



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 UAV PRO CIVILNÍ A KOMERČNÍ ÚČELY

UAV DESIGN FOR CIVIL AND COMMERCIAL PURPOSES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Simona Linhartová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Arnošt Vespalec

BRNO 2021

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav konstruování
Studentka:	Simona Linhartová
Studijní program:	Aplikované vědy v inženýrství
Studijní obor:	Průmyslový design ve strojírenství
Vedoucí práce:	Ing. Arnošt Vespalec
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:

Design UAV pro civilní a komerční účely

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

UAV (drony) jsou v dnešní době často skloňované pro své budoucí využití k různým účelům v civilní a komerční sféře. Současná zařízení však mají svá omezení, která se týkají obecně rozměrů, akčního rádiusu, nosnosti a bezpečnosti.

Typ práce: vývojová – designérská

Cíle bakalářské práce:

Hlavním cílem práce je koncepční design UAV zejména sloužící pro civilní a komerční účely. Koncepční řešení musí respektovat technické zákonitosti a definované cíle vyvozené studentem v rešeršní části.

Díličí cíle bakalářské práce:

- rešerše dostupných UAV systémů pro civilní a komerční účely,
- identifikace parametrů UAV,
- koncepční návrh zvoleného řešení.

Požadované výstupy: průvodní zpráva, sumarizační poster.

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

Časový plán, struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

<http://www.ustavkonstruovani.cz/texty/bakalarske-studium-ukonceni/>

Seznam doporučené literatury:

LIDWELL, William, Kritina HOLDEN a Jill BUTLER. Univerzální principy designu: 125 způsobů jak zvýšit použitelnost a přitažlivost a ovlivnit vnímání designu. Brno: Computer Press, 2011. ISBN 978-80-251-3540-2.

FRANCE, Anna Kaziunas, Kritina HOLDEN a Jill BUTLER. Make: 3D printing. Sebastopol: Maker Media, 2013. ISBN 978-145-7182-938.

LIDWELL, William a Gerry MANACSA. Deconstructing product design: exploring the form, function, usability, sustainability, and commercial success of 100 amazing products. Beverly: Rockport Publishers, c2009. ISBN 9781592533459.

MORRIS, Richard. The fundamentals of product design. Lausanne: AVA, c2009. ISBN 978-2-9403-3-17-8.

EISSEN, Koos a Roselien STEUR. Sketching: the basics. 4th print. Amsterdam: BIS Publishers, 2013. ISBN 978-90-6369-253-7.

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

V Brně, dne

L. S.

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

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

ABSTRAKT

Tématem této bakalářské práce je design UAV určeného pro komerční a civilní účely. Hlavním cílem je navrhnout dron s kompaktním vzhledem a uživatelsky přívětivým tvarováním, který bude splňovat potřebné technické a ergonomické požadavky a bude vhodný pro profesionální použití. Práce zahrnuje současný stav poznání s designéřskou a technickou analýzou, která čtenáře seznámí s aktuální problematikou UAV.

KLÍČOVÁ SLOVA

Dron, UAV, let, kamera, výměnná baterie, kompaktnost, design.

ABSTRACT

The topic of this bachelor thesis is design of an UAV suited for commercial and civil use. The goal is to create a drone with compact looks and user-friendly composition that fulfils ergonomic and technical needs in compliance with professional use. The thesis includes the state of the art in the field, design and technical analysis that shall present the reader to contemporary issues in the field of UAV.

KEYWORDS

Drone, UAV, flight, camera, exchangeable battery, compactness, design.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

LINHARTOVÁ, Simona. Design UAV pro civilní a komerční účely [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-05-20]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/132787>.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav konstruování. Vedoucí práce Arnošt Vespalec.

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych chtěla poděkovat mému vedoucímu práce panu Ing. Arnoštu Vespalcovi, za jeho cenné rady, připomínky a podněty při zpracovávání mé bakalářské práce. Dále vyučujícím, se kterými jsem měla možnost práci konzultovat. V neposlední řadě bych ráda poděkovala své rodině a přátelům za jejich podporu a trpělivost.

PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE

Prohlašuji, že bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně, pod odborným vedením Ing. Arnošta Vespalce. Současně prohlašuji, že všechny zdroje obrazových a textových informací, ze kterých jsem čerpal, jsou řádně citovány v seznamu použitých zdrojů.

V Brně dne 20.5.2021

.....

Podpis autora

OBSAH

1	ÚVOD	13
2	PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	14
2.1	Designérská analýza	14
2.1.1	Historie bezpilotních letounů	14
2.1.2	Příklady současných dronů	15
2.2	Technická analýza	21
2.2.1	Kategorizace dronů	21
2.2.2	Princip letu dronu	23
2.2.3	Konstrukce a materiál	24
2.2.4	Součásti dronu	25
2.2.5	Baterie	27
2.2.6	Senzory a přijímače	28
2.2.7	Podvěsné zařízení – kamera	29
3	ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE	30
3.1	Analýza problému	30
3.2	Analýza, interpretace a zhodnocení poznatků z rešerše	30
3.3	Cíl práce	31
3.4	Cílová skupina	31
3.5	Základní parametry a legislativní omezení	32
3.6	Použité výrobní technologie, možný trh a cena	32
4	VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU	33
4.1	Varianta I	34
4.2	Varianta II	35
4.3	Varianta III	36
4.4	Zhodnocení variant	37
5	TVAROVÉ ŘEŠENÍ	38
5.1	Tvarování těla dronu	38
5.2	Kamerový systém	39
5.3	Výměnná baterie	39
5.4	Podvozková část	40

5.5	Vrtule	40
6	KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ	41
6.1	Popis	41
6.2	Rozměrové řešení	42
6.3	Vnitřní mechanismy a komponenty	43
6.4	Materiálové řešení	44
6.5	Technologie	44
6.6	Ergonomie	44
6.7	Bezpečnost a hygiena	47
6.8	Udržitelnost	47
7	BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ	48
7.1	Barevné řešení	48
7.2	Grafické řešení	50
7.2.1	Stav kapacity výměnné baterie	50
7.2.2	Způsob osvětlení	51
7.2.3	Logotyp	52
8	DISKUZE	53
8.1	Psychologická funkce	53
8.2	Sociální funkce	53
8.3	Ekonomická funkce	54
9	ZÁVĚR	55
10	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	56
11	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	59
12	SEZNAM OBRÁZKŮ	60
13	SEZNAM PŘÍLOH	62

1 ÚVOD

Dron, neboli bezpilotní letadlo, se označuje také jako UAV. Tento název pochází z anglického Unmanned Aerial Vehicle a jedná se o synonymum k termínům předchozím. Dron se definuje jako zařízení schopné letu bez lidské posádky na palubě. Používají se k osobním potřebám, v řadě profesí, ale také pro civilní účely. Mají širokou řadu uplatnění, mohou se využít pro přepravu, fotografování, monitorování, ochranu, hlášení událostí nebo čistě pro zábavu.

Tato bakalářská práce se věnuje návrhu dronu určeného pro civilní nebo komerční účely. Jeho uplatnění by pak bylo možné v odvětvích jako jsou zemědělství, průmysl, zdravotnictví nebo průzkum oceánů z ptáčích perspektivy.

Dron musí být navržen s ohledem na základní klasifikaci do různých kategorií podle hmotnosti. Zvolená kategorie pak udává hranice, kterými práce dále směřuje. Drony pro civilní a komerční účely se pohybují od 5 do 25 kg a skládají se ze čtyř, šesti nebo až osmi vrtulí. Jejich nedílnou součástí je zabudovaná kamera či systém na její přichycení a zajištěný prostor pro umístění výměnné baterie.

Ve své bakalářské práci se budu v první řadě věnovat seznámení s problematikou dronů a aktuální situací na trhu pomocí současného stavu poznání. Cílem práce je navrhnout dron s uživatelsky přívětivým designem, který bude splňovat všechny technické a ergonomické požadavky, které jsou na drony kladeny. Dron bude schopný vykonávat úkony jako natáčení a fotografování, které se od něj během letu očekávají.

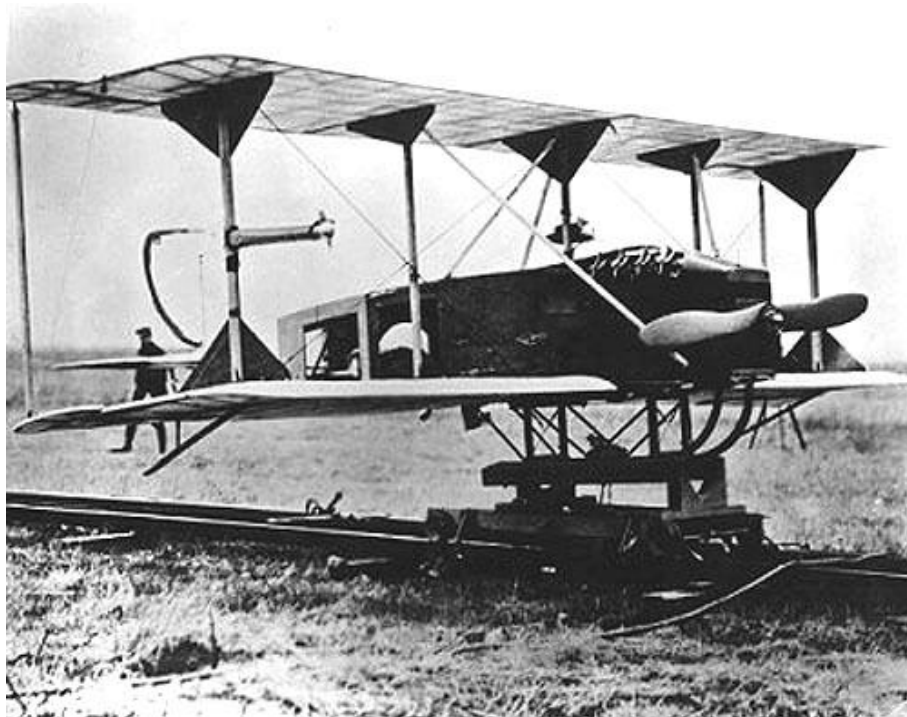
2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

Tato kapitola pojednává o současném stavu poznání z hlediska designérské analýzy, která se zabývá historií a představuje aktuální drony na trhu. Dále z technické části, ve které je obsažen popis bezpilotních letounů a jejich konstrukční řešení.

2.1 Designérská analýza

2.1.1 Historie bezpilotních letounů

První letoun na bázi současného dronu vzletěl před více než sto lety. V roce 1916 jej zkonstruovali v USA a pojmenovali ho Aerial Target. Vývoj dronů byl iniciován především v oblasti vojenství, kde šlo o ušetření lidských životů při průzkumných nebo bojových operacích. V první světové válce se využívaly hlavně na pořizování leteckých snímků, zatímco v druhé světové válce už byly využívány také jako zbraně, například obsahovaly střely vzduch-země. Velkého rozmachu i mimo vojenské využití se drony dostaly v 80. a 90. letech 20. století, kdy se díky technologickému pokroku rozšířily i do sféry civilní. [1]



Obr. 2-1 Aerial Target [2]

2.1.2 Příklady současných dronů

Současný trh nabízí širokou řadu dronů různých druhů, funkcí i velikostí. Tato kapitola představuje několik příkladů UAV z oblasti využití pro civilní a komerční účely. Dále poukazuje na různé typově odlišné bezpilotní letouny.

Dron DJI Phantom 4 RTK

Dron se využívá pro profesionální účely jako například vytváření fotografií pro tvorbu map. Hmotnost letounu je 1,4 kg a řadí se do kategorie C2. Doba letu je zhruba 30 minut. Cena modelu se pohybuje kolem 150 000 Kč. [3]

Na první pohled má Dron DJI Phantom centrální uspořádání komponent, kde nosný rám konstrukce je v podobě robustního vnějšího pláště. Forma tvaru vnějšího pláště má organický charakter s přesahem do podvozkové části. Výhodou tohoto přístupu je úplné krytí vnitřních komponent a částečné krytí motorů, konektorových vstupů a podvěsného zařízení. Dron tak vizuálně působí i přes tvarovou komplikovanost a robustnost kompaktně a čistě. Robustnost dronu pak opticky zjemňuje aplikace bílé barvy, která působí lehce a vzdušně. Bílá barva se využívá jako barva čistoty, bezpečí a positivity, které jsou na modelu dronu žádoucí. [4]



Obr. 2-2 Dron DJI Phantom 4 RTK [3]

Dron DJI Matrice 210 RTK V2

Tento model kvadrokoptéry je určený pro profesionální účely v zemědělství a průmyslu. Používá se k úkonům jako jsou například monitorování staveb. Jedná se o dron s velkou vzletovou hmotností, ke konstrukci se může připojit přes kilogram dodatečné zátěže. Tento dron nabízí variabilní připojení gimbálu, tudíž je možné nainstalovat z jedné strany až 2 stabilizátory zároveň. Jeho hmotnost je necelých 5 kg. Maximální rychlost je okolo 80 km/h a maximální doba letu přes 30 minut. [5]

Čtyři vrtule a dvě antény jsou umístěny na štíhlých dlouhých ramenech připevněných k tělu dronu. Kamera se dá uchytit nad i pod tělem letounu. Pokud se umístí ve spodní části, je důležité mít na dronu podvozek, který v první řadě umožňuje přistávání, ale má také funkci ochranného rámu pro podvěsné zařízení v podobě kamery. Podvozek je řešen podobně jako u helikoptér – zjednodušenou podobou ližin. Na tento model kvadrokoptéry byla použita černá barva, která může působit elegantně, ale také temně. [4]



Obr. 2-3 Dron DJI Matrice 210 RTK V2 [5]

Dron DJI Mavic 2 PRO

Tento model UAV se řadí mezi špičku z oblasti dronů pro neprofesionální uživatele. Oproti profesionálním letounům se liší především velikostí a odvíjející se cenou, která nepřevyšuje 50 000 Kč. Jeho hmotnost je pouze 0,9 kg a tím se řadí do kategorie C1. Z hlediska použitého technického vybavení a kamer se profesionálním dronům velmi podobá. Baterie vydrží až 31 minut při letu rychlostí 72 km/h. [6]

Praktická z hlediska aerodynamiky letounu je zabudovaná kamera, která příznivě působí i na vzhledovou jednodušnost modelu. Ramena jsou k tělu připevněna klasickým způsobem, který tvoří profil písmene X. Místo použití podvozku má každé rameno pod částí vrtule na spodní části výběžek určený k přistávání dronu. Letoun je zbarvený do odstínu šedé, která působí neutrálně, jednoduše a klidně. [4]



Obr. 2-4 Dron DJI Mavic 2 PRO [6]

Dron INSPIRE 2 RAW

Dron byl vyvinut především pro natáčení v profesionálním filmovém prostředí. Dokáže letět maximální rychlostí až 108 km/h. Díky systému dvojích akumulátorů je maximální doba letu 27 minut. Cena tohoto letounu se pohybuje kolem 80 000 Kč. [7]

Z těla dronu vychází pouze dvě ramena, která se následně člení dál a tvoří ze sebe konstrukci ve tvaru písmene H. Použité řešení tvarování ramen snižuje hmotnost a tím zvyšuje dobu pohybování se letounu ve vzduchu. Dalším prvkem zajišťujícím regulaci hmotnosti a snížení počtu komponent je integrace podvozku do ramen. Ramena jsou multifunkční a pohyblivá, dá se s nimi naklánět nahoru pro nejlepší letové podmínky a při přistávání zase dolů. Dron disponuje barevnou kombinací šedého těla s černými rameny a vrtulemi.



Obr. 2-5 Dron INSPIRE 2 RAW [7]

Dron DJI Matrice 600 Pro

Tento model hexakoptéry, neboli dron se šesti vrtulemi, je určený pro profesionální letecké snímkování. Více vrtulí se projeví na velké nosnosti letounu, která dosahuje až 6 kg, při hmotnosti samotného letounu necelých 10 kg. Maximální doba letu je přes 30 minut, s plným zatížením se čas ale krátí až na polovinu. Letoun dokáže ve vzduchu vyvinout rychlost až 65 km/h. [8]

Multikoptéra disponuje skládacími rameny a samo zatahovacím podvozkem. To umožňuje nerušený 360° rozhled kamery. V těle dronu se vyskytuje 6 baterií, tyto akumulátory se automaticky ovládají dálkově. Z horní části těla dronu vychází 3 antény určené ke komunikaci a ovládání letounu. Černá barva použitá na celém modelu je ozvláštňena detaily červené, jejíž jednou z funkcí je rozlišit přední a zadní část dronu.



Obr. 2-6 Dron DJI Matrice 600 PRO [8]

Dron X8-M S PIX4DMAPPER PRO

Dron je určený pro vytváření leteckých map ve vysokém rozlišení. Jeho konstrukce je vhodná pro práci i v náročném terénu, díky možnosti přistání a vzletu i ve velmi těsných místech. Letoun váží 3,5 kg. Letový čas je okolo 14 minut, za tento čas je schopný fotografovat plochu až 25 akrů. Cena modelu se pohybuje okolo 350 000 Kč. [9]

Vrtule se nachází z horní i spodní části na konci ramene, z toho důvodu výběžky určené na přistávání jsou připevněné k ramenům blíže k tělu dronu. Ramena jsou profilované a dron má kompaktní centrální uspořádání komponent. Celý letoun je tvarovaný spíše do jednoduchých ostrých tvarů a anténa s podvěsným zařízením nepůsobí vůči zbytku příliš kompaktně. Sjednoceně nepůsobí použití barev, které ve výsledném dojmu může působit přehledněji při létání pro rozlišení různých vrtulí, ovšem celkový dojem jednotlosti dronu to spíše rozbíjí.



Obr. 2-7 Dron X8-M S PIX4DMAPPER PRO [9]

PowerEgg X

Tento model byl vyvinut ve společnosti PowerVision Robot a jedná se o kombinaci ruční kamery a autonomního dronu. Základním tvarem je bílá koule připomínající tvar vajíčka, která zároveň tvoří tělo dronu i kamery. Do režimu bezpilotního letounu se zařízení dostane manipulací s nastavitelnými rameny a vrtulemi. Tomuto modelu neschází ani technologie gimbal, díky které je schopný natáčet stabilní video po dobu letu dlouhého až 30 minut. Na dronu se nachází příslušenství, které umožňuje přistání na vodě. [10]



Obr. 2-8 PowerEgg X [10]

Dron Parrot Disco

Tento model spadá mezi drony, které díky své konstrukci mohou připomínat letadlo. Tento dron se vzhledem k jeho konstrukci nedokáže vznášet na místě, což je jistou nevýhodou v porovnání s jinými vrtulovými letouny (jako jsou např. kvadrokoptéry). Značnou výhodou je však rychlost dosahující až 80 km/h. Dron se skládá z pevných křídel a pouze jedné vrtule umístěné v zadní části. V přední části letounu (tzv. „čumáku“) má zabudovanou vestavěnou kameru. Celý model je tvořený kontrastní kombinací černé a bílé barvy. [11]



Obr. 2-9 Dron Parrot Disco [11]

Vzducholoď RHAEGAL Sabrewing

Jedná se o prototyp bezpilotního letounu na bázi vzducholoďe, který je v současné době vytvořený pouze v měřítku 1:8 a testují se na něm letové vlastnosti. Využití této vzducholoďe by bylo především v krizových situacích pro doplňování zásob, potenciální evakuaci, nebo dopravu komerčního nákladu do míst, která nejsou dostupná pro pozemskou dopravu. Model se vyznačuje velmi kompaktním tvarováním základního těla pouze s přídatnými křídly a čtyřmi vertikálně uloženými vrtulemi v ochranné konstrukci. [12]



Obr. 2-10 Vzducholoď RHAEGAL Sabrewing [12]

Dron EHANG 184 AAV

Tato kvadroptéra je určena pro přepravu jedné osoby. Stále se jedná o dron, jelikož řízení letounu je zajištěno bezpilotně. Dron dokáže letět rychlostí až 96 km/h a doba letu se pohybuje okolo 20 minut v závislosti na rychlosti a povětrnostních podmínkách. Hmotnost samotného letounu činí 200 kg. Hlavním tvarovým prvkem kvadroptéry je poloprůhledný prostor určený na přepravu pasažéra, který se nachází nad těžištěm letounu. Z těla dronu vychází podvozek, který má ideální výšku umožňující jednoduchý nástup pasažéra do letounu. [13]



Obr. 2-11 Dron EHANG 184 AAV [13]

2.2 Technická analýza

Tato kapitola se zabývá podstatnými informacemi o dronech, z čeho se skládají, jak se dělí a také jak fungují.

2.2.1 Kategorizace dronů

Využití dronů

Přestože původní používání bezpilotních letounů nepřesahovalo do jiného než vojenského odvětví, nyní je jejich využívání rozšířeno natolik, že vlastní dron si může pořídit téměř každý. Základní rozdělení letounů ovšem zůstává podle jejich účelu na vojenské a civilní. Mezi civilní patří kategorie pro zábavu i profesionální práci. Drony se v současné době využívají ve spoustě různých odvětví – pro rekreační účely nebo komerční využití. Pro komerční a civilní účely se používají v zemědělství, zdravotnictví, průmyslu, archeologii, průzkumu oceánu nebo například pro dálkový monitoring (viz obr. 2-2). [14] [15]

UAV lze rozdělit do funkčních kategorií, přesto se čím dál více využívají letouny multifunkční. Klasifikace dronů je následující:

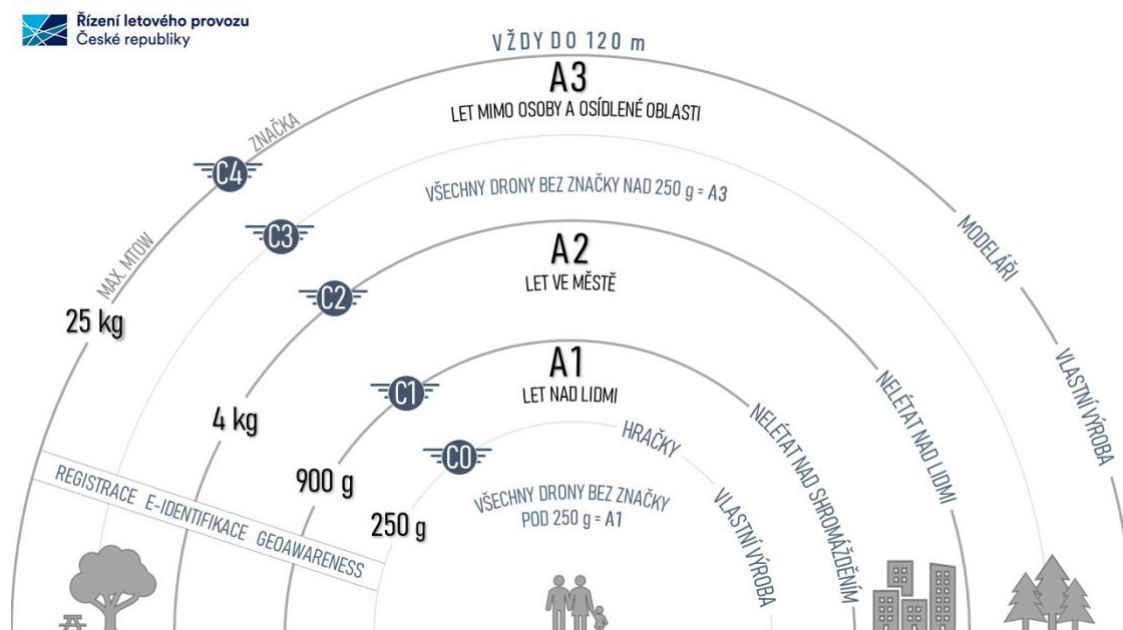
- „Cíle a návnady – poskytují pozemní a vzdušné cíle simulující nepřátelské letadla nebo střely
- Průzkumné – poskytující informace o bojišti
- Bojové – schopné útoku ve velmi rizikových misích
- Logistické – UAV speciálně navržené pro logistické účely
- Výzkumné a vývojové – používané k dalšímu vývoji UAV technologií
- Civilní a komerční – UAV speciálně navržené pro civilní nebo komerční aplikace“ [16]



Obr. 2-12 schéma použití civilních a komerčních dronů [15]

Hmotnost dronů

Jedním z hlavních kritérií pro dělení dronů je z hlediska jejich hmotnosti. Čím je dron těžší, tím může být i nebezpečnější, a proto vznikají omezení pro létání, které například zakazují od určité hmotnosti létat nad lidmi. Celkovou hmotnost nejvíce ovlivňují nejtěžší části dronu – rám, motory, baterie a podvěsné zařízení. Hmotnosti některých komponent lze ovlivnit více než jiných, ale vždy je snaha dosáhnout hmotnosti co nejnižší a tím zvýšit celkovou dobu letu. [17] [18]



Obr. 2-13 infografika pravidel létání s drony [17]

Ve světě existují 4 kategorie, které jsou definované podle hmotnosti dronů. Lehké drony (do 5 kg) disponují velkou rychlostí a manévrovatelností díky jejich nízké hmotnosti. Drony střední hmotnosti (5–200 kg) jsou obvykle určené pro profesionální fotografování a natáčení videí. Těžké drony (200–2000 kg) jsou využívány pro přepravu nákladů, avšak velká hmotnost se projevuje horším ovládním letounu. Poslední kategorií jsou super těžké drony (nad 2000 kg), které jsou využívány pouze pro vojenské účely. [19]

Pro provoz dronů jsou nově v evropské legislativě zavedené kategorie Open, Specific a Certified. Jedná se o registrované skupiny platné ve všech zemích Evropské unie včetně ČR. Specifická kategorie (Specific) zahrnuje bezpilotní letouny s hmotností nad 25 kg, jež nelze zařadit do kategorie Open. Certifikovaná kategorie (Certified) byla zavedena s ohledem na budoucnost, kdy bezpilotní systémy budou schopné přepravovat osoby i objemné náklady. [20] [21]

V České republice je nejrozšířenější Otevřená kategorie (Open), která se dělí na podkategorie A1, A2 a A3. Do těchto podkategorií spadá 5 hmotnostních tříd, které se značí C0 až C4. Drony se vyrábí cíleně do určité kategorie a jejich váha je pro uživatele obvykle zásadní. [20] [21]

Třídy dronů dle hmotnosti:

- C0 – do 250 g
- C1 – do 900 g, povinné varování při nízkém stavu baterie dronu
- C2 – do 4 kg, vybavené světly pro účely lepší orientace a dobré viditelnosti v noci
- C3 a C4 – do 25 kg, modely C4 bez možnosti autonomního řízení [20]

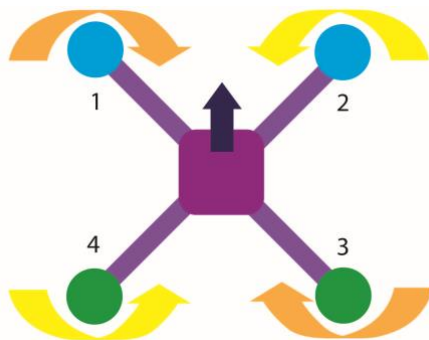
2.2.2 Princip letu dronu

Drony nejsou schopny kontrolovaného letu bez počítačové stabilizace. Oproti letadlu a vrtulníku, by se dron bez neustále kontroly a korekcí chodu motorů zřítíl. Každý dron má řídicí jednotku, která komunikuje se zabudovanými senzory (akcelerometry a gyroskopy – viz kap. 2.6.6.), které analyzují stav dronu. Na základě vyhodnocení informací upravuje řídicí jednotka chod motorů, které umožňují řízený let dronu. Manipulace v různých směrech je zajištěna změnami otáček vrtulí. Drony mohou mít od tří až po osm vrtulí, obecně pro ně při létání platí, že s méně vrtulemi dosahují lepší obratnosti, a naopak více vrtulí dodává dronu větší spolehlivost a stabilitu. [22] [23]

Standartní rychlost dronu je okolo 50 km/h. Profesionální drony pak dokážou létat až okolo 100 km/h. Rychlost závisí na konstrukčním řešení dronu, ale také na dodatečném zatížení. Pokud je na letoun připevněná externí kamera, kryt vrtulí, nebo jiné zařízení, jejich rychlost klesá. U dronů se zohledňuje i rychlost stoupání, ta se pohybuje okolo 8–10 m/s. [24]

Let dronu je zajištěn ovládním, které může být autonomní nebo dálkové. Autonomního ovládní využívají drony především v armádě, díky kterému jsou schopny automaticky plnit zadané úkoly. Rozšířenější přístup ovládní je pomocí dálkového ovladače, kdy operátor dron ovládá přes příkazy skrz radiové vlny. Dron by měl stále létat ve viditelné vzdálenosti od ovládající osoby, obvykle vzdálený maximálně 1 až 2 km. Profesionální drony se ovšem pohybují ve vzdálenosti až 10 km od ovládacího zařízení. [24]

U kvadrokoptéry platí, že při letu se vždy stejným směrem točí protilehlé vrtule. Vrtule vedle sebe se tedy točí směrem opačným. Zrychlováním a zpomalováním točení vrtulí se reguluje stoupání a klesání (viz obr. 2.14). [22]



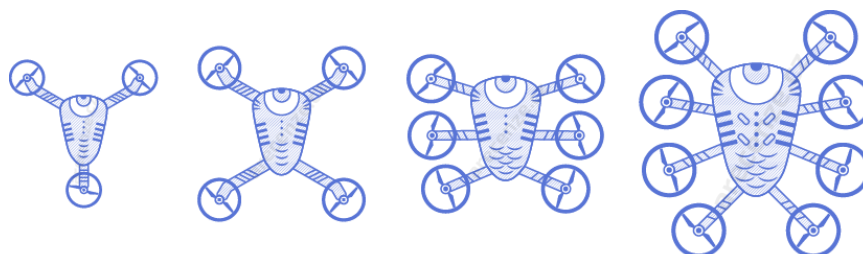
Obr. 2-14 schéma letu kvadrokoptéry [22] – upraveno autorem

2.2.3 Konstrukce a materiál

U dronů rozlišujeme různé druhy konstrukce, ze které se jejich tělo skládá. Některé mají křídlo a tvar těla se příliš neliší od vzhledu letadla, jiné se skládají z rámu a vrtulí, které drží letoun ve vzduchu a udávají směr letu. Mezi bezpilotní letouny se mohou zařadit také vzducholodě, které se využívají pro jejich přednosti jako je tichý let, úsporný elektromotor a menší znečištění ovzduší v porovnání s jinými leteckými prostředky. Nejčastější variantou však zůstává konstrukce těla rámu s rameny a vrtulemi. [14]

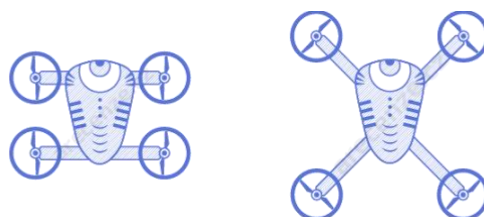
Hlavní část dronu tvoří rám konstrukce, který se může skládat z jednoho nebo více kusů. Rám může být tvořen samonosnou konstrukcí, avšak častěji se setkáme s variantou, kdy nosný rám a plášť vnější rámové konstrukce jsou tvořeny zvlášť. Rámy existují v různých tvarech, velikostech a důležitou roli hraje materiál, ze kterého je rám vyroben. [25]

Rám tvoří různě dlouhá a tvarovaná ramena, na nichž jsou připevněné elektromotory a na hřídelích motorů vrtule. Podle počtu vrtulí lze drony rozdělit na trikopty, kvadrokopty, hexakopty a oktokopty. Trikopty se skládají ze 3 vrtulí, se kterými je dron obratnější, ovšem méně stabilní a s nízkou nosností. Nejběžnější variantou jsou kvadrokopty se 4 vrtulemi, díky kterým jsou obratné, ale i odolnější vůči větru. Dokážou unést další kameru či jiné menší zařízení. Hexakopty se skládají z 6 vrtulí a unesou již těžší váhu až několika kilogramů. Ve větrných podmínkách se vyznačují výrazně lepší stabilitou. Z nejvíce vrtulí se skládají oktokopty. Tyto drony s 8 vrtulemi se využívají především v průmyslu a na profesionální účely. Dosahují velkých rozměrů a s tím souvislou vysokou nosnost. [18] [24]



Obr. 2-15 typy dronů podle počtu vrtulí [18]

Podle tvaru těla, který rám tvoří lze drony rozdělit do dvou hlavních skupin, které se dále mohou modifikovat. Drony do tvaru X jsou jednodušší variantou s lehkou konstrukcí. Jejich nevýhodou jsou však delší ramena. Pokud má dron tělo do tvaru H, vyznačuje se pevnějším tělem, které je méně náchylné na rozbití při případných kolizích. [18] [24]



Obr. 2-16 typy dronů podle tvaru těla [18]

Konstrukce dronu může být tvořena z různých materiálů. Použitý materiál ovlivňuje výslednou hmotnost a odolnost, které jsou u každého létajícího stroje zásadní, a proto si některé nejpoužívanější představíme a porovnáme mezi sebou.

Často se setkáme s rámem vytvořeným z plastu, který se využívá pro svou cenovou dostupnost a nízkou hmotnost. Ta se kladně projeví na rychlosti dronu a výdrži baterie. Na druhou stranu jsou plasty spíše křehké, a proto nejsou tak odolné vůči opotřebení a případným pádům. Používají se tedy nejčastěji v kombinaci s jinými materiály. Dural je oproti plastu odolnější a má větší tvrdost. Zatímco se stále jedná o levný a lehký materiál, velice vhodný na konstrukci dronu. Dalším používaným materiálem je uhlíkový kompozit. Jedná se o nejlehčí materiál, ovšem už velmi křehký a cenově náročnější. Jeho využití má smysl například u závodních dronů, kde velmi záleží na jejich hmotnosti, u běžných dronů už se jeho použití spíše nevyplatí. Posledním materiálem je kompozit ze skleněných vláken neboli laminát. Tento materiál je nejvhodnější variantou z hlediska odolnosti vůči nepříznivým podmínkám, jelikož je v porovnání s ostatními pevný. Přesto se stále dá považovat za lehký a relativně levný materiál. Na vrtule se nejčastěji používá tvrzený plast nebo uhlíkový kompozit. [24] [26]

2.2.4 Součásti dronu

Dron se skládá z těla konstrukce, vrtulí, motorů, baterie, senzorů, přijímačů, kontrolérů, podvozku a podvěsného zařízení. Všechny části jsou popsány na obr. 2-17 a v této kapitole jsou následně představené.



Obr. 2-17 schéma komponent dronu [29] – upraveno autorem

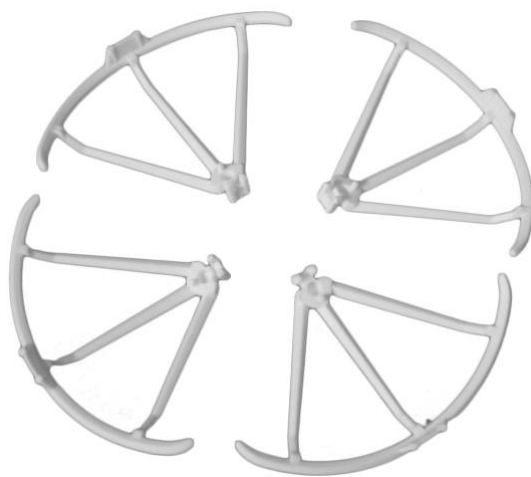
Z hlavní části se dron skládá z již zmíněného rámu konstrukce, který je tvořený tělem a rameny, na kterých jsou připevněné vrtule. Každá vrtule je poháněná vlastním motorem, na jehož výkonu a funkci závisí letové vlastnosti, nosnost a spolehlivost celého dronu. [23]

Motory mohou být kartáčové (stejnoseměrné) nebo bezkartáčové (střídavě stejnosměrné). Častěji jsou využívány motory bezkartáčové, fungující na střídavém proudu, který je usměrňován regulátorem (invertor nebo spínaný napájecí zdroj) na stejnosměrný proud. Jejich výkon závisí na hmotnosti letounu a tvaru vrtulí. [27] [28]

Baterie, senzory a přijímače se nachází uvnitř konstrukce. Podvozek se nemusí vyskytovat u všech modelů, ale každý dron by měl mít zajištěné bezpečné přistání a vzletnutí, proto se vždy nějaké podpěrné části na letounu nachází. Nezbytnou součástí je také kamera, ta bývá připevněna k tělu dronu nejčastěji ve spodní části. Může se ale nacházet i nad tělem dronu, nebo být zabudovaná přímo do konstrukce. [18] [23]

Aby nedošlo k poškození vrtulí, lze zajistit jejich krytí. Kryty obklopují vrtule a zabraňují kontaktu s jakýmkoli předmětem z vnějšího okolí. Používají se především při létání v interiérech. Dají se využít i pro bezpečnější pocit při vzletu dronu, nebo přistání do ruky. Jejich používání má i nějaké nevýhody, jako jsou například možné vibrace. Dronu přidá na hmotnosti, a tím dochází ke snížení celkového letového času. [24]

Drony, které létají v interiérech se nazývají indoorové. Oproti outdoorovým, jsou mnohem méně rozšířené. Drony určené do vnějších prostorů jsou většinou vylepšené o různé funkce jako jsou GPS, automatická regulace rychlosti, nebo mají například schopnost zmapovat terén. [24]



Obr. 2-18 kryty vrtulí [30]

2.2.5 Baterie

Jednou z nejdůležitějších součástí každého dronu je jeho baterie. Ovlivňuje především délku letu a výkon dronu, v neposlední řadě zajišťuje komunikaci s ovladačem. Baterie obvykle vydrží pouze několik minut, jelikož drony jsou velmi energeticky náročné. Na baterie jsou kladeny přísné požadavky týkající se jejich velikosti, kapacity a zmíněné výdrži. Nejčastěji se setkáme s využíváním baterie typu Lithium Polymer (Li-Pol), jelikož se jedná o velmi lehký zdroj, který je schopný vydat velkou energii. [18] [23] [24]

Baterie se nachází i v ovladači, který má na starosti komunikaci s dronem. Tyto baterie vydrží i pár hodin a nejsou pro let zdaleka tak omezující. Vhodným řešením problému s krátkou dobou letu je výměnná baterie. K samotnému modelu letounu se pořídí více baterií, které se dají postupně v terénu vyměňovat. Různé modely letounu mají v samotném těle prostor pro více baterií, které lze zapínat postupně bez nežádoucího odpojení dronu od elektriny. [23] [24]

Rozměry výměnné baterie se liší podle velikosti dronu a platí, čím větší baterie, tím větší má kapacitu a výdrž. S tím roste samozřejmě i celková hmotnost. U každého dronu je snahou dosáhnout co nejvyšší doby letu a zároveň co nejmenší přidané hmotnosti.

Baterie na obr. 2-19 je určena pro dron DJI Phantom 4, který je zmíněný již v designérské analýze. Rozměry jedné baterie jsou 102 x 38 x 64 mm. [31]



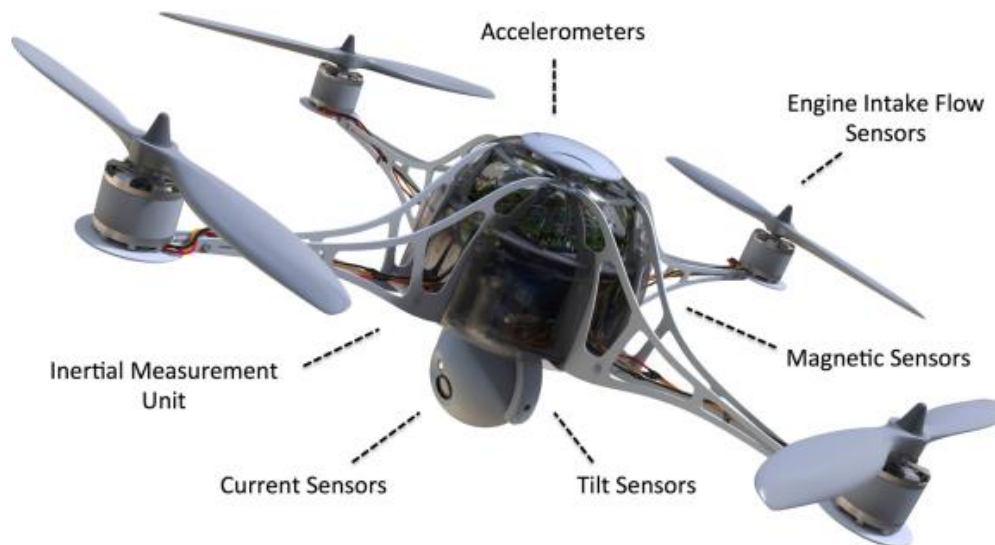
Obr. 2-19 baterie pro DJI Phantom 4 [31]

2.2.6 Sensory a přijímače

Senzory předávají získané informace letovému kontroleru, a proto se jedná o velmi důležitou součást každého dronu. Některé jsou základní výbavou, bez které by dron nebyl schopný letu, zatímco jiné jsou již více specifické. Tím zajišťují profesionálním dronům větší řadu schopností. Na základě informací získaných ze senzorů lze využívat různé letové režimy, které automaticky dron ovládají. [32] [33]

Žádnému dronu nesmí chybět gyroskop, který snímá úhlovou akceleraci ve všech třech osách, a tím umožňuje stabilizaci letu dronu. Akcelerometr je snímač určený k měření zrychlení dronu. Barometr měří tlak, díky kterému dron určí, v jaké nadmořské výšce se právě nachází. Letový kontrolér pomocí GPS určuje souřadnice dronu, ale také se díky ní dokáže udržet na jedné pozici. Senzory mohou snímat náklon, proud, průtok, nasávání motoru, teplotu nebo například překážky a snížit tím možné riziko srážky s jiným letounem. [23] [32] [33]

Dron je ovládán přes přijímací soustavu, díky které komunikuje s ovládacím zařízením. Velikost a nasměrování antén ovlivňuje dosah signálu. Antény mohou být různě zapracované, například do podvozkové části dronu. [33]



Obr. 2-20 schéma senzorů [34]

2.2.7 Podvěsné zařízení – kamera

Funkcí kamerového systému je především vytváření fotografií a videí, dá se využít také k usnadnění řízení letounu. Operátor může ovládat letoun pomocí tzv. FPV (First Person View), která umožňuje živý videopřenos z dronu do speciálních brýlí nebo ovládacího zařízení. [24] [35]

Kamerový systém dronu může být dvojího typu. První možností je kameru připevnit k dronu samostatně, další variantou je vestavěná kamera přímo uvnitř dronu. V obou případech je zásadní přichycení kamery, které je v ideálním případě řešené pomocí gimbálu. Jedná se o stabilizační zařízení, které eliminuje otřesy a zásadně zlepšuje výslednou kvalitu videí a fotografií. [18] [35]

Od kamery se očekává, že bude lehká a odolná. Snížení hmotnosti přispívá odebrání vlastního displeje, který kamera na letounu nevyužije. Například pro dron o hmotnosti 2,4 kg má kamera společně s gimbalem hmotnost necelých 400 g. (viz. obr 2.21) [36] [37]

Jelikož fotografování a pořizování videí je jednou z nejčastějších využití dronů, jejich kvalita je pro každého uživatele velmi důležitá. Posuzujeme ji podle různých parametrů. Nejvíce se přihlíží na rozlišení videa v pixelech, počet snímků za sekundu, velikost a kvalitu foto čipu, zoom, světelnost objektivu a použitý software. U modelů bez podpory SD karet rozhoduje i kvalita přenosu dat mezi dronem a mobilním telefonem. [24]

Distributoři kvalitních kamer pro UAV jsou:

- Hasselblad
- Zenmuse
- Canon



Obr. 2-21 kamera s gimbalem [36]

3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

3.1 Analýza problému

Přestože se drony nevyskytují na trhu mnoho let, jejich využívání je již nyní rozšířené do řady odvětví. Nejperspektivnější vlastností je možnost vytváření záběrů fotografií a videí z ptáčích perspektivy. Tato dovednost je čím dál více využívána v různých zemědělských a průmyslových aplikacích i záchranných složkách.

Vlastnosti dronů závisí především na jejich hmotnosti, konstrukčním řešení a použitém výrobním materiálu. Při použití vztlaku z křídla v kombinaci s vrtulemi může dron letět i několik hodin. Ovšem u této varianty není možné vznášet se ve stabilní pozici, případně létat v malé letové hladině, či v omezeném prostoru. Helikoptérový typ dronu to umožňuje. Avšak potřebuje větší počet vrtulí. Čím více vrtulemi dron disponuje, tím větší stability a spolehlivosti dosahuje. S tím souvisí zvyšující se hmotnost a od toho se odvíjející legislativní omezení a různé riziko nebezpečí. Hmotnost dále ovlivňuje manévrovatelnost dronu, nebo například možnost připojení těžšího podvěsného zařízení. Celá řada zmíněných předností, možných využití a výhod dronů zaručuje neustále se zvětšující poptávku na trhu.

Hlavní nevýhodou při používání dronů je krátká doba letu, která je ovlivněna způsobem jejich konstrukčního řešení a kapacitou baterie. Pokud konstrukce disponuje několika vrtulemi, lépe se s dronem manipuluje. Nevýhodou tohoto řešení je ale omezený čas doletu. Modely, které k letu využívají kombinaci křídel a vrtulí, dosahují efektivnějšího proudění vzduchu, a tedy i silnějšího vztlaku. Tím dochází k delšímu času doletu. Zvýšení funkčního času se dá dosáhnout použitím výkonnější baterie, která je ale jednou z nejtěžších částí dronu. Vždy se hledá kompromis mezi celkovou hmotností ovlivněnou materiálem, množstvím přídatných komponentů a co nejvyšším časem doletu.

3.2 Analýza, interpretace a zhodnocení poznatků z rešerše

Z designérské i technické analýzy vyplývá, že tvar většiny produktů se odvíjí od funkčnosti a vyhrává nad formou provedení. Tím vznikají drony, které mnohdy nebývají kompaktní, ale spíše tvarově složité. Ovšem zapracováním na tvarování dronu lze pozitivně ovlivnit psychické vnímání letounu uživatelem, a proto by bylo vhodné této problematice věnovat větší pozornost. Na druhou stranu i současné tvarování má své výhody, a to především šetření materiálu. Čím více na sobě bude mít dron přebytečného materiálu (potřebného pouze pro estetičnost), tím více poroste jeho hmotnost a cena.

Kompaktní tvarování podpořené využitím samonosného rámu umístěného ve vnějším krytu umožňuje lepší možnost případné výměny vnitřních komponent a jednodušší celkové tvarování. Zdokonalení vizuálního působení může mít za důsledek zvýšení prodejů – zjednodušený design bude uživateli vnímán pozitivně, jelikož se sníží míra strachu ze složitosti ovládání UAV.

Velmi důležitým prvkem při provozu každého dronu je baterie a její výdrž. Doba letu se pohybuje v řádu desítek minut a následně se musí baterie vyměnit, protože čas doletu není dostačující na splnění potřebných úkonů. Z toho důvodu je potřeba umožnit její snazší výměnu. Z rešerše je zřejmé, že na hmotnost a kvalitu použité baterie jsou kladeny přísné požadavky. Rezervy jsou u spousty modelů v umístění a bezproblémovém zajištění její výměny či doplnění, kterému musí být tvarování těla přizpůsobeno.

3.3 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je navrhnout dron, který bude určený pro civilní nebo komerční použití. Jeho uplatnění by pak bylo možné v několika odvětvích. Například v zemědělství pro zmapování pozemků, ve zdravotnictví pro inventury skladů, v průmyslu k inspekci panelů a elektráren, nebo také pro průzkum oceánů. Dron by měl být navržený uživatelsky přívětivě a splňovat všechny technické a ergonomické požadavky, které jsou na ně kladeny.

Dílčí cíle bakalářské práce:

- Kompaktní tvarování dronu vycházející z jeho funkce a požadavků na použití
- Tvarování vzbuzující kladné emoce (psychologický efekt)
- Logické rozmístění komponentů uvnitř těla dronu
- Tvar s funkcí dobré ergonomie manipulace
- Integrace kamery do těla dronu
- Jednoduchá výměna baterie
- Barevná indikace stavu baterie
- Osvětlení za zhoršených podmínek viditelnosti

3.4 Cílová skupina

Dron je určený pro civilní a komerční účely, kde s nimi pracují poloprofesionálové nebo profesionálové. Tito uživatelé již nemají problém s ovládáním dronu, ovšem očekávají určitou úroveň kvality technického vybavení, které jim zaručí potřebnou pomoc v jejich pracovní činnosti. Dron slouží k vytváření fotografických snímků a videí, které se budou dávat využít v zemědělském i průmyslovém odvětví.

3.5 Základní parametry a legislativní omezení

Drony spadají do kategorií podle jejich hmotnosti, od těchto skupin se odvíjí i legislativní omezení jejich používání. Rozměrově se velikost letounů odvíjí především od těla, do kterého se musí poskládat všechna technika potřebná k letu a vykonávání zadané činnosti.

Základní parametry:

- Váhová kategorie: C2 (900 g–4 kg)
- Druh multikoptéry: kvadrokoptéra (čtyři vrtule)
- Kamera: vestavěná do těla s polohovacím zařízením (gimbal)
- Baterie: vyměnitelná

Legislativní omezení:

- Povinná registrace a označování dronů štítkem (podle jejich hmotnosti do kategorií C0 – C4)
- Dělení do kategorií podle provozu – Open, Specific a Certified
- Při letu dodržovat vizuální kontakt ovládající osoby s dronem
 - Maximální horizontální vzdálenost – 1500 m
 - Maximální vertikální vzdálenost – 120 m
- V noci možnost létat pouze na osvětlených místech, v budoucnu s dronem vybaveným zeleným blikajícím světlem
- Omezení létání v různých oblastech (např. letiště, shromáždění osob) z hlediska bezpečnosti

Návrh a následné používání dronu bude respektovat všechna potřebná legislativní omezení týkající se pravidel létání a dálkového řízení. [38]

3.6 Použité výrobní technologie, možný trh a cena

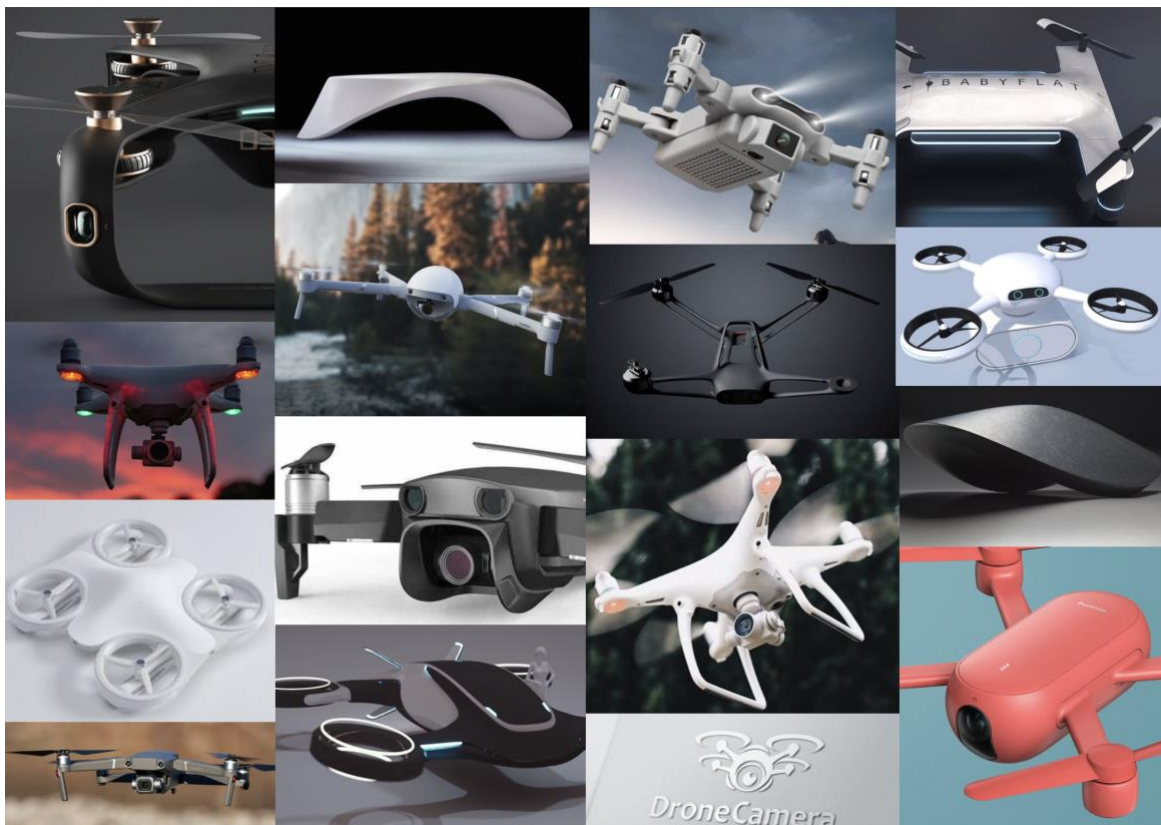
Všechny použité materiály musí být vhodné pro letací prostředky, tudíž především lehké, ale pevné. Tyto vlastnosti splňují lehké slitiny (dural), uhlíkový kompozit nebo laminát, které jsou ideální pro kvalitní model dronu určený pro civilní a komerční využití.

Přestože již nyní využití dronů zasahuje do spousty odvětví, jejich dosah se dá stále rozšířit, pokud bude dron dostatečně univerzální. Použití dronu bude ideální do průmyslových, zemědělských a zdravotnických služeb, v archeologii, nebo například pro průzkum oceánů či dálkový monitoring.

Cena letounu se odvíjí od jeho velikosti a určení. V neposlední řadě se na ceně projeví úroveň a množství použité techniky, které profesionální dron využívá. Jak již z designérské analýzy vyplývá, cena letounů se pohybuje v řádu deseti až sta tisíce korun.

4 VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU

Při počátečním navrhování bylo důležité respektovat zvolené základní parametry dronu, které vychází z kritické rešerše. V inspirační koláži (obr. 4-1) si lze všimnout různých tvarových možností těla dronu, integrace kamery a variant podvozkové části.



Obr. 4-1 inspirační koláž – upraveno autorem

Na základě plánovaného využití dronu si určíme počet a druh přídavných zařízení a jeho velikost. Ta navádí k práci s hmotou v rámci jeho celkového tvarování. Umístění funkčních prvků není prioritou pro variatní řešení, kde zkoumáme pouze prvotní hmotovou studii těla dronu, ramen a podvozkové části. Tvarování primárně vychází z vnitřního rozmístění komponent. Všechny varianty se shodují základními rozměry jako je např. rozteč vrtulí a drží středové uspořádání komponent, kdy níže položené těžiště zlepšuje stabilitu jak při manipulaci, tak během letu. Mezi nejpodstatnější komponenty patří baterie, kontrolér letu (společně se senzory, přijímači,...) a kamerový systém. Pro variantní návrhy jsem vytvořila schéma, ve kterém barevně rozlišuji jednotlivé komponenty, a různě je uspořádávám uvnitř těla dronu. Vlastní design dronu bude ve všech varianích návrzích disponovat kompaktním tvarováním se zabudovanou kamerou do těla dronu.

Základní komponenty:

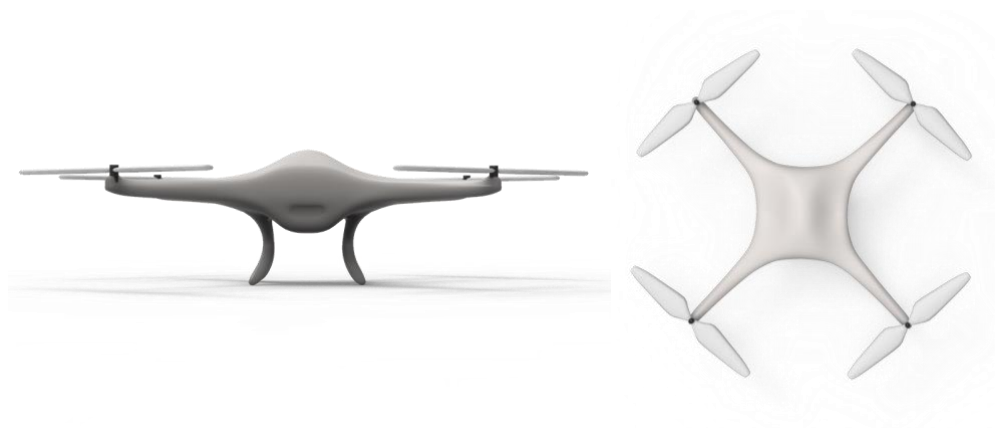
- Baterie (červená) – 100 x 80 x 50 mm
- Letový kontrolér (žlutá) – 70 x 20 x 15 mm
- Kamerový systém (zelená) - 60 x 50 x 50 mm



Obr. 4-2 schéma vnitřních komponent variantních návrhů

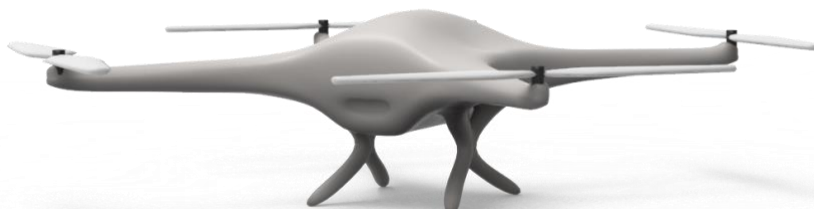
4.1 Varianta I

První varianta působí kompaktně především díky tvarování těla a organickému napojení ramen. Tvar těla vytváří kruhový průřez, ve kterém vzniká dostatečný prostor pro umístění kamery, baterie i letovému kontroléru společně s dalšími vnitřními komponenty. V horní části těla vzniká pomocí ergonomického tvarování oblast, která umožňuje případný úchop vhodný pro manipulaci s dronem a odjímání horní části krytu.



Obr. 4-3 první varianta – nárys a půdorys

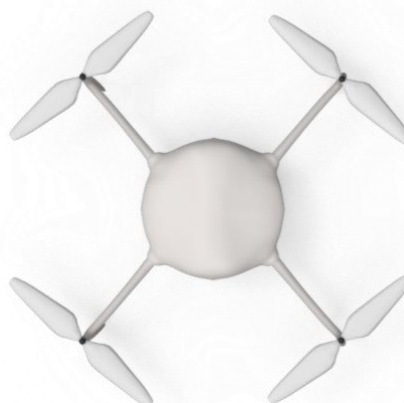
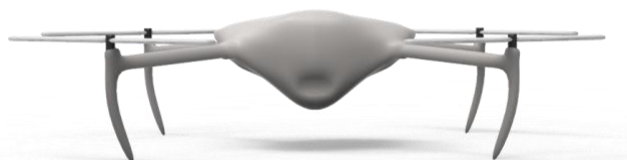
V perspektivním pohledu si lze lépe všimnout tvarování podvozkové části, která slouží k přistávání dronu. Podvozek je tvarovaný do písmene X. Tato varianta je výhodná z hlediska přistávání, které je možné i v nerovném terénu. Zakřivené tvarování přidává na dojmu poddajnosti materiálu. Nevýhodou může být vyšší námaha materiálu, rychlejší opotřebení nebo složitější výroba.



Obr. 4-4 první varianta – perspektivní pohled

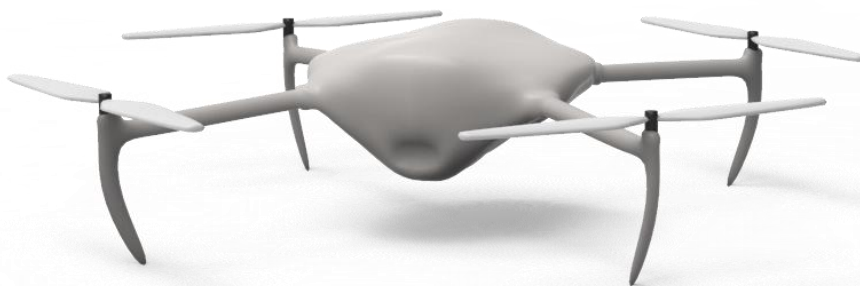
4.2 Varianta II

Tvarování těla dronu je z horního pohledu čistě kruhového průřezu, ovšem z pohledu předního již vzniká prohloubením spodní části komplikovanější profil. Zmiňovaná spodní část těla je v porovnání s první variantou vypouklejší a vizuálně tedy více odděluje prostor pro umístění kamery. Tělo je dostatečně velké pro umístění baterie i dalších, méně prostorově náročných, vnitřních komponent. Nevýhodou tvarování těla může být případná manipulace s dronem, jelikož na sobě nenesou žádné uchopitelné prvky.



Obr. 4-5 druhá varianta – nárys a půdorys

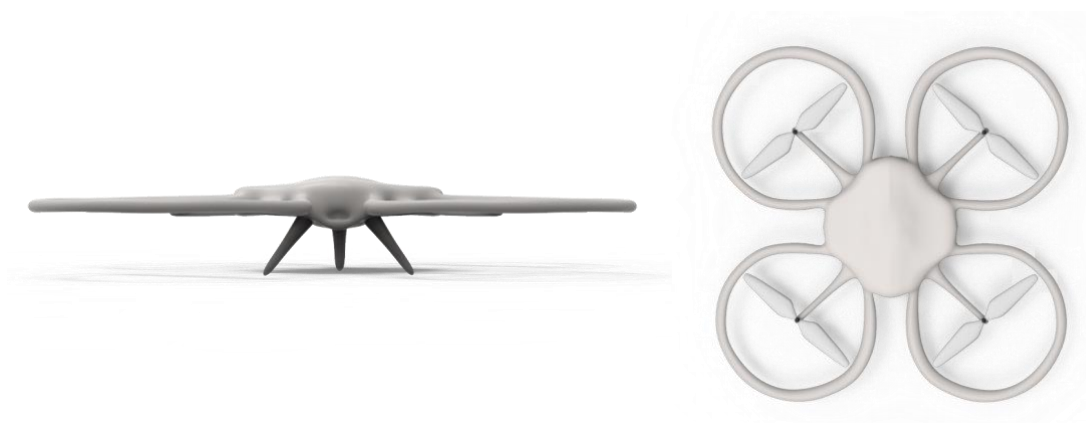
U této varianty jsou ramena řešena základním tvarováním, které může působit méně kompaktně v návaznosti na tělo dronu. Podvozkovou část tvoří čtyři výběžky napojené na koncích ramen pod vrtulemi. Jedná se o jednoduché řešení z hlediska výrobního procesu, které zároveň přispívá ke snížení celkové hmotnosti. Tento způsob nabízí větší stabilitu při vzletu a přistání, ale například horší možnost vzletání z málo prostorných oblastí.



Obr. 4-6 druhá varianta – perspektivní pohled

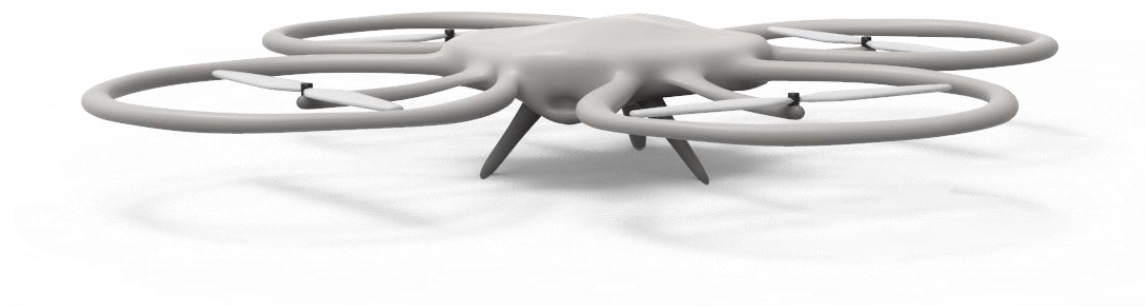
4.3 Varianta III

Oproti předchozím variantám hlavní dominantou tohoto modelu je krytí vrtulí. Výhodou zakomponování krytí je ochrana rotorů a celého modelu a také celková vzhledová kompaktnost. Z předního pohledu se tato varianta výrazně liší nízkým průřezem těla dronu, kterého bylo možné dosáhnout díky větší šířce těla. Z horního pohledu je zřejmé, že tělo nenarušují žádné výrazné hrany a je jemně tvarovaný. Nevýhodou krytí vrtulí může být zmenšené zorné pole pro kameru a prostorová náročnost společně s vyšší celkovou hmotností.



Obr. 4-7 třetí varianta – nárys a půdorys

V přední části se opět nachází otvor určený k umístění kamery uvnitř těla dronu společně s dalšími komponenty. Podvozková část nabízí řešení pomocí tří kruhových výběžků umístěných ve spodní části těla, které tvoří tzv. nožičky dronu. Dvě jsou situované do přední části a třetí je umístěná pod prostor, který slouží pro umístění baterie. Jelikož tato varianta disponuje nižším počtem nožiček oproti předchozím variantám, dochází zde opět k žádanému snížení hmotnosti, ale možnému snížení stability dronu.



Obr. 4-8 třetí varianta – perspektivní pohled

4.4 Zhodnocení variant

Do výsledného tvarového řešení zakomponujeme přednosti každé z variantních návrhů. Nosný tvar vychází z první varianty, ve které využívá středového uspořádání vnitřních komponent a kompaktního tvarování těla v návaznosti s rameny. Druhá varianta nabízí nejvhodnější tvarování podvozkové části, která se v oblasti ramen jeví nejperspektivněji při zohlednění stability, spotřeby materiálu a případné možnosti složení. Třetí varianta přináší zvýšenou bezpečnost díky krytům vrtulí. Ovšem pokud zohledníme použití v oblasti profesionálů, není krytí tak důležité, aby se vyplatilo v závislosti na zvýšení hmotnosti.

5 TVAROVÉ ŘEŠENÍ

Finální tvarování je ovlivněno a inspirováno kombinací prvního a druhého variantního řešení. Z první varianty vychází tvar v oblasti těla dronu, zatímco z druhé varianty zůstává princip provedení podvozkové části. Tvarové řešení se odvíjí od centrálního rozmístění vnitřních komponent, které se uvnitř těla nachází. Dále tvar ovlivňuje počet a velikost motorů s vrtulemi, které jsem si již v cílech práce stanovila na čtyři – tedy kvadrokoptéru.

5.1 Tvarování těla dronu

Nosnou část dronu tvoří jeho tělo, ve kterém jsou umístěny veškeré komponenty důležité pro jeho funkci. Těmi jsou – letový kontrolér společně s potřebnými senzory, přijímače, regulátory otáček a antény. Přední část vizuálně odlišuje prostor pro kamerový systém, který je integrován do těla. Ze stejného tvaru vychází výměnná baterie umístěna do zadní části.

Na tělo dronu jsou kompaktně napojená čtyři ramena, která vychází z rohu pomyslného kvádrů o čtvercové podstavě, které tělo tvoří. Konstrukce se skládá z horní a spodní části, které se do sebe zasadí. Po zasazení vzniká drážka, kterou se šíří osvětlení dronu.



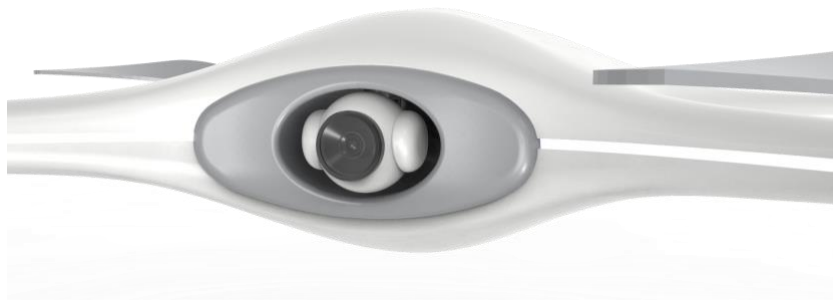
Obr. 5-1 tělo dronu – přední pohled



Obr. 5-2 tělo dronu – zadní pohled

5.2 Kamerový systém

Integrace kamery je jedním z cílů bakalářské práce, jelikož schopnost pořizování snímků a vytváření videí je nedílnou součástí každého letu dronu. Z toho důvodu není potřeba kamerový systém dodávat v podobě podvěsného zařízení, ale výhody přináší právě jeho integrace do těla dronu. Vzniká tak kompaktnější tvar a kamera je chráněna před případným poškozením. Oblast kamerového systému vychází z válcového tvaru, který vymezuje a vizuálně odlišuje prostor pro umístění kamery. Objektiv kamery je zavěšený na tříosém gimbalu, který umožňuje stabilizaci obrazu. Celá oblast kamerového systému sjednocuje vzhled dronu, jelikož ze stejného tvaru vychází i výměnná baterie.



Obr. 5-3 kamerový systém

5.3 Výměnná baterie

V zadní části těla vzniká prostor pro umístění již zmíněné výměnné baterie, která je považovaná za největší komponentu dronu. Na velikosti baterie nejvíce závisí doba letu, ale také velmi ovlivňuje celkovou hmotnost dronu. Baterie musí být pro uživatele dobře přístupná, aby byla zajištěna její snadná výměna. Vnější vzhled baterie vychází z tvarování těla dronu, na který je kompaktně navázaná.



Obr. 5-4 výměnná baterie

5.4 Podvozková část

Přistání a vzlet dronu je zajištěn podvozkem, který svým tvarováním vychází z druhého variantního řešení (kap 4.2.). Ta nabízí možnost stabilního přistání v každém terénu a zároveň zbytečně nepřidává dronu na hmotnosti. Výběžky určené k přistávání se nachází na koncích ramen v oblasti pod motory s vrtulemi. Pro větší pevnost vychází z ramen zesílenější válcová část, která se postupně zužuje. V horní části každé podvozkové nožičky se nachází kloub, který umožňuje jejich skládání.



Obr. 5-5 podvozková část

5.5 Vrtule

Vrtule jsou dalším velmi podstatným a výrazným článkem celkového tvarového řešení dronu. Na jejich tvarování záleží letové schopnosti a také zajištění aerodynamiky. Vrtule jsou odnímatelné z hlediska skladnosti a ochrany vrtulí. Dále při případné havárii stačí poškozenou vrtuli vyměnit za novou.



Obr. 5-6 vrtule

6 KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ

Tato kapitola se věnuje technickým specifikacím a zohlednění ergonomie u finálního návrhu. Dále se zabývá vlivem dronu na uživatele a prostředí.

6.1 Popis

Návrh dronu určeného pro civilní a komerční účely vyžaduje zajištění co nejdelšího času letu a zprostředkování kvalitního kamerového systému. Z toho vychází velikost a vnitřní uspořádání všech potřebných komponent, které určují výsledný tvar. Baterie, kamerový systém a další součásti jsou umístěné logicky pro zajištění snadného ovládání a manipulace s nimi.

Na obrázku 6-1 vidíme hlavní části, ze kterých se dron skládá. Z vnější strany se k částem dronu, které jsou rozebrané již v předchozí kapitole, přidává také ovládací tlačítko společně se vstupem pro USB připojení a SD kartu. Tyto vstupy jsou zakrytované, aby nedocházelo k zanášení nečistot a byly chráněny před vlivy počasí.

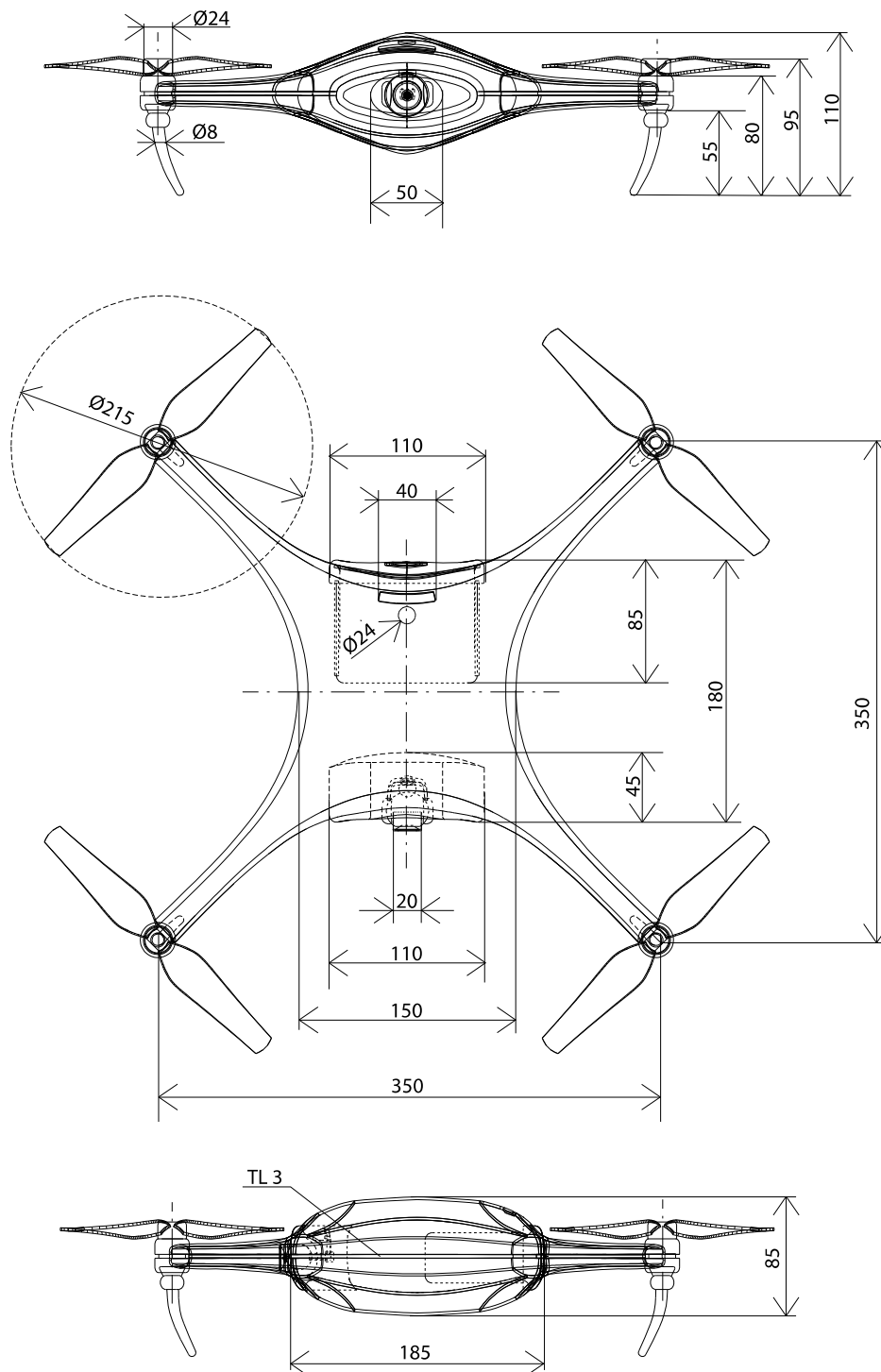
Tělo dronu horizontálně půlí dělicí rovina, ve které jsou umístěné LED diody. Ty nesou světlo dělicím prostorem a tím zajišťují osvětlení celého dronu.



Obr. 6-1 části dronu

6.2 Rozměrové řešení

Prvotní fází pro určení rozměrů bylo zařazení do hmotnostní kategorie dronu. Tou je kategorie C2, kam se řadí drony o hmotnosti od 900 g do 4 kg. Na základě této výchozí informace se určily hlavní rozměry kvadrokoptéry – velikost těla a rozteč vrtulí.



Obr. 6-2 nárys, půdorys a bokorys v M 1:5 v mm

6.3 Vnitřní mechanismy a komponenty

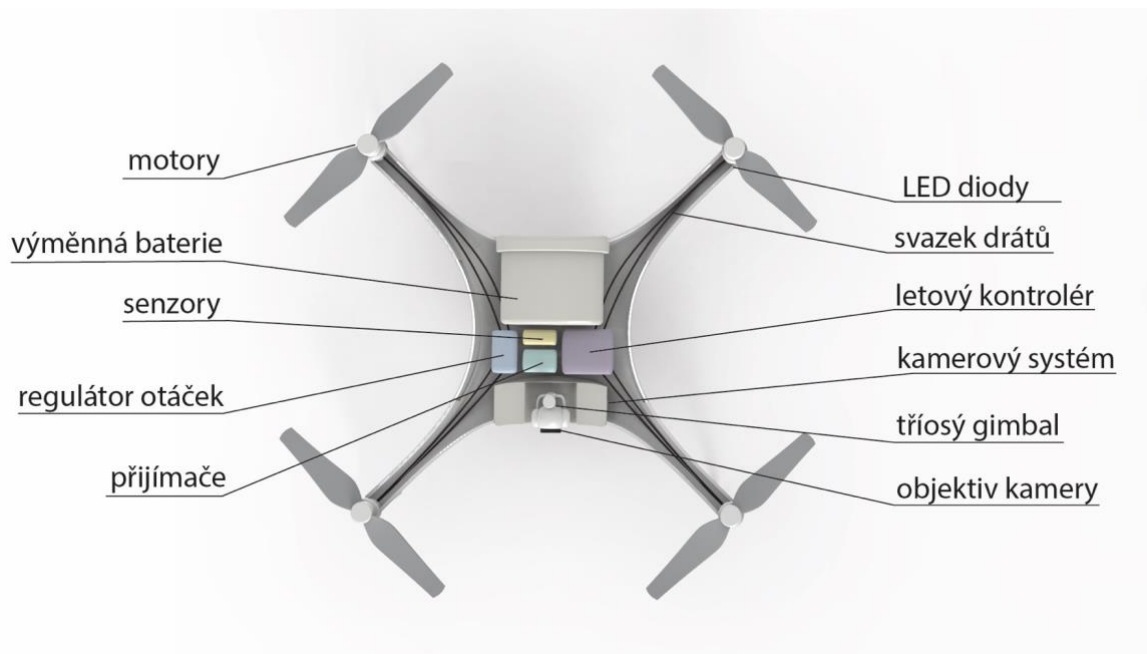
Použití vnitřních komponent určuje celkové tvarování dronu. Zvolila jsem středové uspořádání komponent, které zajistí vhodné těžiště. Do přední části je umístěný kamerový systém dronu, do zadní části jeho výměnná baterie. Zbylý prostor využívá letový kontrolér společně se senzory a přijímači. Propojení letového kontroléru s regulátory otáček a následně motory je zprostředkováno svazkem drátů, které vedou potřebné napájení a kontrolní signály.

Anténa komunikuje s ovládacím zařízením a letovým kontrolérem. Malé antény se nachází uvnitř těla dronu, případně mohou být umístěné do podvozkové části. Pokud by uživatel chtěl využít silnějšího signálu, má možnost namontovat si zesilující antény do horní části těla a dosáhnout tím zvýšení dosahu signálu.

Výměnná baterie pracuje na automatickém mechanismu, kdy stačí zatlačit do plochy v zadní části a baterie se díky pružinovému mechanismu uvolní. Aby nedocházelo k nechtěnému uvolnění během letu je baterie ošetřena zámkem, který se automaticky spustí při uvedení vrtulí do pohybu.

Rozměry hlavních komponent:

- Baterie – 110 x 85 x 45 mm
- Letový kontrolér – 50 x 45 x 45 mm
- Kamerový systém – 110 x 45 x 45 mm



Obr. 6-3 vnitřní komponenty

6.4 Materiálové řešení

Jako hlavní materiál pro konstrukci dronu byl zvolen uhlíkový kompozit, jelikož se jedná o ideální materiál při zohlednění jeho vlastností, které se pozitivně projeví na letových vlastnostech dronu. Disponuje potřebnou tvrdostí a tuhostí, ale zároveň je velmi lehký. Jelikož použití uhlíkového vlákna se jeví výhodné také z hlediska pružnosti, která je v porovnání s plastem vyšší, bude využit také na výrobu vrtulí a podvozkové části.

6.5 Technologie

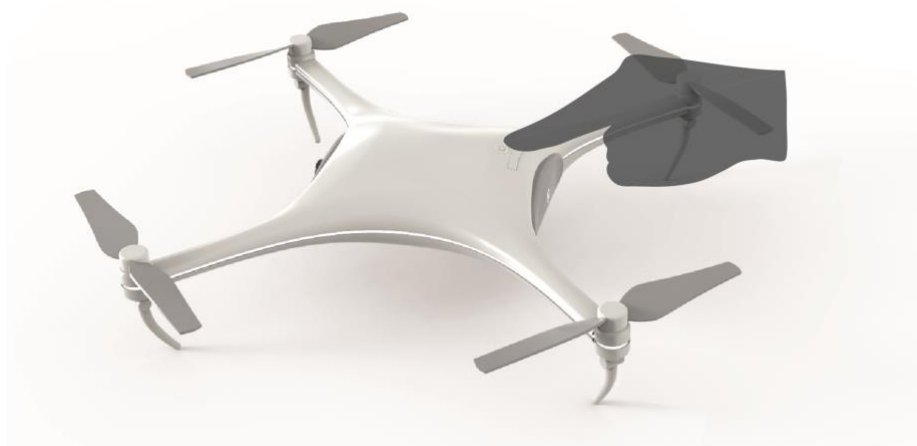
Rám dronu se vyrábí vrstvením uhlíkového vlákna, které se na závěr vytvrzují ve speciálních pecích. Na výrobu baterie je použita technologie typu Li-Pol, jelikož v poměru výkonu s užitnými vlastnostmi (nejdelší výdrž, minimální samovybitení, vysoká kapacita a výdrž při různých teplotách) se jedná o nejvýhodnější variantu. Na osvětlení pomocí LED diod se využívá technologie SMD, které jsou umístěné do rohů motorů a světlo nesou po celé drážce.

6.6 Ergonomie

Z hlediska ergonomie je důležité zajistit jednoduché ovládání a manipulaci s dronem a jeho nejvíce obsluhovanými částmi jako jsou baterie a kamera.

Ovládání dronu

Dron se zapíná a vypíná pomocí tlačítka umístěného shora v zadní části. Toto dobře přístupné místo docílí bezproblémového ovládání během každého použití.



Obr. 6-4 ergonomie ovládání dronu

Výměna baterie

Baterie nejvíce ovlivňuje délku letu a v mém návrhu je předpokládána doba letu okolo 30 minut. Její výměna je častá a z toho důvodu musí být snadno dostupná a jednoduše vyměnitelná. Baterie se ovládá pomocí poloautomatického mechanismu, který zajišťuje pružina. V první fázi stačí zatlačit do baterie, která se vysune a následně se dá vyjmout a vyměnit za nabitou. Tato varianta umožňuje pevné uchycení za celou zadní část.



Obr. 6-5 ergonomie výměny baterie – 1. fáze



Obr. 6-6 ergonomie výměny baterie – 2. fáze

Manipulace s dronem

Způsob uchopení podporuje tvarování těla, možnost odejmutí vrtulí a skládací podvozková část. To zajistí větší skladnost dronu při přepravě a snazší manipulaci.



Obr. 6-7 sklopení podvozkových nožiček

Zorné pole kamerového systému

Jelikož je kamera integrovaná dovnitř těla dronu, je důležité zachovat maximální zorné pole pro objektiv. Kamera je uchycená na gimbalu, který stabilizuje obraz a umožňuje její otáčení. Zorné pole v přední části je přibližně 110° v oblasti mezi rameny. S možností natáčení kamery pomocí gimbalu může dron dosáhnout vertikálního rozsahu kamery až 120° . To zajistí potřebný rozsah zorného pole a zbylý prostor snímají senzory.



Obr. 6-8 zorné pole kamery – horizontální směr



Obr. 6-9 zorné pole kamery – vertikální směr

6.7 Bezpečnost a hygiena

Dron je vybaven řadou senzorů, které monitorují jeho okolí, díky čemuž se dokáže vyhýbat všem okolním objektům a tím předcházet případné kolizi. Stabilizaci letu zajišťuje gyroskop, který snímá úhlovou akceleraci ve třech osách. Dalšími použitými senzory zajišťující bezpečnost letu jsou snímače náklonu, proudu, regulace rychlosti nebo akcelerometry.

Bezpečnostním prvkem je také způsob osvětlení dronu. Pro rozlišení přední a zadní části svítí LED diody zelenou a červenou barvou. Boční osvětlení poskytuje doplňující informace o režimu letu, které si může uživatel přizpůsobit. V případě zhoršených viditelných podmínek lze nastavit intenzitu osvětlení.

Celistvost těla dronu umožňuje jeho snadnou omyvatelnost. Dále je tímto minimalizováno i zanášení nečistot do částí dronu, například během přistávání. Celkově je tak zajištěno dodržování hygienických požadavků, i přes použití dronu za nepříznivého počasí.

6.8 Udržitelnost

Z hlediska udržitelnosti lze nadále recyklovat uhlíkový kompozit, který je hlavním materiálem při výrobě dronu. Technologie výroby vyměnitelné dobíjecí baterie se jeví výrazně ekologičtěji než použití jednorázového zdroje energie. Tato baterie i při dlouhodobém používání neztrácí své kapacitní parametry, ale zároveň netrpí na samovybíjení při občasném používání. Části materiálu použitého uvnitř akumulátoru Li-Pol jsou v dnešní době již také recyklovatelné nebo je možné je ekologicky zlikvidovat.

I přes vysoké nároky na bezpečnost dronu je možná jeho chybovost s případným následkem poškození určitých částí – z toho důvodu je dron navržený z více vyměnitelných dílů, které prodlužují jeho celkovou životnost. Samotný rám konstrukce se skládá ze dvou částí, tudíž po případné kolizi se nemusí pořizovat nové celé tělo. Vyměnit se mohou i vrtule a podvozkové nožičky, které jsou nejčastěji vystaveny riziku poškození.

7 BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ

7.1 Barevné řešení

Barevné řešení vychází z psychologického působení dronu na uživatele a také z prostředí, ve kterém se dron nejčastěji nachází – ve vzduchu. Z toho důvodu jsem se zaměřila na použití světlých odstínů, které příznivě působí na psychické vnímání UAV, který se poté uživatel nebojí ovládat. Dalším důvodem je dobrá viditelnost na obloze a vyniknutí (přenášení) osvětlení. Na obrázku 7-1 jsou znázorněné použité odstíny z palety barev RAL, které byly použity do různých barevných variant.



Obr. 7-1 použité odstíny barev RAL

Jako stěžejní byla zvolena varianta, ve které tělo dronu nese odstín RAL 110–1. Jedná se o velmi světle šedou barvu, která může připomínat bílý odstín, ale oproti čistě bílé působí výrazněji. Vrtule, kamerový systém a baterie jsou odlišeny šedou barvou v odstínu RAL 110–M.



Obr. 7-2 barevná varianta RAL 110–1

Další barevnou variantu tvoří tělo v béžové odstínu RAL 9001 v kombinaci s doplňujícími částmi v bílé odstínu RAL 120–2. Tuto možnost by pravděpodobně spíše ocenily ženy, jelikož dron v těchto barvách jim může připadat atraktivnější. Tato varianta by však neměla dostatečné uplatnění na trhu, protože stále převládá zájem o drony ze strany mužů.



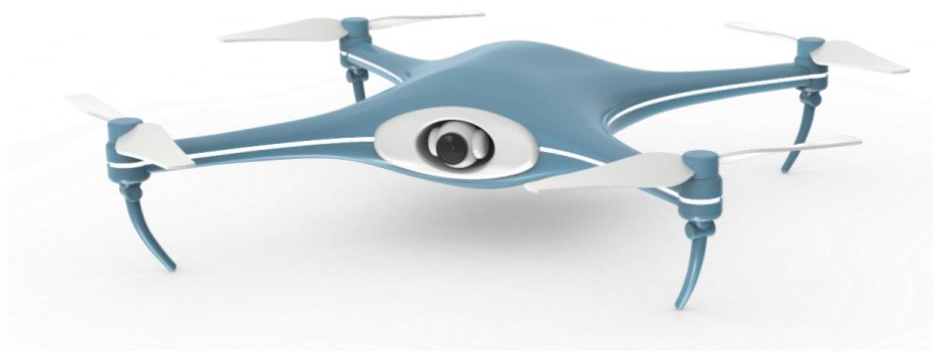
Obr. 7-3 barevná varianta RAL 9001

Kombinace těla dronu v již zmíněné šedé RAL 110–M s tmavě šedými prvky odstínu RAL 810–M je variantou, ve které kontrastně vynikne styl osvětlení dronu. Tato varianta dodává dronu technický vzhled, ovšem nemusela by působit tak pozitivně na uživatele, kterým by používání dronu mohlo připadat příliš odborné a složité.



Obr. 7-4 barevná varianta RAL 110–M

Na poslední variantu jsem využila výraznější barvu, a to modrou odstínu RAL 5024 v kombinaci se znovu použitou světle šedou RAL 110-1. Tato varianta dodává návrhu na hravosti, ale příliš mu ubírá na techničnosti.

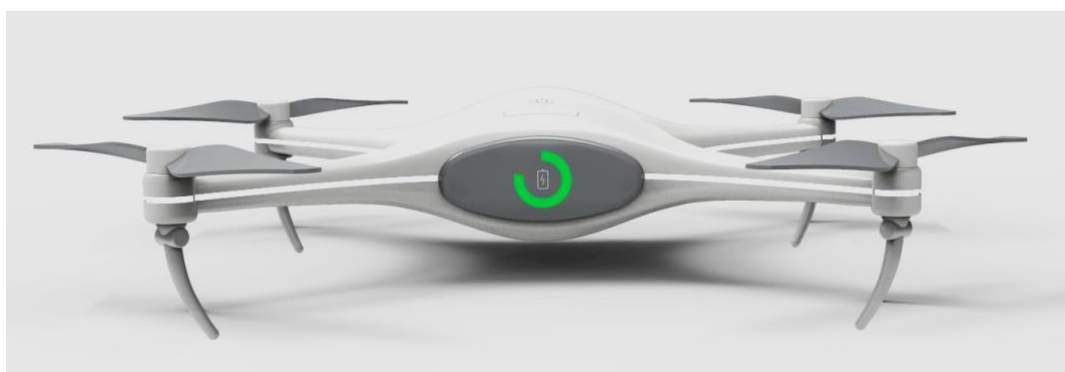


Obr. 7-5 barevná varianta RAL 5024

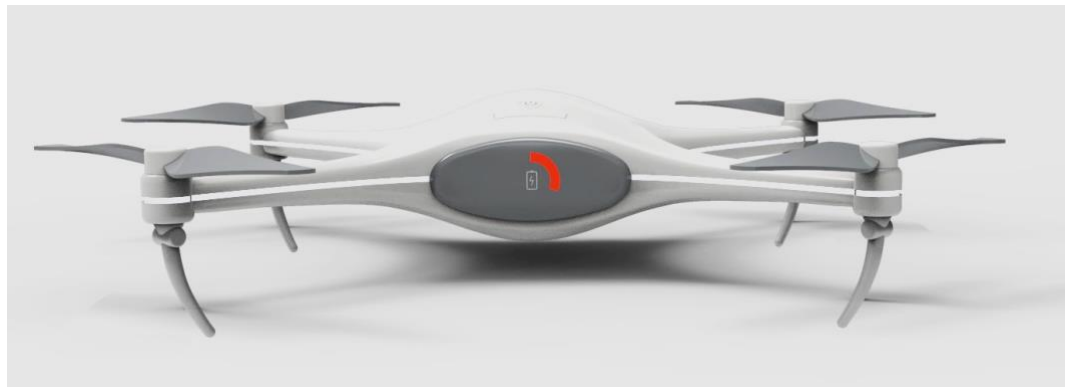
7.2 Grafické řešení

7.2.1 Stav kapacity výměnné baterie

Každého uživatele dronu zajímá, jaká je zbývající kapacita baterie a kolik času na let má. Z toho důvodu je grafika velmi zásadní částí výměnné baterie, aby každý uživatel měl o této informaci přehled. Na vnější straně baterie se nachází logo znázorňující akumulátor, okolo kterého je znázorněné kolečko, které je vyplněné podle zbývající kapacity baterie. Dojde-li k vybití baterie pod 25 % změní se barva na červenou, a tím upozorní uživatele na potřebu baterii brzy opět nabít nebo vyměnit.



Obr. 7-6 stav baterie – částečně nabito



Obr. 7-7 stav baterie – kritická kapacita

7.2.2 Způsob osvětlení

Osvětlení zajišťují LED diody umístěné v ramenech, které nesou světlo v drážce uprostřed, vedené po celé délce dronu. Díky tomu je osvětlení viditelné ze všech stran. Dron může svítit celý stejnou barvou, nebo při letu rozlišovat přední a zadní část různými barvami. Kolem předních motorů a směrem ke kamerovému systému svítí dron zelenou barvou a kolem zadních motorů směrem k baterii barvou červenou. Boční strana umožňuje měnit jak intenzitu osvětlení při letu za zhoršených podmínek viditelnosti, tak i jeho barvu podle režimu, ve kterém dron zrovna létá.



Obr. 7-8 barevné osvětlení – přední pohled



Obr. 7-9 barevné osvětlení – zadní pohled

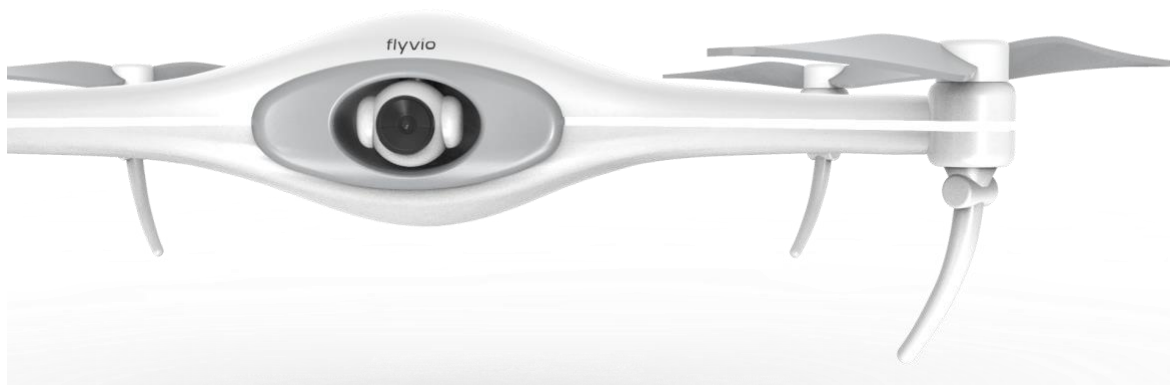
7.2.3 Logotyp

Název „Flyvio“ vychází se slova fly (létat) a části slova view (pohled), které ve spojení vytváří vizuální obraz během letu, k čemuž dron, určený k monitoringu, tvoření videí a fotografií, slouží.



Obr. 7-10 grafické řešení logotypu

Na logotyp byl použit font Nasalization v minuskách, kde pouze tečku nad i nahrazuje tvar, který odpovídá křivkám těla dronu a tím dodává návrhu na jedinečnosti. Na obrázku 7-11 je znázorněna jeho možná aplikace na těle dronu v oblasti nad kamerou.



Obr. 7-11 aplikace logotypu

8 DISKUZE

Dron určený poloprofesionálním a profesionálním pracovníkům pro civilní a komerční účely může být využitý v řadě různých odvětví. V zemědělství se drony používají pro zmapování pozemků, dokážou zjistit zdravotní stav rostlin, nebo nad zemědělskými poli analyzují zvířata a mohou před nimi upozornit stroj určený k sečení a tím zvířata zachránit. Ve zdravotnictví se pomocí kamer provádí inventury vnitřních skladů léků. Do budoucna by se mělo rozšířit v záchranném odvětví možnost výškových pohledů na místa zásahů v reálném čase. V průmyslu probíhá inspekce solárních panelů nebo vedení vysokého napětí pomocí optických a termo kamer. U větrných elektráren probíhá kontrola listů výrazně rychleji, než tomu bylo pouze při nasazení lidského faktoru. Velký potenciál má využívání dronů pro průzkum oceánů. UAV snímají korálové útesy pod mořskou hladinou a předávají potřebné informace o jejich bělení. Dále se drony využívají na dálkový monitoring, například pro hlídání ropovodů nebo jiných dálkových potrubí.

8.1 Psychologická funkce

Drony se na trhu objevily poměrně nedávno, tak je jejich vývoj na vysoké úrovni a využívání rozšířené. Na základě kritické rešerše jsem se rozhodla navrhnout dron, který bude vzhledem a tvarováním podporovat jeho funkci, nebude působit rušivě v okolí a bude mít na uživatele pozitivní psychologický vliv. Kompaktní tvarování a použití světlých barev podporuje tyto dojmy a uživatele hned neomrzí. Ergonomický tvar těla ocení profesionálové při snadné manipulaci a ovládání dronu.

8.2 Sociální funkce

Dron slouží k vytváření kamerových snímků a videí v oblasti civilního a komerčního využití. V každém z odvětví se způsob využití stále rozšiřuje a návrh dronu, se kterým bude práce snadně a zároveň kvalitně vytvořena, jeho využitelnost jen podpoří.

V současné době se však od počátečního nadšení z bezpilotního létání přešlo ke kritickému přístupu, který uvažuje o ochraně soukromí a bezpečnosti lidí a majetku. Z toho důvodu přichází spousta států s legislativním omezením jejich používání a vytvářením letových oblastí. I to musí být u návrhu zohledněno, například použitými komponenty nebo způsobem osvětlení.

8.3 Ekonomická funkce

Cenová kategorie se odvíjí od určení cílové skupiny, kterou jsou poloprofesionální a profesionální uživatelé v oblasti civilního a komerčního užití. Z toho důvodu byl zvolený materiál a funkce navrhovány pro uspokojení jejich vysokých nároků. Využití kvalitního materiálu prodlužuje životnost dronu a zvyšuje jeho kvalitu. Cenově dostupná se jeví případná výměna jednotlivých dílů, která je umožněna způsobem výroby dronu. Snížení celkové ceny může být zajištěno zavedením sériové výroby.

9 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo vytvořit koncepční návrh UAV určeného pro civilní a komerční účely, který vychází z technických a ergonomických požadavků na jeho funkci. Samotnému navrhování předcházela úvodní designérská a technická analýza dronů, ze které byla stanovena problematika současného trhu. Tou je především krátká doba letu, kterou lze ovlivnit vyměnitelnou baterií. Dalším úskalím u mnoha dronů je jejich vzhled, který se podílí na psychickém vnímání uživatele.

Na základě získaných informací byly vymezené dílčí cíle práce. Těmi jsou kompaktní tvarování, které vychází z logického rozmístění komponentů uvnitř těla dronu – tím je zajištěno vhodné těžiště. Kamerový systém je integrován dovnitř těla dronu, díky čemuž nabízí návrh opět kompaktnější tvar a ochranu kamery před poškozením. U návrhu je zajištěná snadná výměna baterie, která svou velikostí poskytuje delší čas letu. Ergonomickým požadavkům je vyhověno díky tvarování a skladnosti (zajištěné složením podvozkové části a možností odejmutí vrtulí). Inovativním a zároveň bezpečnostním prvkem dronu je způsob jeho osvětlení, který není řešený klasickým způsobem v oblasti vrtulí, ale nachází se po celé délce těla.

Nad rámec bakalářské práce bylo řešení ovládacího zařízení dronu, kterému by se mohla věnovat závěrečná práce v navazujícím studiu.

10 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Co je dron? *Droneweb* [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <http://www.droneweb.cz/co-je-dron>
- [2] Hewitt-Sperry Automatic Airplane 1918. *Wikimedia Commons* [online]. 2015 [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hewitt-Sperry_Automatic_Airplane_1918.jpg
- [3] PHANTOM 4 RTK. *Djitelink* [online]. Praha [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.djitelink.cz/cs/dji-phantom-4-rtk/8025-dji-phantom-4-rtk-6958265168628.html>
- [4] Color Psychology: The Psychological Effects Of Color On Marketing & Design. *Design Rush* [online]. 25.6.2018 [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://medium.com/@design.rush.ny/color-psychology-the-psychological-effects-of-color-on-marketing-design-ae3eca1693ee>
- [5] Dron DJI Matrice 210 RTK V2. *DronPRO* [online]. Praha - Smíchov [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://dronpro.cz/dron-dji-m210-rtk-v2>
- [6] Dron DJI Mavic 2 PRO. *RCprofi* [online]. Chrudim [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.rcprofi.cz/rc-dron-dji-mavic-2-pro>
- [7] INSPIRE 2 RAW. *VA-MODELS* [online]. Rožnov pod Radhoštěm [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.va-models.com/eshop1/cs/inspire-2-raw-eu-lc3-63925>
- [8] Dron DJI Matrice 600 Pro. *DronPRO* [online]. Praha - Smíchov [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://dronpro.cz/dji-matrice-600-pro>
- [9] DRON X8-M S PIX4DMAPPER PRO. *Geoobchod* [online]. Pardubice [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: https://www.geoobchod.cz/cs/dron-x8-m-s-pix4dmapper-pro-3d-3dr-edition/product?gclid=Cj0KCQiAmL-ABhDFARIsAKyWVafo22ZYuU7EFkQpwctQFT1sP-MUqvdtqwdDqEI93sVVAPJ18pRABq0aAiZ3EALw_wcB#tab1
- [10] PowerEgg X. *PowerVision* [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.powervision.me/en/product/powereggx>
- [11] HORČÍK, Jan. Parrot Disco: dron, který umí létat 80 km/h. *Hybrid.cz* [online]. 6.1.2016 [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/parrot-disco-dron-ktery-umi-letat-80-kmh>
- [12] ALBRIGHT, Brian. Autonomous Cargo Drone Does Heavy Lifting. *Digital Engineering* [online]. 27.3.2019 [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.digitalengineering247.com/article/autonomous-cargo-drone-does-heavy-lifting/cfd>
- [13] EHANG 184 AAV. *Alza.cz* [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/ehang184-aav-d4013442.htm#fotovideo>

- [14] KARAS, Jakub. *222 tipů a triků pro drony*. 1. vyd. Computer Press, 2017 [cit. 2021-5-13]. ISBN 978-80-251-4874-7.
- [15] Policie táhne do boje proti dronům, za vývoj "antidrona" zaplatí 58 milionů. *Český rozhlas* [online]. 9.8.2016 [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: https://www.irozhlas.cz/zpravy-domov/policie-tahne-do-boje-proti-dronum-za-vyvoj-antidrona-zaplati-58-milionu_201608091709_opatrovsky
- [16] Bezpilotní letadlo. *Wikipedie* [online]. 5.12.2020 [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Bezpilotn%C3%AD_letadlo
- [17] Co nás čeká. *Řízení letového provozu České republiky* [online]. Jeneč u Prahy [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: https://letejtezodpovedne.cz/legislativa/co_nas_cka
- [18] ČERNÝ, Daniel. Srovnávací test a recenze nejlepších dronů. *ARECENZE* [online]. Brno, 1.3.2021 [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.arecenze.cz/drony/>
- [19] POLJAK, Mario. How Much Do Drones Weigh? *Drone Tech Planet* [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.dronetechplanet.com/how-much-do-drones-weigh/>
- [20] KLEINBAUER, Miroslav. Nová pravidla pro drony a legislativa – co se bude dít? *PRO-DRONY* [online]. Praha, 21.2.2020 [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <http://www.pro-drony.cz/2020/02/21/nova-legislativa-pro-drony-co-se-bude-dit/>
- [21] Pravidla pro létání s drony 2021 (LEGISLATIVA). *Alza* [online]. Praha - Holešovice, 17.2.2021 [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/pravidla-pro-drony-legislativa#eu-strucne>
- [22] NOVÁK, Jan. Proč a jak to létá. *Droneweb* [online]. 31.3.2016 [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <http://www.droneweb.cz/konstrukce/item/42-kvadrokoptera-rizeni>
- [23] VELKÝ PRŮVODCE: Základy pro stavbu dronu! *SVĚTDRONŮ.net* [online]. 18.8.2017 [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://svetdronu.net/velky-pruvodce-zaklady-pro-stavbu-dronu/>
- [24] Jak vybrat dron. *Co vybrat* [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.covybrat.cz/nejlepsi-dron/#jak-vybrat-dron>
- [25] LIŠKA, Leoš. ULL Konstrukce letadel. *OKA Flight Services* [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: https://www.okafs.cz/wp-content/uploads/2017/03/ULL-2-Konstrukce-letadel_TLeditis.pdf
- [26] NOVÁK, Jan. Trup dronu: uspořádání a materiály. *Droneweb* [online]. 19.11.2016 [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <http://www.droneweb.cz/konstrukce/item/91-trup-konstrukce-material>
- [27] Brushless DC electric motor. *Wikipedia* [online]. 1.5.2021 [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Brushless_DC_electric_motor
- [28] LUPTÁK, Pavol. *Design bezpilotního letounu*. Brno, 2016. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce doc. akad. soch. Ladislav Křenek, ArtD.
- [29] ANATOMY OF A UAV. *DroneArchaeology.com* [online]. United States [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: http://dronearchaeology.com/portfolio_page/anatomy-of-a-uav/

- [30] Sada 4 krytů vrtulí pro dron TY-930. *RCskladem.cz* [online]. Praha - Žižkov [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.rcskladem.cz/sada-4-krytu-vrtuli-pro-dron-ty-930/>
- [31] DJI Phantom 4 series inteligentní baterie 5870mAh. *DronPRO*[online]. Praha - Smíchov [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://dronpro.cz/dji-phantom-4-series-inteligentni-baterie-5870mah>
- [32] POLJAK, Mario. Drone Parts And Components Overview With DIY Tips. *Drone Tech Planet* [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.dronetechplanet.com/quick-drone-parts-overview-with-diy-tips/>
- [33] NOVÁK, Jan. Jak a proč (ne)létat daleko. *Droneweb* [online]. 16.3.2018 [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <http://www.droneweb.cz/konstrukce/item/218-drony-ovladani-dosah>
- [34] WINKLER, Chris. How Many Sensors are in a Drone, And What do they Do? *Fierce electronics* [online]. Jul 22, 2016 [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.fierceelectronics.com/components/how-many-sensors-are-a-drone-and-what-do-they-do>
- [35] NOVÁK, Jan. Není kamera jako kamera. *Droneweb* [online]. 8.2.2017 [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <http://www.droneweb.cz/kamery-2/item/114-drony-kamery>
- [36] SwellPro® 3 Axis Gimbal 4K Camera. *SwellPro* [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://store.swellpro.com/products/waterproof-4k-camera-3-axis-gimbal>
- [37] SwellPro Splash Drone 3 Fisherman. *Alza.cz* [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/swellpro-splash-drone-3-fisherman-d5117943.htm#prislusenstvi>
- [38] Pravidla pro létání s drony, aneb co vše s dronem (ne)smíte. *DronePRO* [online]. Praha - Smíchov, 13.10.2017 [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: [https://dronpro.cz/pravidla-pro-letani-aneb-co-vse-s-dronem-ne-smite?gclid=Cj0KCQjwsLWDBhCmARIsAPSL3_3CPVvbk-T77yWOownvoPK1mLVULKQEIarutYLB52\]2ac8g4UAQpUYaAsPeEALw_wcB](https://dronpro.cz/pravidla-pro-letani-aneb-co-vse-s-dronem-ne-smite?gclid=Cj0KCQjwsLWDBhCmARIsAPSL3_3CPVvbk-T77yWOownvoPK1mLVULKQEIarutYLB52]2ac8g4UAQpUYaAsPeEALw_wcB)

11 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

FPV	First Person View
GPS	Global Positioning System
LED	Light-Emitting Diode
Li-Pol	Lithium-polymerový akumulátor
UAV	Unmanned Aerial Vehicle

12 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2-1 Aerial Target [2]	14
Obr. 2-2 Dron DJI Phantom 4 RTK [3]	15
Obr. 2-3 Dron DJI Matrice 210 RTK V2 [5].....	16
Obr. 2-4 Dron DJI Mavic 2 PRO [6]	16
Obr. 2-5 Dron INSPIRE 2 RAW [7]	17
Obr. 2-6 Dron DJI Matrice 600 PRO [8]	18
Obr. 2-7 Dron X8-M S PIX4DMAPPER PRO [9]	18
Obr. 2-8 PowerEgg X [10]	19
Obr. 2-9 Dron Parrot Disco [11]	19
Obr. 2-10 Vzducholod' RHAEGAL Sabrewing [12].....	20
Obr. 2-11 Dron EHANG 184 AAV [13].....	20
Obr. 2-12 schéma použití civilních a komerčních dronů [15]	21
Obr. 2-13 infografika pravidel létání s drony [17]	22
Obr. 2-14 schéma letu kvadrokoptéry [22] – upraveno autorem	23
Obr. 2-15 typy dronů podle počtu vrtulí [18]	24
Obr. 2-16 typy dronů podle tvaru těla [18].....	24
Obr. 2-17 schéma komponent dronu [29] – upraveno autorem	25
Obr. 2-18 kryty vrtulí [30]	26
Obr. 2-19 baterie pro DJI Phantom 4 [31].....	27
Obr. 2-20 schéma senzorů [34]	28
Obr. 2-21 kamera s gimbalem [36].....	29
Obr. 4-1 inspirační koláž – upraveno autorem.....	33
Obr. 4-2 schéma vnitřních komponent variantních návrhů	34
Obr. 4-3 první varianta – nárys a půdorys.....	34
Obr. 4-4 první varianta – perspektivní pohled	35
Obr. 4-5 druhá varianta – nárys a půdorys	35
Obr. 4-6 druhá varianta – perspektivní pohled	36
Obr. 4-7 třetí varianta – nárys a půdorys.....	36

Obr. 4-8 třetí varianta – perspektivní pohled	37
Obr. 5-1 tělo dronu – přední pohled	38
Obr. 5-2 tělo dronu – zadní pohled	38
Obr. 5-3 kamerový systém	39
Obr. 5-4 výměnná baterie.....	39
Obr. 5-5 podvozková část	40
Obr. 5-6 vrtule.....	40
Obr. 6-1 části dronu.....	41
Obr. 6-2 nárys, půdorys a bokorys v M 1:5 v mm.....	42
Obr. 6-3 vnitřní komponenty	43
Obr. 6-4 ergonomie ovládání dronu	44
Obr. 6-5 ergonomie výměny baterie – 1. fáze	45
Obr. 6-6 ergonomie výměny baterie – 2. fáze	45
Obr. 6-7 sklopení podvozkových nožiček.....	46
Obr. 6-8 zorné pole kamery – horizontální směr	46
Obr. 6-9 zorné pole kamery – vertikální směr.....	46
Obr. 7-1 použité odstíny barev RAL	48
Obr. 7-2 barevná varianta RAL 110–1	48
Obr. 7-3 barevná varianta RAL 9001	49
Obr. 7-4 barevná varianta RAL 110–M.....	49
Obr. 7-5 barevná varianta RAL 5024	49
Obr. 7-6 stav baterie – částečně nabito	50
Obr. 7-7 stav baterie – kritická kapacita	50
Obr. 7-8 barevné osvětlení – přední pohled	51
Obr. 7-9 barevné osvětlení – zadní pohled.....	51
Obr. 7-10 grafické řešení logotypu	52
Obr. 7-11 aplikace logotypu	52

13 SEZNAM PŘÍLOH

Návrh posteru (A4)

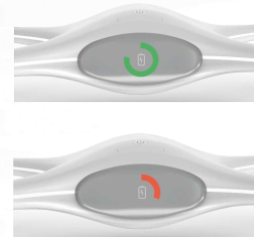
Sumarizační poster (A1)

NÁVRH POSTERU

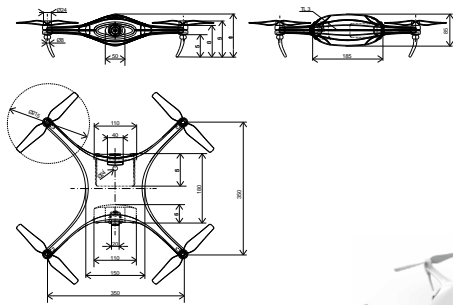
flyvio



Cílem bakalářské práce bylo navrhnout UAV určený pro civilní a komerční účely. Tento dron slouží pro vytváření fotografií, videí a pro monitoring, kterých lze využít v průmyslu, zemědělství, zdravotnictví a řadě dalších odvětví. Tvarové řešení vychází z logického rozmístění vnitřních komponent. Součástí je kamera s gimbalem integrovaná do těla dronu a snadno vyměnitelná baterie. Návrh respektuje technické, ergonomické i hygienické požadavky na funkci dronu.



Rozměrové řešení



M 1:5

Schéma vnitřních komponent



Ergonomické řešení



DESIGN UAV PRO CIVILNÍ A KOMERČNÍ ÚČELY / BAKALÁŘSKÁ PRÁCE / Autor: Simona Linhartová / Vedoucí práce: Ing. Arnošt Vespalec / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 2020/21

