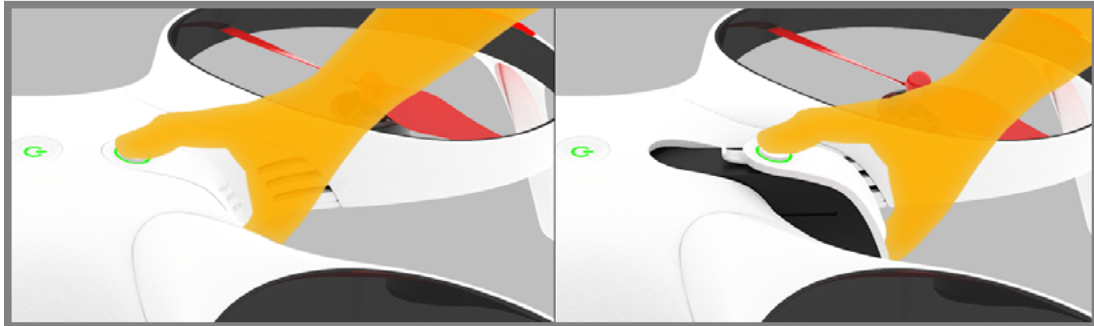


Obr. 6-5 Rozmery kvadkoptéry - kótované pohľady

## 6.2 Ergonomické riešenie

### 6.2.1 Batéria

Prvok s ktorým používateľ najčastejšie manipuluje je batéria. Jej tvar, rozmery a konštrukcia sú prispôsobené úchopu a jednoduchej výmene. Pre výmenu batérie je potrebné stlačiť mechanickú poistku vo vrchnej časti batérie.



Obr. 6-6 Výmena batérie

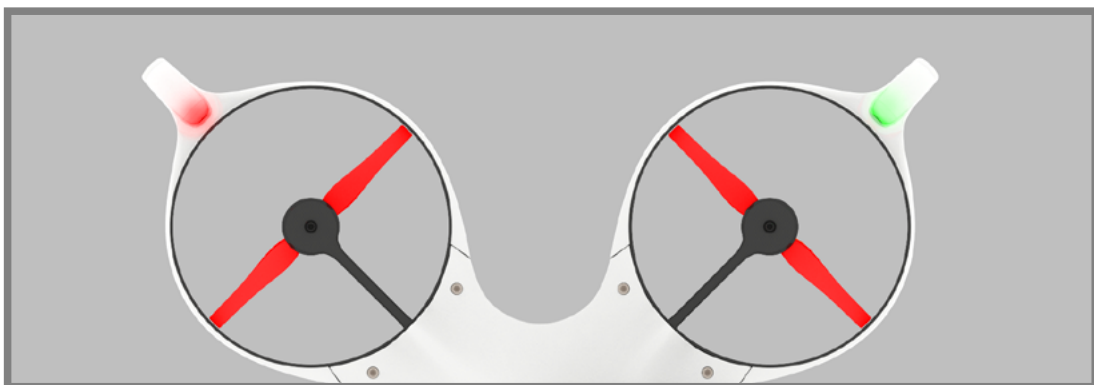
Batéria je taktiež vybavená indikátorom stavu nabitia. Nachádza sa okolo poistného tlačidla a mení farbu od jasne zelenej (plne nabitá) po červenú (vybitá).



Obr. 6-7 Indikátor stavu nabitia batérie

### 6.2.2 Lokalizácia vo vzduchu

Pri lete je dôležité, aby pilot vedel okamžite určiť polohu a smer stroja. Preto je návrh vybavený signalizačnými svetielkami, ktoré sa nachádzajú vo vrchnej časti krytu obručí. Aby pilot nestratil kontakt so zariadením pri prelete ponad neho, sú v krytoch pod svetielkami otvory, ktoré umožňujú svetlu šíriť sa aj smerom nadol pod kvadkoptéru.



Obr. 6-8 Signalizačné svetielka - pohľad zospodu

### 6.2.3 Obsluha a ovládanie

Tlačidlo napájania sa nachádza v najvyššom bode kvadkoptéry, aby mal k nemu užívateľ čo najjednoduchší prístup. Vo vnútri tela sa nachádza konektor micro USB, ktorý slúži na prepojenie s počítačom. Kvadkoptéra je riadená pomocou RC ovládania.

Kamera je vybavená polohovacím zariadením navrhnutým tak, aby zaberal čo najmenší priestor a mal vonkajší tvar gule. Obraz z kamery je v reálnom čase prenášaný cez video vysielateľ a prijímaný modulom v ovládaní. Počas letu je teda možné, napríklad pripojením tabletu, sledovať čo sníma kamera a prispôbiť let a polohu kamery požadovanému záberu. Na pripojenom tablete je tiež možné ovládať niektoré funkcie kvadkoptéry napríklad sledovať stav batérie alebo polohu stroja na mape.



Obr. 6-9 Polohovacie zariadenie kamery - 3-osí gimbal

Kamera ukladá záznam na pamäťovú kartu micro SD, ktorá je umiestnená na spodnej strane kamery. Pri výmene pamäťovej karty sa kamera otočí do polohy objektívom smerom nahor, aby mal užívateľ ku karte priamy prístup spredu.



Obr. 6-10 Poloha kamery pri výmene pamäťovej karty

Pre zlepšenie užívateľského komfortu je kvadkoptéra vybavená autopilotom, ktorý dokáže ovládať bezpečne let bez zásahu človeka. Užívateľ sa teda môže plne sústrediť na polohovanie kamery a záznam videa/fotografií. Kvadkoptéru možno prenášať uchopením za obruč vrtule.

## 7 FAREBNÉ A GRAFICKÉ RIEŠENIE

### 7.1 Farebné riešenie

Zvolená farebná kombinácia vychádza z použitia kvadkoptéry vo vzduchu. Kvôli rýchlej lokalizácii stroja na oblohe je zvolená biela lesklá farba krytov, ktorá dobre odráža svetlo a tým je viditeľná ako za zníženej viditeľnosti, tak aj za jasného dňa. Členené telo dobre vynikne v bielej farbe a tvar je zvýraznený odleskami a tieňmi. Biela farba taktiež vizuálne odľahčuje celkový tvar kvadkoptéry. Bielemu telu kontrastujú čierne ochranné obruče vrtúľ. Nebezpečný prvok, ktorým sú vrtule, je vyhotovený v červenej farbe. Vzbudzujú rešpekt a sú na kvadkoptére dobre viditeľné. Kryt objektívu čiernej matnej farby pomáha pohltiť nežiadúce odrazy svetla. Bielu variantu je možné modifikovať o rôzne sfarbenie vrtúľ.



Obr. 7-1 Finálna varianta - farebné riešenie

Alternatívnou farebnou kombináciou k bielej variante, je inverzná čierno-biela varianta bez červeného akcentu vrtúľ. Toto farebné vyhotovenie však pôsobí statickejšie, ťažkopádnejšie a pripomína hmyz.



Obr. 7-2 Alternatívna farebná kombinácia

## 7.2 Grafické riešenie

Názov kvadkoptéry vychádza zo slov Aero (vzduch, vzdušný) a Dron (bezpilotný letúň). Spojením vznikol názov Aeron, ktorý jednoznačne definuje dané zariadenie. K názvu je navrhnutý logotyp, ktorý je inšpirovaný vtákom pri vzlete. Jeho obrys pri tomto akte je abstrahovaný do finálnej verzie loga. Na obrázku 7-4 sú možnosti použitia loga.



Obr. 7-3 Návrh logotypu - horizontálna a vertikálna verzia

Umiestnenie logotypu na kvadkoptére je v prednej časti nad kamerou, kde je dobre viditeľné, ale zároveň nevzbudzuje zbytočnú pozornosť. Na ubruči objektívu je v jeho vrchnej časti napísaná špecifikácia kamery.



Obr. 7-4 Umiestnenie vertikálnej verzie logotypu na návrhu

Za grafické riešenie možno považovať aj členenie krytov, ktoré svojimi konštrukčnými špárami kontrastujú bielej ploche a podporujú organické prechody medzi jednotlivými dielmi.



## 8 DISKUSIA

### 8.1 Psychologická funkcia

Kvadkoptéra je určená na záznam videa/fotografií, pri tejto činnosti môže prísť do blízkeho kontaktu s ľuďmi, ktorých by mohol nečakaný objekt na oblohe vystrašiť. Hlavným cieľom bolo vytvoriť kompaktné zariadenie, ktoré bude pôsobiť na okolie prívetivo, nie odpudzujúco. Riešením tohto problému je mäkké tvarovanie a zvolená farebná kombinácia. Návrh celkovo nepôsobí agresívne s výnimkou akcentujúcich červených vrtúl. Tento kontrast má upozorniť na nebezpečné miesta kvadkoptéry s cieľom zabránenia poranenia. Obruče vrtúl taktiež chránia okolie pred priamym kontaktom s vrtuľou.

### 8.2 Ekonomická funkcia

Veľkosť kvadkoptéry poskytuje dostatok miesta pre použitie bežných súčiastok používaných v ostatných produktoch, takže nie je potrebné vyvíjať nové komponenty. Tento fakt nenavýšuje zbytočne cenu zariadenia. Výroba krytov technológiou vstrekovania je vo veľkých nákladoch lacná, vysoké sú iba počiatkové výdaje spojené s výrobou foriem a zakúpením strojov.

Dôležitým faktorom na trhu je konkurencieschopnosť produktu. Návrh sa odlišuje od ostatných produktov predovšetkým svojim designom. Pri produktoch s podobnými technickými špecifikáciami vyhráva práve ten, ktorý potenciálneho zákazníka najviac zaujme.

### 8.3 Sociálna funkcia

Produkt je určený pre poloprofesionálov vzhľadom na použitú výbavu a možnosť použitia iba vstavanej kamery. Kvadkoptéry sa stali v poslednej dobe v spoločnosti fenoménom, preto sa dá očakávať dobré prijatie tohto produktu do zatiaľ nepresýteného trhu vyššej cenovej kategórie.

Keďže je väčšina z použitých materiálov ďalej recyklovateľná, nebude ekologický dopad produktu na životné prostredie vážnym problémom.



## 9 ZÁVER

**9**

---

Zadaním bakalárskej práce bol návrh designu bezpilotného letúňa. Na základe úvodnej časti práce bolo možné určiť aktuálne problémy podobných produktov a z nich vyvodit' ciele práce. Hlavným cieľom bolo vytvorenie kompaktného tvaru kvadkoptéry, v ktorej budú zabudované všetky potrebné funkčné časti. Medzi ďalšie ciele patrilo implementovanie polohovacieho zavesenia kamery a jednoducho vymeniteľnej batérie do tela kvadkoptéry.

Finálny návrh naplnil ciele práce a zároveň sa svojim vyhotovením odlišuje od existujúcich produktov. Rešpektuje technické, konštrukčné, ergonomické a estetické požiadavky návrhu, čím sa stáva plnohodnotným konkurentom na trhu.

Ďalším cieľom by mohlo byť vytvorenie funkčného prototypu pre otestovanie schopnosti letu a overenie kvality záznamu kamery.

**ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV**

- [1] First airplane flies. In: *HISTORY* [online]. A+E Networks, 2009 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://www.history.com/this-day-in-history/first-airplane-flies>
- [2] Leonardo da Vinci : The American Institute of Aeronautics and Astronautics. In: *The American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA)* [online]. 2003 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <https://www.aiaa.org/SecondaryTwoColumn.aspx?id=15129>
- [3] SHOSA, Peter. A Brief History of Quadcopters and Multirotors. In: *Eye On Drones* [online]. 2015 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://www.eyedrones.com/brief-history-quadcopters-multirotors/>
- [4] SICILIANO, Bruno a Oussama KHATIB. *Springer handbook of robotics* [online]. Berlin: Springer, 2008 [cit. 2016-04-24]. ISBN 35-402-3957-X. Dostupné z: <https://books.google.cz/books?id=Xpgi5gSuBxsC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- [5] Parrot AR.Drone 2.0 Elite Edition Unveiled With New Camo. *Geeky Gadgets* [online]. 2013 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://www.geeky-gadgets.com/parrot-ar-drone-2-0-elite-edition-unveiled-with-new-camo-05-11-2013/>
- [6] AEE DRONE AP 11. *AEE* [online]. 2015 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://en.aee.com/Drone/Inform.aspx?id=10000489>
- [7] LARDINOIS, Frederic. DJI Announces Two Micro Four Thirds Cameras For Its Inspire 1 Drones. In: *TechCrunch* [online]. 2015 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://techcrunch.com/2015/09/10/dji-launches-two-micro-four-thirds-cameras-for-its-inspire-1-drones/>
- [8] Inspire 1-Vision Positioning System. *DJI Wiki* [online]. 2015 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: [http://wiki.dji.com/en/index.php/Inspire\\_1-Vision\\_Positioning\\_System](http://wiki.dji.com/en/index.php/Inspire_1-Vision_Positioning_System)
- [9] *DJI* [online]. 2016 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://www.dji.com/>
- [10] *AEE* [online]. 2015 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://en.aee.com/>
- [11] *Parrot* [online]. 2015 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://ardrone2.parrot.com/>
- [12] Quadcopter. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Quadcopter>
- [13] REBLEWSKI, Frederic. Small UAV Design and Application talk at Carnegie Mellon's Silicon Valley campus. In: *DIY Drones* [online]. 2011 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://diydrones.com/profiles/blogs/small-uav-design-and>
- [14] STEPHENS, Ric. Drone typology. In: *DIY Drones* [online]. 2015 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://diydrones.com/photo/drone-typology?context=latest>
- [15] An Eye in the Sky, Accessible to the Hobbyist. In: *The New York Times* [online]. 2014 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: [http://www.nytimes.com/2014/09/11/technology/personaltech/a-teardown-of-the-phantom-2-vision-plus-drone-from-dji.html?\\_r=0](http://www.nytimes.com/2014/09/11/technology/personaltech/a-teardown-of-the-phantom-2-vision-plus-drone-from-dji.html?_r=0)
- [16] Drone design: An electronics designer's point of view Part one. In: *EDN* [online]. 2014 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://www.edn.com/design/analog/4429404/Drone-design--An-electronics-designer-s-point-of-view-Part-one>

- [17] Build A Quadcopter From Scratch – Hardware Overview. *Oscar Liang* [online]. 2015 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <https://oscarliang.com/build-a-quadcopter-beginners-tutorial-1/>

## **ZOZNAM OBRÁZKOV A GRAFOV**

<b>Obr. 2-1</b> Leonardo da Vinci - Aerial Screw [2]	17
<b>Obr. 2-2</b> Oemichen No.2 [3]	18
<b>Obr. 2-3</b> Parrot AR Drone 2.0 Elite Edition [5]	19
<b>Obr. 2-4</b> AEE Toruk AP11 [6]	19
<b>Obr. 2-5</b> DJI Inspire 1 Pro [7]	20
<b>Obr. 2-6</b> UAV - pevné krídla s horizontálnym pohonom [13]	22
<b>Obr. 2-7</b> Typológia helikoptér [14]	23
<b>Obr. 2-8</b> Princíp letu kvadkoptér [12]	24
<b>Obr. 2-9</b> Vnútorná konštrukcia kvadkoptéry - DJI Phantom 2 [15]	24
<b>Obr. 4-1</b> Varianta 1 - pohľad zospodu	27
<b>Obr. 4-2</b> Varianta 1 - pohľad zvrchu	27
<b>Obr. 4-3</b> Varianta 2 - pohľad zospodu	28
<b>Obr. 4-4</b> Varianta 2 - pohľad zvrchu	28
<b>Obr. 4-5</b> Varianta 3 - pohľad zospodu	29
<b>Obr. 4-6</b> Varianta 3 - pohľad zvrchu	29
<b>Obr. 4-7</b> Finálna varianta - pohľad zvrchu	30
<b>Obr. 4-8</b> Finálna varianta - pohľad zľava	30
<b>Obr. 5-1</b> Tvarové riešenie - pohľad zvrchu	31
<b>Obr. 5-2</b> Tvarové riešenie - pohľad spredu a sprava	31
<b>Obr. 5-3</b> Tvarové riešenie - pohľad zospodu	32
<b>Obr. 6-1</b> Schéma rozloženia	33
<b>Obr. 6-2</b> Vnútorná konštrukcia - pohľad zvrchu	33
<b>Obr. 6-3</b> Schéma vnútorného usporiadania - pohľad zvrchu	34
<b>Obr. 6-4</b> Schéma vnútorného usporiadania - pohľad zospodu	34
<b>Obr. 6-5</b> Rozmery kvadkoptéry - kótované pohľady	35
<b>Obr. 6-6</b> Výmena batérie	36
<b>Obr. 6-7</b> Indikátor stavu nabitia batérie	36
<b>Obr. 6-8</b> Signalizačné svetielka - pohľad zospodu	36
<b>Obr. 6-9</b> Polohovacie zariadenie kamery - 3-osí gimbal	37
<b>Obr. 6-10</b> Poloha kamery pri výmene pamäťovej karty	37
<b>Obr. 7-1</b> Finálna varianta - farebné riešenie	38
<b>Obr. 7-2</b> Alternatívna farebná kombinácia	38
<b>Obr. 7-3</b> Návrh logotypu - horizontálna a vertikálna verzia	39
<b>Obr. 7-4</b> Umiestnenie vertikálnej verzie logotypu na návrhu	39

## **ZOZNAM PRÍLOH**

---

Zmenšený poster (A4)  
Fotografie modelu (A4)  
Plagát A1  
Konceptný model M 1:1

## ZMENŠENÝ POSTER



**Aeron**  
Design bezpilotného letúňa





Hlavným cieľom návrhu bolo vytvorenie kompaktného tvaru tela kvadrokoptéry, v ktorom budú zabudované všetky súčasti potrebné pre let. Medzi ďalšie priority patrilo implementovanie 3-osého gimbalu kamery a taktiež dobre prístupnej, jednoducho vymeniteľnej batérie. Všetky časti sú navrhnuté tak, aby nenarušali celkové tvarovanie stroja a zároveň plnili svoju funkciu. Výsledkom práce je kvadrokoptéra určená na záznam videa alebo fotografií vhodná svojou výbavou pre poloprofesionálov.







M 1:5



- ČLÁNKY LI-POL BATÉRIE
- TLAČIDLO NAPÁJANIA
- KONEKTOR BATÉRIE
- VYSIELAČ VIDEO + RC PRUJMAČ
- 4x ELEKTRONICKÝ KONTROLÓR RÝCHLOSTI
- GPS PRUJMAČ
- LETOVÝ KONTROLÓR - CPU
- SENZORY - AKCELEROMETER, GYROSKOP, KOMPAS



**Ústav**  
konstruování

PRÁVIL LUPITÁK, 06/2016  
 téma bakalárskej práce: Design bezpilotného letounu  
 vedúca práce doc. akad. soch. Ladislav Klonek, ArtD.  
 Vyšoké učení technické v Brně, Fakulta strojího inženýrství  
 Ústav konstruování, Odbor průmyslového designu.



odbor  
průmyslového  
designu



**FOTOGRAFIE MODELU**

