

**POLICEJNÍ AKADEMIE ČESKÉ REPUBLIKY V PRAZE**

Fakulta bezpečnostně právní

Katedra kriminalistiky

**Využití bezpilotních systémů  
v integrovaném záchranném systému**

*Diplomová práce*

**Use of unmanned systems in integrated rescue system**

**Master thesis**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
**doc. Ing. Jiří Jonák, Ph.D.**

**AUTOR PRÁCE**  
**Bc. Matěj Dongres**

**PRAHA**  
**2022**

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že předložená práce je mým původním autorským dílem, které jsem vypracoval samostatně. Veškerou literaturu a další zdroje z nichž jsem čerpal, v práci řádně cituji a jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Praze dne 10.03.2022

.....

Bc. Matěj Dongres

## **Poděkování**

Rád bych na tomto místě poděkoval mému vedoucímu práce panu doc. Ing. Jiřímu Jonákovi, Ph.D. za jeho ochotu, pomoc, vedení a cenné rady při práci. Dále bych chtěl poděkovat panu plk. Ing. Ondřeji Smotlachovi Zástupci ředitele ÚO, mjr. Ing. Františkovi Hubáčkovi z Letecké služby Policie ČR za pomoc při praktické části diplomové práce a za poskytnutí detailnějších informací ohledně používaného vybavení u Policie ČR a zástupci vedoucího odboru požárně technické expertízy panu kpt. Ing. Jiřímu Strakošovi za informace ohledně použití bezpilotních prostředků u Hasičského záchranného sboru České republiky. Dále bych rád poděkoval panu Ivu Kolářovi z firmy Euroalarm, který mi poskytl bližší informace o fungování bezpilotních systémů a zprostředkoval důležité konzultace pro tuto práci. V neposlední řadě bych rád poděkoval své rodině, která mě podporovala při celém studiu a při psaní této práce.

## **ANOTACE**

Tato práce se v teoretické části zabývá popisem základních pojmů a definic, které se týkají problematiky bezpilotních systémů. Společně s tím práce seznámí čtenáře se základními principy detekce bezpilotních systémů, druhy pohonů, základními konstrukčními materiály a popisem letových charakteristik. V praktické části se práce zaměřuje na zjednodušení legislativy pro použití UAS při práci Integrovaného záchranného systému a na popis a seznámení nejnovějších antidronových systémů, které jsou využívány ve světě na ochranu důležitých objektů a lidí. Informace pro zpracování této práci jsou čerpány jak z tuzemské literatury, tak i ze samotných firemních ukázek systémů, zahraniční literatury a časopisů.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Bezpilotní letecký systém, bezpilotní letecké prostředky, detekce, IZS, senzory, motory, legislativa, antidron

## **ANNOTATION**

In the theoretical part, this thesis deals with the description of basic concepts and definitions related to the problems of unmanned systems. In addition, the thesis elaborates on basic principles of unmanned systems detection, types of drives, basic design materials and flight characteristics description. In the practical part, the thesis focuses on the simplification of legislation for the use of UAS in activities of the Integrated Rescue System and on the description and familiarization of the latest anti-drone systems that are used in the world for protection of important objects and people. Information used in this thesis is mainly drawn from domestic literature, company system exemplifications, foreign literature and magazines.

## **KEY WORDS**

Unmanned aerial system, Unmanned aerial vehicles, detection, integrated rescue system, sensors, engines, legislation, antidrone

Úvod.....	8
1 TEORETICKÁ ČÁST .....	9
2 Základní definice.....	9
2.1 Autonomní letadlo .....	9
2.2 Bezpilotní letadlo (UAV).....	9
2.3 Model letadla.....	10
2.4 Bepilotní systém (UAS) .....	10
3 Historie.....	11
3.1 Historie v Československu .....	12
4 Rozdělení bezpilotních systémů .....	14
4.1 Rozdělení podle účelu použití .....	14
4.2 Konstrukce bezpilotních prostředků .....	15
5 Druhy pohonů bezpilotních letadel.....	17
5.1 Elektromotory poháněné vrtule .....	17
5.2 Spalovací motory pístové.....	17
5.3 Spalovací motory proudové – turbína .....	17
5.4 Spalovací motory proudové – pulzní.....	18
5.5 Dmychadla .....	18
5.6 Raketové motorky .....	18
5.7 Mechanický pohon .....	18
6 Konstrukční materiály .....	19
7 Letové charakteristiky UAS.....	20
7.1 Výdrž ve vzduchu.....	20
7.2 Rychlost .....	20
7.3 Manévrovatelnost a stoupavost .....	21
7.4 Dolet.....	21

7.5	Náklad UAS .....	22
8	Lokalizace UAS.....	24
8.1	Rádiová detekce .....	26
8.2	Radiolokační detekce.....	27
8.3	Optická detekce .....	28
8.3.1	Člověk jako pozorovatel vzdušného prostoru.....	29
8.3.2	Automatické systémy optického průzkumu .....	31
8.3.3	Infračervené senzory.....	31
8.3.4	Akustické senzory .....	32
9	Eliminace bezpilotních systémů .....	34
9.1	Rušení rádiového a GPS signálu .....	35
9.2	Vystřelení sítě pomocí pušky .....	36
9.3	Kybernetický útok.....	37
9.4	Využití dravce pro odchyt bezpilotního prostředku.....	38
9.5	Využití bezpilotního prostředku se sítí pro odchyt jiného menšího bezpilotního prostředku .....	38
9.6	Převzetí kontroly pomocí falešných GPS údajů (spoofing) .....	39
10	Legislativa .....	41
10.1	Legislativa v České republice .....	41
11	PRAKTICKÁ ČÁST .....	45
11.1	Policie ČR.....	45
11.1.1	Typy bezpilotních prostředků a přídavné zařízení.....	46
11.1.2	Využití fotogrammetrie .....	48
11.1.3	Legislativní rámec pro použití bezpilotních prostředků.....	49
11.1.4	Současné možnosti nasazení .....	50
11.1.5	Budoucí možnosti nasazení .....	50
11.1.6	Systém Antidron Police ČR.....	52

11.1.7 Úspěšné použití bezpilotních prostředků .....	55
11.2 Hasičský záchranný sbor České republiky.....	56
11.2.1 Současné využití bezpilotních prostředků .....	56
11.2.2 Budoucí využití bezpilotních prostředků.....	58
11.3 Zdravotnická záchranná služba .....	60
11.3.1 Současné využití bezpilotních prostředků .....	60
11.3.2 Budoucí využití bezpilotních prostředků.....	60
11.4 Armáda ČR.....	63
11.4.1 Současný stav bezpilotních prostředků .....	63
11.4.2 Budoucí využití bezpilotních systémů .....	64
Závěr.....	65
Seznam obrázků a tabulek.....	67
Použité zdroje a literatura .....	68
Monografie.....	68
Časopisecké články.....	69
Zákonná úprava a IAŘ.....	69
Webové stránky a elektronické zdroje .....	69

# Úvod

Diplomová práce se zabývá bezpilotními systémy, které v současné době představují obrovský fenomén ve světě. Na začátku práce je zmíněn vývoj a historie bezpilotních prostředků a jejich využití v minulosti. Technologický průmysl se vyvíjí neskutečně rychle, a proto také musíme reagovat na tyto hrozby a umět se proti nim bránit. Samozřejmě také posun v této oblasti nám může pomoci zefektivnit práci a přinést možnosti, které dříve nebyly možné. Tudíž v integrovaném záchranném systému mají bezpilotní letecké prostředky široké spektrum využití. Jelikož Policie ČR se v posledních letech zaměřila na vývoj antidronového systému, tak mě toto téma začalo velice zajímat a myslím si, že většina lidí si neuvědomuje, jakou hrozbu může vývoj bezpilotních systémů představovat. Práce se však nezaměřuje pouze na Policii ČR, ale také na Hasičský záchranný sbor a Zdravotnickou záchrannou službu. Většina populace má drony spojené pouze s využitím ve filmovém průmyslu, pro komerční účely reklamy nebo jednoduše pro zábavu ve volném čase, jelikož nejlevnější bezpilotní prostředky jsou cenově dostupné úplně pro každého. V první části jsou uvedeny definice, které jsou potřeba znát při práci s touto problematikou. Dále jsou v práci popsány rozdíly mezi jednotlivými bezpilotními systémy. První část se také týká konstrukčních materiálů a pohonů těchto zařízení. Na konci teoretické části je uvedeno, jak lze detekovat, eliminovat nebo prakticky využít bezpilotní systém. Práce mimo zmíněné uvádí legislativní rámec pro použití těchto prostředků, a jak v praxi mohou složky integrovaného záchranného systému využívat drony. Na závěr práce jsou zmíněny a na obrázcích ukázány systémy pro rušení bezpilotních prostředků a jejich využití v praxi. Cílem této práce je zjistit aktuální stav bezpilotních prostředků v integrovaném záchranném systému, a jak funguje jejich používání vzhledem k legislativě.



# 1 TEORETICKÁ ČÁST

V teoretické části práce jsou uvedeny jednotlivé definice, které jsou potřeba znát pro porozumění problematice bezpilotních systémů a prostředků. Dále se zaměřuje na uvedení jednotlivých materiálů pro výrobu bezpilotních prostředků, popis konstrukce a přiblížení různých druhů pohonů. V závěrečných kapitolách jsou uvedeny různé druhy eliminace bezpilotních systémů a platná legislativa pro jejich provoz.

## 2 Základní definice

Obecná pravidla pro létání stanovuje v České republice Úřad pro civilní letectví. Stará se zejména o pravidla pro létání s bezpilotními letadly, registraci osob a organizace s oprávněním provozovat bezpilotní letadla pro různé účely. Definice uvedené v práci odpovídají definicím, které uvádí předpis L2 a jeho Doplněk X – Bepilotní systémy.

### 2.1 Autonomní letadlo

Autonomní letadlo je takové letadlo, kde nelze do jeho chodu nijak zasáhnout zvenčí. Pohybuje se pomocí umělé inteligence, která umožňuje zvládat nejrůznější nepředvídatelné nouzové situace. A definici určuje Doplněk X tak, že autonomní letadlo „*Je bezpilotní letadlo, které neumožňuje zásah pilota do řízení letu.*“<sup>1</sup>

### 2.2 Bepilotní letadlo (UAV)

UAV, které pochází z anglického spojení *unmanned aerial vehicle*, v překladu znamená bezpilotní letoun. Jedná se o letadlo bez jakékoliv posádky, které je řízeno na dálku pilotem pomocí vysílače nebo je dopředu naprogramované jiným způsobem. Doplněk X, který je součástí předpisu L2 bezpilotní letadlo definuje, jako „*Letadlo určené k provozu bez pilota na palubě. V mezinárodním kontextu se jedná o nadřazenou kategorii dálkově řízených*“

---

<sup>1</sup> Řízení letového provozu ČR, s.p. Předpis L2 „Doplněk X – Bepilotní systémy“ [Online]. 2017. [Citace: 20.10.2021.] str. 1 Dostupné z: <https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L-2/data/effective/doplX.pdf>

*letadel, autonomních letadel i modelů letadel. Pro účely Doplnku X se bezpilotním letadlem rozumí všechna bezpilotní letadla kromě modelů letadel s maximální vzletovou hmotností nepřesahující 25 kg.“<sup>2</sup>*

### **2.3 Model letadla**

*Úřad pro civilní letectví definuje model letadla, jako „letadlo, které není schopné nést člověka na palubě, je používáno pro soutěžní, sportovní nebo rekreační účely, není vybaveno žádným zařízením umožňujícím automatický let na zvolené místo, a které, v případě volného modelu, není dálkově řízeno jinak, než za účelem ukončení letu nebo které, v případě dálkově řízeného modelu, je po celou dobu letu pomocí vysílače přímo řízené pilotem v jeho vizuálním dohledu.“<sup>3</sup>*

### **2.4 Bepilotní systém (UAS)**

*„Bepilotní systém je systém skládající se z bepilotního letadla, řídicí stanice a jakéhokoliv dalšího prvku nezbytného k umožnění letu, jako například komunikačního spojení a zařízení pro vypuštění a návrat. Bepilotních letadel, řídicích stanic nebo zařízení pro vypuštění a návrat může být v rámci bepilotního systému více.“<sup>4</sup>*

---

<sup>2</sup> Řízení letového provozu ČR, s.p. Předpis L2 „Doplněk X – Bepilotní systémy“ [Online]. 2017. [Citace: 20.10.2021.] str. 1 Dostupné z: <https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-2/data/effective/doplX.pdf>

<sup>3</sup> Tamtéž str. 1

<sup>4</sup> Tamtéž str.1

### 3 Historie

Tato kapitola stručně vystihuje několik historických okamžiků, které měly velký význam pro rozvoj bezpilotních systémů jako takových a dále pak také historií v Československu. Za významnou osobu v této oblasti je považován Archibald Montgomery Low, který žil v letech 1888–1956. Tento britský letecký inženýr je otcem rádiově řízených systémů. V roce 1914, ve funkci velícího důstojníka během války, vytvořil první projekt bezpilotního letadla, řízeného pomocí radiových vln. Shromáždil si tým tří britských důstojníků, aby mu pomohli s vývojem a konstrukcí. Vznikl tzv. Aerial Target (Vzdušný cíl) a 21. března byly uskutečněny dva první zkušební lety. První se sice nevyvedl a letadlo téměř okamžitě spadlo na zem a druhý se povedl jen částečně, přesto byla nezpochybnitelně prokázána schopnost rádiového ovládní letadla.<sup>5</sup>

Poté bylo sestrojeno velké množství dálkově řízených letadel. Například v roce 1918 vzniklo letadlo „Kettering Bug“, které sloužilo jako torpédo ovládané na dálku a trefilo cíl až na vzdálenost 64 kilometrů. Ve třicátých letech dvacátého století se používaly bezpilotní systémy jako cvičné terče u britského královského námořnictva. V šedesátých letech dvacátého století se začaly bezpilotní systémy používat k průzkumu, sloužily ve válce ve Vietnamu nebo také byly nasazeny ve válečném konfliktu mezi Izraelem a jeho arabskými sousedními státy v roce 1973.<sup>6</sup>

Samozřejmě vývoj nezačal a šel stále dál, bezpilotní systémy se rozvíjely. V roce 1979 nastal další mezník, kdy Przybilla a Wester-Ebbinghaus položili základy používání bezpilotních systémů ve fotogrametrii. Původně se tedy jednalo výhradně o vojenské systémy a postupně pronikly i do civilní a komerční sféry až se staly dostupnými úplně každému.

---

<sup>5</sup> Encyclopedia of science. The worlds of David Darling. [Online] [Citace: 20. 10. 2021.] <http://www.daviddarling.info/encyclopedia/L/Low.html>.

<sup>6</sup> Patrik Petrydes. Typy bezpilotních prostředků a jejich využití v komerční sféře. [Online] Praha 2019 [Citace: 30. 01. 2022]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/85375/F6-BP-2019-Petrydes-Patrik-Bak.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>. Bakalářská práce. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE. Vedoucí práce Ing. David Hůlek, Ing. Martin Novák, Ph.D.

### 3.1 Historie v Československu

U nás se na vývoji rádiově řízených letadel podílel Geografický ústav Československé akademie věd. V 60. letech 20. století je vyvíjel a prosazoval s cílem pokročit při pořizování operativních snímků malých ploch, které je potřeba zmapovat či monitorovat. V této době panovaly pro vývoj obtížné společenské i politické podmínky. Přesto se podařilo RNDr. Otakaru Stehlíkovi, CSc., tehdejšímu vedoucímu pracovní skupiny pro výzkum současných reliéfových procesů, prosadit výrobu a provoz těchto bezpilotních létajících prostředků, za účelem studia eroze půdy na zemědělských plochách.<sup>7</sup> Již v roce 1967 se na našem území poprvé snímkovalo s pomocí rádiově řízeného modelu. To byl v Československu počátek leteckého snímkování z malých výšek. Nejprve se používaly modely s pevným křídlem a v roce 1976 byl sestaven model s názvem Rogalo 1976 (obr. 1<sup>8</sup>), který lépe splňoval požadavky pro snímkovací lety.



Obr. 1 Model Rogalo 1976

<sup>7</sup> LACINOVÁ, Markéta, Bc. Bepilotní létající prostředky při činnosti IZS a legislativní rámec pro jejich použití [Online]. Kladno, 2016. [Citace: 21. 10. 2021.] Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva. Vedoucí práce: Ing. Václav Navrátil. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/67527/FBMI-DP-2016-Lacinova-Marketa-prace.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

<sup>8</sup> RNDr. Ladislav Plánka, CSc., Počátky snímkování RC-modely letadel v Československu [Online]. Brno, 2014. [Citace: 23. 10. 2021.] Ústav geodézie, Fakulta stavební VUT v Brně. Dostupné z: <https://adoc.pub/poatky-snimkovani-rc-modely-letadel-v-eskoslovensku-uvod.html>

Tento typ mikroletounu se používal po celou dobu fungování Geografického ústavu Československé akademie věd. K pohonu sloužil spalovací motor a jeho nosná plocha byla tvořena rogalovým křídlem z polyethylenové fólie. Takové křídlo zajišťovalo rychlé stoupání a zároveň dostatečně pomalý pohyb nad terénem, což pro snímkování bylo ideální. Navíc se díky němu dokázal model v určitém protivětru „fixovat“ a zastavit se tak nad jedním bodem.<sup>9</sup>

---

<sup>9</sup> LACINOVÁ, Markéta, Bc. Bezpilotní létající prostředky při činnosti IZS a legislativní rámec pro jejich použití [Online]. Kladno, 2016. [Citace: 21. 10. 2021.] Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva. Vedoucí práce: Ing. Václav Navrátil. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/67527/FBMI-DP-2016-Lacinova-Marketa-prace.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

## 4 Rozdělení bezpilotních systémů

V současné době můžeme zpozorovat na trhu velké množství druhů bezpilotních systémů a letounů („dále jen UAV“). Dají se klasifikovat z mnoha hledisek a podle různých parametrů. Velmi záleží na tom, jaké parametry jsou pro koho důležité. Za takové základní rozdělení bezpilotních systémů z hlediska odlišnosti v účelu použití se považuje dělení na vojenské a civilní. Dalším důležitým hlediskem je přítomnost pohonné jednotky, tedy letouny motorové a bezmotorové. Dalšími možnými kritérii může být například hmotnost, doba letu, rychlost, dolet, zatížení křídla, nosnost, maximální letová výška, rozpětí křídel, způsob vzletu a v neposlední řadě také cena. Aspektů, podle kterých můžeme letouny rozdělovat je mnoho a často se také prolínají. To znamená, že jeden konkrétní letoun se dá zařadit do více kategorií.<sup>10</sup>

### 4.1 Rozdělení podle účelu použití

V civilní sféře jsou UAV prakticky využívány v řadě odvětví a samozřejmě samostatnou a nejpočetnější skupinu tvoří bezpilotní letadla nejrůznějších kategorií využívány jako prostředek naplnění volnočasových aktivit. Dále civilní využití můžeme spatřit při různých komerčních činnostech a v neposlední řadě také u integrovaného záchranného systému. V neposlední řadě se zaměřím na situace, kdy UAV využívá jak Policie České republiky, Hasičský záchranný sbor České republiky, tak i další.

Druhý účel použití je vojenský, kde se jedná především o průzkum dané oblasti, transport, anebo v podobě bojových letounů.

---

<sup>10</sup> LACINOVÁ, Markéta, Bc. Bepilotní létající prostředky při činnosti IZS a legislativní rámec pro jejich použití [Online]. Kladno, 2016. [Citace: 31. 10. 2021.] Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva. Vedoucí práce: Ing. Václav Navrátil. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/67527/FBMI-DP-2016-Lacinova-Marketa-prace.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

## 4.2 Konstrukce bezpilotních prostředků

Při konstrukci bezpilotních prostředků, jak již z názvu vyplývá, chybí kokpit a jeho okna. Konstrukce se rozlišuje na dva základní typy. A to na multikoptéry bez ocasního rotoru a na koptéry, které jsou podobné pilotovaným letadlům s jedním nebo dvěma rotory.

Jako základní a hlavní prvek konstrukce je rám neboli trup, na němž je zbytek konstrukce postaven. Na rámu jsou upevněny motory a další zařízení a čidla bezpilotního prostředku tak, aby v průběhu letu byla zajištěna stabilita a prostředek byl vyvážený.

Většina komerčních dronů se lisuje z plastu, což většinou nezaručuje takovou pevnost, jak výrobce uvádí. A to ani v případě, kdy se jedná o tvrzené plasty. V těchto případech spíše výrobci spoléhají na kvantitu než na kvalitu, zejména u levnějších dronů. Na druhé straně také existují z mého pohledu velmi kvalitní drony, které jsou vyráběny z lehké slitiny, jako je například dural. Dále se na výrobu bezpilotních prostředků využívají kvalitní překližky, karbon, laminát, případně různé sendvičové konstrukce. Jak se vyvíjí trh s bezpilotními prostředky, tak samozřejmě postupuje jejich výroba, a proto lze v dnešní době nalézt i drony vytisknuté na 3D tiskárně.<sup>11</sup>

Hlavními strukturálními částmi UAV jsou typicky:<sup>12</sup>

- Drak:
  - Trup;
  - Aerodynamické plochy:

---

<sup>11</sup> Jan A. Novák. DRONE WEB. [Online]. 16.11.2016 [Citace: 30. 01. 2022.] Dostupné z: [droneweb.cz/konstrukce/item/91-trup-konstrukce-material](http://droneweb.cz/konstrukce/item/91-trup-konstrukce-material)

<sup>12</sup> Veřejná zakázka: Vývoj a testování zařízení pro detekci, kontrolu, rušení a eliminaci nebezpečných bezpilotních prostředků nepodléhajících registraci UCL pro potřeby PČR. Systémové číslo: P16V00000890. Spisová značka: MV-61839/VZ-2016.[Citace: 31. 10. 2021.] Autor: prof. Ing. Jaroslav Čechák, Ph.D. Zadavatel veřejné zakázky: Ministerstvo vnitra 2016. Počet stran: 49 Dostupné z: <http://em.mvcr.cz/index.php?m=rsczcontracts&h=contract&a=detail&idContract=31372>

- Křídla s řídicími plochami (v menším rozsahu s porovnáním s „běžným“ letadlem: spoilery, klapky, sloty, ...)
  - Ocasní skupina se směrovkou a výškovkami;
  - Podvozková skupina (startovací/přistávací elementy; v některých případech speciálního provedení: např. hák katapultu, padák, ...)
- Primární pohonná jednotka;
- Primární palubní zdroj energie;
- Sekundární zdroj energie;
- Autopilot se senzorickými systémy (palubní počítač, gyroskopy, přijímače signálu GPS/GLONASS, akcelerometry, rychloměry, výškoměry);
- Výkonné řídicí mechanismy autopilotu (servopohony + táhla řídicích ploch);
- Přijímač řídicího signálu (pro neautonomní let)
- Komunikační systém (s pozemním stanovištěm, resp. S kooperujícím bezpilotním systémem („dále jen UAS“));
- Potřebný náklad.



## 5 Druhy pohonů bezpilotních letadel

K udělení tahu jsou používány pohonné agregáty, které musí zabezpečit požadované letové vlastnosti.<sup>13</sup>

### 5.1 Elektromotory poháněné vrtule

Většinou se používají napájecí akumulátory o kapacitě 1 – 8Ah. Samotný akumulátor představuje limitující prvek konstrukce dronu. A to hned z několika důvodů. Jeho výroba je nejdražší, zatímco životnost je nejmenší a omezuje letecké výkony. Takové akumulátory zajistí výdrž ve vzduchu standartně 20 minut. Výhodou je relativně tichý a svižný pohon. Zejména u koptér je díky vrtulím zajištěna výborná ovladatelnost a dynamika. Nevýhodou je nižší maximální rychlost, která se pohybuje okolo 200 km/h u plošníků a okolo 140 km/h u koptér.

### 5.2 Spalovací motory pístové

Tento pohon má zdvihový objem pro mini UAV do 150 cm<sup>3</sup>. Jeho výdrž ve vzduchu je několik desítek minut. Nevýhodou je hlučnější provoz, výraznější tepelná taktická stopa, která může být jednoduše zjištěna pomocí termovizních přístrojů. Naopak výhodou je dobrá ovladatelnost a dynamika. Díky danému pohonu je možnost dosahování vyšších letových výkonů. Ovšem tento pohon není vhodný jako přímý silový pohon pro koptéry.

### 5.3 Spalovací motory proudové – turbína

Hlavní charakteristikou je dosahování vysokých rychlostí na úkor výdrže. Spotřeba paliva pro tzv. „JET UAV“, což je letoun s hmotností ± 10 kg a tahem turbíny do 100 N je 0,5 l za minutu letu a více. Nevýhodou je opět výrazná tepelná a akustická taktická stopa, horší ovladatelnost, dynamika a vyšší pořizovací cena.

---

<sup>13</sup> Veřejná zakázka: Vývoj a testování zařízení pro detekci, kontrolu, rušení a eliminaci nebezpečných bezpilotních prostředků nepodléhajících registraci UCL pro potřeby PČR. Systémové číslo: P16V00000890. Spisová značka: MV-61839/VZ-2016.[Citace: 31. 10. 2021.] Autor: prof. Ing. Jaroslav Čechák, Ph.D. Zadavatel veřejné zakázky: Ministerstvo vnitra 2016. Počet stran: 49 Dostupné z: <http://em.mvcr.cz/index.php?m=rsczcontracts&h=contract&a=detail&idContract=31372>

Tento druh pohonu lze využívat pouze pro plošníky a pro některé typy jednorotorových koptér.<sup>14</sup>

## **5.4 Spalovací motory proudové – pulzní**

Při tomto pohonu je nutný start urychlovacím zařízením (katapult, startovací raketové motorky, externí vhánění proudu vzduchu do motoru). Výhodou je dosahování vysokých rychlostí, a to až přes 400 km/h. Nevýhodami jsou výrazná a specificky charakteristická tepelná a akustická stopa. Dále také vysoká spotřeba, která dosahuje pro mini UAV několik desítek dl na jednu minutu letu.

## **5.5 Dmyhadla**

Tento pohon lze použít pro UAV plošnickové konfigurace. Je vhodný pro lehčí stroje, což odpovídá maximálně jednotkám kil. V případě tohoto pohonu dosahují UAV vyšších rychlostí, přibližně 200 km/h. Nevýhodou je omezený dolet při elektropohonu kvůli vyšší energetické náročnosti ve srovnání s vrtulovým pohonem.

## **5.6 Raketové motorky**

Pro účely v integrovaném záchranném systému jsou méně vhodné, především kvůli době hoření v řádech desítek sekund. Tento druh pohonu je možné využít např., jako impuls pro navedení do požadované oblasti a pak UAV plošnickového typu doplachtí s minimální taktickou stopou k cíli.

## **5.7 Mechanický pohon**

Tento pohon využívá např. energii nahromaděnou v gumovém svazku. Pro využití v integrovaném záchranném systému jsou zcela nevhodné.

---

<sup>14</sup> PBS Group, a. s., 2017. Letecké motory [online]. Praha [cit. 30.11.2021]. Dostupné z: <https://www.pbs.cz/cz/Letectvi/Letecke-motory>.

## 6 Konstrukční materiály

I když konstrukce UAS vychází z principů stavby „standardních“ letadel, vzhledem k jejich velikosti, určení a předpokládaným letovým parametrům se použité materiály v dílčích částech letadla mohou lišit. Typicky používanými materiály jsou primárně:<sup>15</sup>

- a) Kompozity – vlákna v pryskyřici (Karbon), skleněné vlákno v pryskyřici nebo laminát;
- b) Polystyrenové extrudované tuhé pěny/desky (Depron, EPP);
- c) Kovy (hliník, dural, ocel, mosaz, měď a jejich slitiny);
- d) Dřevěné materiály (balsa, smrk, buk a překližky typu bříza, olše, topol);
- e) Silikon a další plasty.

Drak komerčních modelů je zpravidla vyroben z materiálů uvedených pod písmeny „a“ a „b“, vyztužen materiály pod písmeny „a“, „c“, „d“. Pohonné jednotky jsou komponované z materiálů pod písmenem „c“. Energetické zdroje tvoří materiály „e“ a „c“ (v případě baterií navíc např. nikl, oxidanty atd.), aerodynamické řídicí plochy pak z materiálů „a“, „d“ a táhla jsou z „c“.

V současnosti pro experimenty a účely volnočasových aktivit jsou převážně využívány konstrukce s nafukovacími částmi trupu letounu. Ke zvýšení tuhosti konstrukce jsou pak některé části vyztuženy pevnými nosníky z lehkých, ale tuhých materiálů, případně opět z nafukovacích komor. Nevýhodou oproti výše uvedeným materiálům je malá odolnost konstrukce, protože při dosažení určité rychlosti se křídla zhroutní, deformují a letoun padá. Nespornou předností je skladnost a malá hmotnost – což je výhoda při přepravě na místo startu.

---

<sup>15</sup> Veřejná zakázka: Vývoj a testování zařízení pro detekci, kontrolu, rušení a eliminaci nebezpečných bezpilotních prostředků nepodléhajících registraci UCL pro potřeby PČR. Systémové číslo: P16V00000890. Spisová značka: MV-61839/VZ-2016.[Citace: 31. 10. 2021.] Autor: prof. Ing. Jaroslav Čechák, Ph.D. Zadávatel veřejné zakázky: Ministerstvo vnitra 2016. Počet stran: 49 Dostupné z: <http://em.mvcr.cz/index.php?m=rsczcontracts&h=contract&a=detail&idContract=31372>

## 7 Letové charakteristiky UAS

Letové vlastnosti bezpilotních prostředků pokrývají široké spektrum charakteristik, které převyšují v řadě kvantifikovatelných ukazatelů pilotovaná letadla. Tento přesah je typický pro kategorie mikro a mini UAS a týká se zejména dynamických letových/manévrovacích vlastností.

Nicméně i s hmotnostně a rozměrově srovnatelnými pilotovanými stroji dosahují UAS v některých charakteristikách vyšších výkonů. Pro účely použití letounů v IZS se práce zaměřuje na čtyři základní charakteristiky, které jsou nejvíce významné.<sup>16</sup>

### 7.1 Výdrž ve vzduchu

Akumulátorem napájená letadla (v současnosti se kapacita pohybuje v řádech tisíců mAh a vybíjecí proudy v desítkách až stovkách ampér) mají výdrž v řádech desítek minut. UAS s pístovými motory (zpravidla plošníky) mají výdrž (při obvyklém procentuálním hmotnostním poměru paliva vůči MTOW („maximální vzletová hmotnost“) do 20 %) několik desítek minut až hodin.

### 7.2 Rychlost

Letová rychlost se liší dle třídy, typu, druhu pohonu a způsobu letu. Letecké modely srovnatelné s mini UAS dosahují maximálních rychlostí až k 300 km/h, modely vybavené proudovými motory pak i rychlostí vyšších. Při použití bezpilotních systémů jako útočného prostředku lze předpokládat letovou rychlost ve vodorovném letu od 30 km/h až do 150 km/h.<sup>17</sup>

---

<sup>16</sup> Veřejná zakázka: Vývoj a testování zařízení pro detekci, kontrolu, rušení a eliminaci nebezpečných bezpilotních prostředků nepodléhajících registraci UCL pro potřeby PČR. Systémové číslo: P16V00000890. Spisová značka: MV-61839/VZ-2016.[Citace: 31. 10. 2021.] Autor: prof. Ing. Jaroslav Čechák, Ph.D. Zadavatel veřejné zakázky: Ministerstvo vnitra 2016. Počet stran: 49 Dostupné z: <http://em.mvcr.cz/index.php?m=rsczcontracts&h=contract&a=detail&idContract=31372>

<sup>17</sup> KARAS, Jakub a Tomáš TICHÝ. Drony. Brno: ComputerPress, 2016. ISBN 978-80-251-4680-4.

### 7.3 Manévrovatelnost a stoupavost

Bezpilotní systémy jsou schopny manévrovat s velkým zrychlením jak v horizontální, tak vertikální rovině. Úplně samostatnou kapitolou jsou manévrovací možnosti multikoptér, které jsou schopné při minimálních rychlostech provádět prakticky ostroúhlé zatáčky, či z nulové rychlosti ve visu začít téměř okamžitě stoupat rychlostí až desítek km/h a jsou zpravidla omezeny možnostmi autopilota.

### 7.4 Dolet

Dolet lze odvodit ze střední cestovní rychlosti a času, po který je schopna pracovat pohonná jednotka. Pokud např. počítáme s energií zdroje, resp. množstvím paliva na cca 20 minut letu a odečteme dobu potřebnou na dosažení rychlosti (cca do 1 minuty), pak je možné stanovit okruh použití UAS v souladu s tabulkou 1, ve které jsou zatemněna políčka přesahující letový čas 20 minut.

Tabulka 1 Možný okruh použití UAS<sup>18</sup>

Vzdálenost [km]	Cestovní rychlost [km/h]							
	30	40	50	60	70	80	90	100
5	9	7	5	4	3	3	2	2
10	19	14	11	9	8	7	6	5
15	29	22	17	14	12	10	9	8
20	39	29	23	19	16	14	12	11
25	49	37	29	24	20	18	16	14
30	59	44	35	29	25	22	19	17
35	69	52	41	34	29	25	22	20

<sup>18</sup> Veřejná zakázka: Vývoj a testování zařízení pro detekci, kontrolu, rušení a eliminaci nebezpečných bezpilotních prostředků nepodléhajících registraci UCL pro potřeby PČR. Systémové číslo: P16V00000890. Spisová značka: MV-61839/VZ-2016.[Citace: 31. 10. 2021.] Autor: prof. Ing. Jaroslav Čechák, Ph.D. Zadavatel veřejné zakázky: Ministerstvo vnitra 2016. Počet stran: 49 Dostupné z: <http://em.mvcr.cz/index.php?m=rsczcontracts&h=contract&a=detail&idContract=31372>

Přestože UAS jsou teoreticky schopny dosáhnout letových hladin i v řádu kilometrů, jejich použití, resp. zneužití, je v těchto letových hladinách spíše znevýhodňuje. V důsledku toho se zvyšuje možnost jejich zjištění. Vystoupení na vysokou letovou hladinu zbytečně ubírá vzácnou energii, znesnadňuje se řízení, navedení k cíli apod. Naopak výhoda vysoké manévrovatelnosti v přízemních výškách patří k typickým atributům uvažované aplikace UAS jako nebezpečného prostředku.

## 7.5 Náklad UAS

Jak bylo uvedeno výše, jsou UAS schopny plnit řadu úkolů v široké sféře využití. Lze konstatovat, že mnoho prakticky provozovaných UAS konstruovaných pro volnočasové aktivity nesou nějaký užitečný náklad – fotoaparáty, kamerové systémy apod.

V souvislosti s nebezpečným nákladem na platformě UAS je možné uvést základní bezpečnostní aspekty zneužití UAS.

Charakteristiky a zejména přednosti bezpilotních prostředků rozebrané výše již v minulosti vedly k myšlence jejich zneužití ve prospěch dosažení cílů, které (zejména nestátními a polovojenskými teroristickými organizacemi) nemohly být dosaženy jinou cestou. Navíc využitím UAS k teroristickým účelům lze mnohdy dosáhnout značně dobrých výsledků, a to velice efektivně. Vzhledem k možné užitečné zátěži, kterou je schopen UAS nést, budou hlavními objekty zájmu tzv. „měkké cíle“, k jejichž zničení není třeba velkých bomb a jiných munic.<sup>19</sup>

Potencionálně ohrožené nevojenské/civilní objekty:

- Místa shromáždění velkého počtu lidí:
  - náměstí;
  - odkryté sportovní stadiony;

---

<sup>19</sup> Veřejná zakázka: Vývoj a testování zařízení pro detekci, kontrolu, rušení a eliminaci nebezpečných bezpilotních prostředků nepodléhajících registraci UCL pro potřeby PČR. Systémové číslo: P16V00000890. Spisová značka: MV-61839/VZ-2016.[Citace: 31. 10. 2021.] Autor: prof. Ing. Jaroslav Čechák, Ph.D. Zadavatel veřejné zakázky: Ministerstvo vnitra 2016. Počet stran: 49 Dostupné z: <http://em.mvcr.cz/index.php?m=rsczcontracts&h=contract&a=detail&idContract=31372>

- nákupní centra;
- hromadná přeprava osob:
  - železniční/autobusová doprava;
  - letiště;
  - přístavy;
  - pozemní dopravní prostředky za pohybu;
  - letadla na vzletu/přistání;
- zásobníky se snadno vznětlivými, nebo jedovatými látkami;
- důležitá státní správní, politická, hospodářská a jiná centra.

## 8 Lokalizace UAS

Prvotním problémem boje proti nebezpečným UAS je jejich včasné zjištění, které je prováděno cestou obecného průzkumu a zakončeno sledováním konkrétního UAS. Tento proces je realizován obecně ve čtyřech krocích, kterými jsou:

- detekce (zjištění);
- rozpoznání;
- identifikace;
- lokalizace.

### Detekce

Detekce je proces, při kterém (s určitou mírou pravděpodobnosti) konstatujeme, že ve vzdušném prostoru se nachází objekt, který by mohl být nebezpečným UAS, a se kterým nutné dále pracovat.<sup>20</sup>

### Rozpoznáním

Rozpoznáním rozumíme přiřazení vzdušného objektu do určité kategorie UAS, podle kterého se volí další postup. Zpravidla již v této fázi dochází k předběžnému rozhodnutí o zpracování a případnému přidělení ke sledování.<sup>21</sup>

### Identifikace

Identifikace je výstupem jednoznačně stanovujícím příslušnost, typ, stupeň priority a další charakteristiky UAS. I při negativní identifikaci může být tento UAS dále zpracován a veden ve vzdušném prostoru.<sup>22</sup>

---

<sup>20</sup> Veřejná zakázka: Vývoj a testování zařízení pro detekci, kontrolu, rušení a eliminaci nebezpečných bezpilotních prostředků nepodléhajících registraci UCL pro potřeby PČR. Systémové číslo: P16V00000890. Spisová značka: MV-61839/VZ-2016.[Citace: 31. 10. 2021.] Autor: prof. Ing. Jaroslav Čechák, Ph.D. Zadavatel veřejné zakázky: Ministerstvo vnitra 2016. Počet stran: 49 Dostupné z: <http://em.mvcr.cz/index.php?m=rsczcontracts&h=contract&a=detail&idContract=31372>

<sup>21</sup> Tamtéž

<sup>22</sup> Tamtéž



Výstupem lokalizace jsou souřadnice cíle a derivace měnících se souřadnic s následným předáním polohy UAS do dalších procesů kontroly, rušení či eliminace.

V praxi je celý tento výše uvedený proces otázkou několika sekund, přičemž fáze rozpoznání a identifikace často splývají. Obecně v architektuře systémů velení a řízení (Command and Control – „C2“), jejíž komponenty bývají řešeny jako provázané systémy průzkumu a řízení elektronického boje pracující v reálném čase, běží jednotlivé operace téměř paralelně. Pro průzkum vzdušného prostoru a s ohledem na fyzikální projevy letu UAS, je možné využít zejména následující senzory pracující v určité části kmitočtového spektra:<sup>23</sup>

- rádiové;
- radiolokační;
- optické (ve viditelné i neviditelné části spektra);
- akustické.

Pro detekci, eliminaci, kontrolu a rušení bezpilotních prostředků se zaměřením pro potřeby PČR, je možné provést následující charakteristiky UAS, které ovlivňují výběr možných protiopatření.

Z ryze fyzikálních projevů letu je možné využít následujících vlastností UAS:

- přítomnost rádiového RC kanálu pro ovládání a řízení platformy;
- přítomnost rádiového datového kanálu pro přesnost dat z platformy;
- přítomnost akustického hluku vytvářeného rotačními, pohonnými a/nebo nosnými plochami a pohonnou jednotkou;
- přítomnost tepelné stopy vlivem provozního zahříváním baterií, motorů či měničů;

---

<sup>23</sup> Veřejná zakázka: Vývoj a testování zařízení pro detekci, kontrolu, rušení a eliminaci nebezpečných bezpilotních prostředků nepodléhajících registraci UCL pro potřeby PČR. Systémové číslo: P16V00000890. Spisová značka: MV-61839/VZ-2016.[Citace: 31. 10. 2021.] Autor: prof. Ing. Jaroslav Čechák, Ph.D. Zadavatel veřejné zakázky: Ministerstvo vnitra 2016. Počet stran: 49 Dostupné z: <http://em.mvcr.cz/index.php?m=rsczcontracts&h=contract&a=detail&idContract=31372>

- nenulové rozměry mající za následek vznik akustické a radiolokační odrazné plochy.

## 8.1 Rádiová detekce

Rádiová detekce je založena na fyzické přítomnosti rádiového RC kanálu pro ovládání a řízení platformy, popřípadě i na fyzické přítomnosti rádiového datového kanálu pro přenos dat z platformy, a to ve formě obrazových nebo telemetrických dat.

Současný rádiový prostor využívaný UAS je charakterizován vedením datové komunikace s použitím složitých číslicových modulací, využíváním časového, frekvenčního a kódového multiplexu (*„přenosu vícero digitálních signálů prostřednictvím jediného sdíleného média, která jednotlivé signály rozlišuje tím, že každé z nich používá odlišné (vhodně navržené) kódování“*<sup>24</sup>). Jako povolující orgán je český telekomunikační úřad. Datové radiostanice pro ovládání UAS jsou z pohledu generálních povolení v současnosti provozována zejména v kmitočtových pásmech 27–42 MHz, 2.4 GHz a 5.8 GHz, nicméně jsou k tomuto účelu využitelná kmitočtová pásma 57 MHz, 149 MHz, 155 MHz, 305 MHz, 448 MHz a 24 GHz. Použití těchto kmitočtových pásem je však rozdílné pro jiné země v rámci celosvětových pravidel *International Telecommunication Union* – ITU dle rozdělení světa do tří základních regionů:<sup>25</sup>

- Region 1 zahrnuje Evropu, Afriku, Střední východ, státy bývalého Sovětského svazu a Mongolsko;
- Region 2 zahrnuje státy severní, střední a jižní Ameriky, Grónsko, východní ostrovy tichého oceánu;
- Region 3 zahrnuje Asijské státy, Austrálii a Oceánii.<sup>26</sup>

<sup>24</sup> Marek Kumpošt, Zdeněk Říha. PB169 – Operační systémy a sítě: Řízení přístupu k médiu, MAC. [Online] Prezentace. Brno. 2013. [Citace: 31. 01. 2022]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/el/1433/jaro2013/PB169/um/31567058/pb169\\_i.pdf](https://is.muni.cz/el/1433/jaro2013/PB169/um/31567058/pb169_i.pdf)

<sup>25</sup> Veřejná zakázka: Vývoj a testování zařízení pro detekci, kontrolu, rušení a eliminaci nebezpečných bezpilotních prostředků nepodléhajících registraci UCL pro potřeby PČR. Systémové číslo: P16V00000890. Spisová značka: MV-61839/VZ-2016.[Citace: 31. 10. 2021.] Autor: prof. Ing. Jaroslav Čechák, Ph.D. Zadavatel veřejné zakázky: Ministerstvo vnitra 2016. Počet stran: 49 Dostupné z:

<http://em.mvcr.cz/index.php?m=rsczcontracts&h=contract&a=detail&idContract=31372>

<sup>26</sup> Tamtéž str. 10

Jinými slovy, pro rádiovou detekci založenou na fyzické přítomnosti rádiového RC kanálu pro ovládání a řízení platformy je nutné vzít v úvahu i to, že pilot může být cizí státní příslušník a neoprávněně provozuje na území ČR zařízení, které bylo vyrobeno pro odlišný region. Tím pádem je potřeba pracovat v celém pásmu kmitočtů 20 MHz – 6 GHz, jelikož nelze výše uvedený případ vyloučit.

Rádiová detekce je prakticky řešena velmi rychlým automatizovaným průzkumným, zaměřovacím a monitorovacím systémem, technickou analýzou a lokalizací rádiových signálů. Technologicky je tato část založena na digitálním monitorovacím/snímacím přijímači IZ225 a na interferometrickém zaměřovači. Tento přijímač byl v naší armádě nasazen již v roce 2010.

Obecně rádiová detekce poskytuje na svém výstupu data o zjištění, rozpoznání přenosové rádiové technologie, dekódování přenosové technologie, identifikaci rádiové technologie, a prostřednictvím fázového interferometru je určen azimut na vysílací část pilota, popřípadě i odpovídající část na platformě UAS.

## 8.2 Radiolokační detekce

Radiolokací rozumíme to, že v daném prostoru zjišťujeme objekty a určujeme jejich polohu a parametry pohybu pomocí elektromagnetických vln. Zařízení určená pro plnění zmíněných úkolů nazýváme radiolokátory (RLS), zkráceně lokátory.<sup>27</sup>

Při volbě monostatického radiolokačního detektoru je třeba vycházet z fyzikálních zákonů. Velikost efektivní odrazné plochy cíle je nepřímo úměrná vlnové délce použitého radiolokátoru a je tedy diktováno použití co nejvyššího kmitočtu. Impulsivní radiolokátor má po dobu vysílání slepé místo, tedy při délce impulsu 1  $\mu$  sec se jedná o téměř 150 metrů a tento radiolokátor by musel být o tuto vzdálenost umístěn před chráněným objektem. Tento problém se dá řešit

---

<sup>27</sup> ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY, 2004. Radiolokace a radionavigace [Online]. Brno. [cit. 30.11.2021]. Dostupné z: [http://www.urel.feec.vutbr.cz/~sebestaj/RAR/literatura/Radiolokace\\_a\\_radionavigace\\_2004.pdf](http://www.urel.feec.vutbr.cz/~sebestaj/RAR/literatura/Radiolokace_a_radionavigace_2004.pdf)

zkrácením vysílacího impulsu, ale tím se bohužel sníží i efektivní vyzářený výkon.<sup>28</sup>

Letecké prostředky koptérového typu se vyznačují efektivní odraznou plochou („RCS“), přibližně 20 až 50 cm<sup>2</sup> dlouhou, a jejich typickou vlastností je provoz ve visu s minimální radiální rychlostí letu (vlastnost stabilizační servosmyčky) odpovídající několika cm/sec. Z tohoto důvodu je nutné použít takový radiolokátor, který pracuje ve vyšším kmitočtovém pásmu, aby i malá radiální rychlost cíle byla detekována.<sup>29</sup>

### 8.3 Optická detekce

Tato detekce je historicky nejstarším způsobem sledování vzdušného prostoru. Informace o objektu nebo vzdušném cíli mohou být zpracovány několika způsoby:

- přímo člověkem (pozorovatelem);
- člověkem za pomoci přístrojů;
- automatickými/automatizovanými systémy optického průzkumu.

Vzhledem k vlastnostem atmosféry nelze tímto způsobem detekovat objekty v celém spektru vlnových délek. Na obrázku 2<sup>30</sup>, lze vidět transmitance atmosféry („což je veličina, která popisuje množství elektromagnetického záření určité vlnové délky, které projde daným vzorkem“). Z obrázku je tedy zřejmé, že transmitance atmosféry dovoluje detekovat objekty především na vlnových délkách od 0,5 – 4,2 μm (s určitými propady způsobenými přítomností molekul vody a kyslíčnicku uhličitého) a pak až od 8 μm.

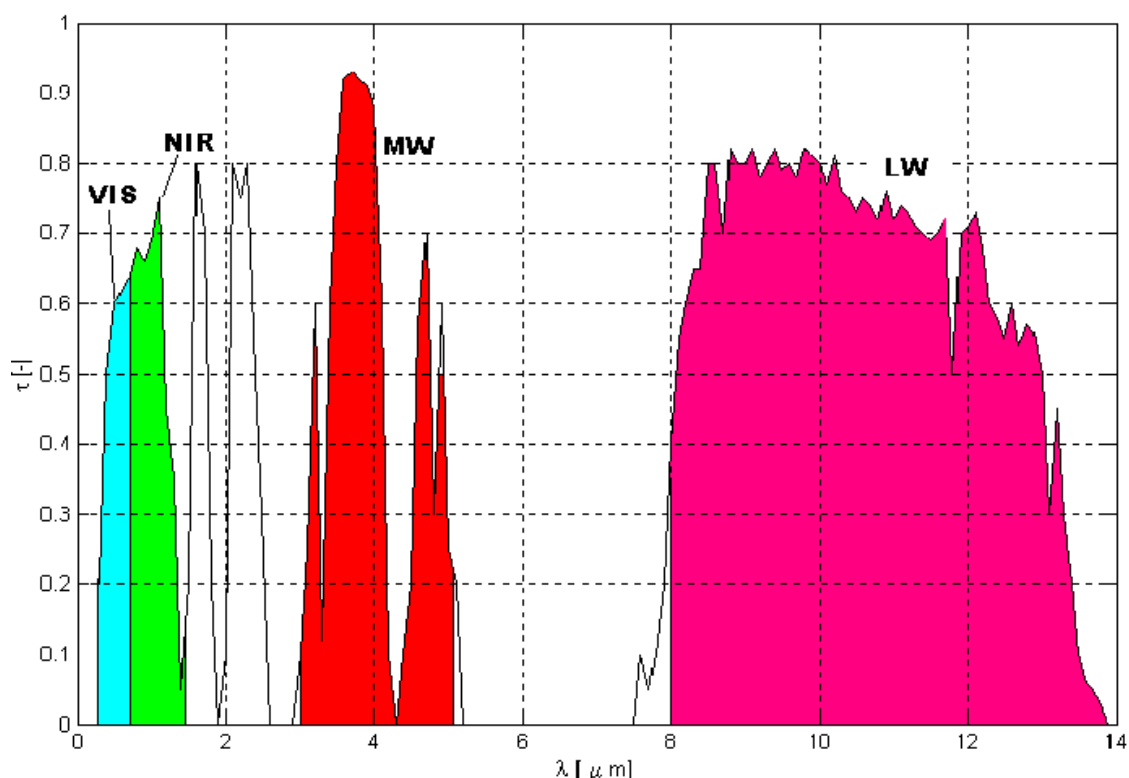
---

<sup>28</sup> Veřejná zakázka: Vývoj a testování zařízení pro detekci, kontrolu, rušení a eliminaci nebezpečných bezpilotních prostředků nepodléhajících registraci UCL pro potřeby PČR. Systémové číslo: P16V00000890. Spisová značka: MV-61839/VZ-2016.[Citace: 31. 10. 2021.] Autor: prof. Ing. Jaroslav Čechák, Ph.D. Zadavatel veřejné zakázky: Ministerstvo vnitra 2016. Počet stran: 49 Dostupné z:

<http://em.mvcr.cz/index.php?m=rsczcontracts&h=contract&a=detail&idContract=31372>

<sup>29</sup> Tamtéž str. 12

<sup>30</sup> Teodor Baláž, Zdeněk Řehoř. Brno. 2010. Dosahy OE přístrojů v reálných podmínkách. Vysoké učení technické v Brně. [Citace: 12. 01. 2022.] Dostupné z: <https://docplayer.cz/68745505-Dosahy-oe-pristroju-v-realnych-podminkach.html>



Obr. 2 Transmittance atmosféry

- $\lambda$ .....vlnová délka
- $T$ .....transmittance
- VIS.....viditelné/380-750 nm, člověk, TV kamery
- NIR.....blízké Infračervené/0,75 – 1,4  $\mu\text{m}$ , přístroje nočního vidění
- SW.....krátkovlnné/ 1,4 – 3  $\mu\text{m}$
- MW.....středněvlnné/ 3–5  $\mu\text{m}$
- LW.....dlouhovlnné/ 8–15  $\mu\text{m}$
- F.....vzdálenosti dlouhovlnné/ 15–1000  $\mu\text{m}$

### 8.3.1 Člověk jako pozorovatel vzdušného prostoru

Může se zdát, že nasazení člověka jako pozorovatele v dnešní době není vůbec efektivní kvůli fyziologickým limitům. Samozřejmě jsou dnes na trhu mnohem lepší metody, jak pozorovat danou oblast, ale i přes mnohé fyziologické limity člověka má nasazení pozorovatele řadu nesporných výhod – vysoká mobilita takového „čidla“, a to i v náročných podmínkách (horský nebo jinak těžce přístupný terén). Berme také v potaz, že člověk disponuje vlastnostmi, kterými

žádný jiný přístroj nedisponuje. Těmi jsou například předvídatost, flexibilita, schopnost se učit apod. Zjistitelnost nějakého daného objektu lidským zrakem je ovlivněna několika faktory, které lze rozdělit do dvou skupin:

- subjektivní – tyto faktory jsou dány zejména fyziologickými vlastnostmi oka, mozku a případnými přístroji, které využíváme k pozorování. Úhel, kde člověk dokáže vnímat optické podněty je ve vodorovné rovině zpravidla větší než 180°, ve svislé pak cca 50°. Úhel tzv. „ostrého vidění“ je v obou rovinách pouze cca 5°, soustředěného na jediný cíl pak do 2°.
- objektivní (rozměry a barva objektu, jas, kontrast; okolí/atmosféra – transmitance, turbulence, aktuální smogová situace, atd.)

Lze obecně říct, že za ideálních podmínek při velikosti letadla mini UAV lze zpozorovat maximálně na vzdálenost 5 km. Se zmenšujícími se rozměry UAV a při reálných pozorovacích podmínkách, citlivost oka významně klesá.

Při použití optických přístrojů (dalekohled) se zorné pole zužuje v závislosti na parametrech přístroje, přičemž roste rozlišovací schopnost. Pro vizuální průzkum se nepředpokládá, že by celokruhové vyhledávání měl na starosti jeden pozorovatel, ale sektorový průzkum nebo se dohledání cíle v zadaném sektoru po předchozí předběžné detekci „podezřelého“ objektu provede jiným (radiolokačním nebo infračerveným) senzorem.<sup>31</sup>

Běžně se pro pozorovatele vzdušného prostoru určuje sektor o šířce až 90°, pro zájmové směry se zužuje i na méně než 30°. To však závisí na členitosti pozadí. Čím členitější pozadí, tím menší pozorovací úhel se zpravidla dává.<sup>32</sup>

---

<sup>31</sup> Veřejná zakázka: Vývoj a testování zařízení pro detekci, kontrolu, rušení a eliminaci nebezpečných bezpilotních prostředků nepodléhajících registraci UCL pro potřeby PČR. Systémové číslo: P16V00000890. Spisová značka: MV-61839/VZ-2016.[Citace: 31. 10. 2021.] Autor: prof. Ing. Jaroslav Čechák, Ph.D. Zadavatel veřejné zakázky: Ministerstvo vnitra 2016. Počet stran: 49 Dostupné z: <http://em.mvcr.cz/index.php?m=rsczcontracts&h=contract&a=detail&idContract=31372>

<sup>32</sup> Tamtéž str. 13

### 8.3.2 Automatické systémy optického průzkumu

Jako v každém odvětví se u různých systémů a variant najdou výhody i nevýhody. I v optické detekci daného perimetru se může zvolit několik možností. Automatické systémy mají výhodu například v tom, že oproti pozorování člověkem nebude docházet k jeho únavě a tím zmenšení pozornosti. Nebo to systému může dát na pozorování širší sektor. Na druhou stranu se však může u automatizovaných systémů stát nějaká porucha, a než se závada odstraní nebo se na ní přijde, je objekt v danou chvíli nechráněný. Samozřejmě nejlepší kombinací proto bude kombinace těchto dvou možností.

### 8.3.3 Infračervené senzory

Průzkum vzdušného prostoru v infračervené (IČ) oblasti je prakticky využíváním neviditelné části záření ve vlnových délkách  $\lambda$  od 760 nm až po 1000  $\mu\text{m}$ . Z výpočtů na základě *Planckova vyzařovacího zákona* pro maximální intenzitu na jednotlivých vlnových délkách lze stanovit průběh závislosti vlnové vyzařovací délky na teplotě, a odtud pak praktickou detekovatelnost objektů v IČ pásmu. Z grafu transmitance atmosféry v závislosti na vlnové délce lze pak určit, zda IČ signál bude na určitou smysluplnou vzdálenost (stovky metrů a více) vůbec detekovatelný. S rostoucí vzdáleností se zjistitelnost rapidně zhoršuje (zejména v reálných atmosférických podmínkách), kdy vstupují do exogenních vlivů např. srážky, emise apod. Účinnost IČ průzkumu je obecně ovlivněna zejména:<sup>33</sup>

- vyzařovacím výkonem objektu;
- termálním kontrastem cíle na pozadí;
- transmitancí atmosféry a dalšími jevy v atmosféře jako například mraky, mlha, déšť, sněžení, opar, kouř apod.

---

<sup>33</sup> Veřejná zakázka: Vývoj a testování zařízení pro detekci, kontrolu, rušení a eliminaci nebezpečných bezpilotních prostředků nepodléhajících registraci UCL pro potřeby PČR. Systémové číslo: P16V00000890. Spisová značka: MV-61839/VZ-2016.[Citace: 31. 10. 2021.] Autor: prof. Ing. Jaroslav Čechák, Ph.D. Zadavatel veřejné zakázky: Ministerstvo vnitra 2016. Počet stran: 49 Dostupné z: <http://em.mvcr.cz/index.php?m=rsczcontracts&h=contract&a=detail&idContract=31372>

Když se zaměříme nejen na detekci, ale také na rozpoznání a identifikaci daného objektu, tak z hlediska potencionálních technologií také závisí na:

- ploše, struktuře, úhlech natočení a teplotní diferenci samotného objektu;
- kvalitě IČ senzoru (zvláště pak na počtu pixelů na jednotku plochy a prahové citlivosti);
- schopnost pracovat v potřebném rozsahu azimutu a polohového úhlu;
- kvalitě zpracování signálu (filtrace signálu, detekce skutečných cílů a nízký podíl falešných poplachů).

Obecně analyzované IČ senzory mají podle typu cíle dosah pro detekci jednotky kilometrů. Ověřenými testy z praxe a zkoušek modelů předpokládaných rozměrů je potvrzeno, že v dobrých kontrastních podmínkách, při minimálním průmětu siluety do obrazové roviny pozorovatele je optická zjistitelnost UAS na vzdálenosti do 3 km.

### **8.3.4 Akustické senzory**

Princip této metody detekce bezpilotních systémů je zřejmý. A to z důvodů, že každý bezpilotní systém musí být poháněný nějakým motorem. Výjimku tvoří pouze kluzáky a balóny. Všechny ostatní lze díky tomu detekovat pomocí akustických senzorů. Dosah těchto senzorů se pohybuje v rozmezí od 20 metrů do 600 metrů, a to i při 99,5% pravděpodobnosti detekce. Při testování v americké vojenské výzkumné laboratoři se při použití sestavy malých čtyřstěnných mikrofonů podařilo dosáhnout právě zmíněného dosahu až 600 metrů při 99,5% pravděpodobnosti detekce. Tento test byl také zaměřen na určení správného azimutu. Toho se podařilo dosáhnout pouze v 60 % případů při odchylce 10°. Další zkoušený aspekt v testu bylo určování výšky pomocí akustických senzorů, což se dostatečně nepodařilo. Nejspíše to bylo způsobeno odrazy zvukových vln od překážek nebo od zemského povrchu.<sup>34</sup>

---

<sup>34</sup> BENYAMIN, Minas a Geoffrey H GOLDMAN. Acoustic Detection and Tracking of a Class I UAS with a Small Tetrahedral Microphone Array [online]. ARMY RESEARCH LAB ADELPHI MD, 2014, s. 34 [cit. 2022-01-14]. Dostupné z: <https://www.semanticscholar.org/paper/Acoustic-Detection->



Z tohoto testu vyplývá, že je o dost výhodnější použít skupinu akustických senzorů (2 a více) před použitím pouze jednoho senzoru, a to z důvodu, že při použití skupiny senzorů lze nejen detekovat bezpilotní systém, ale také učit jeho hladinu letu a azimut.

## 9 Eliminace bezpilotních systémů

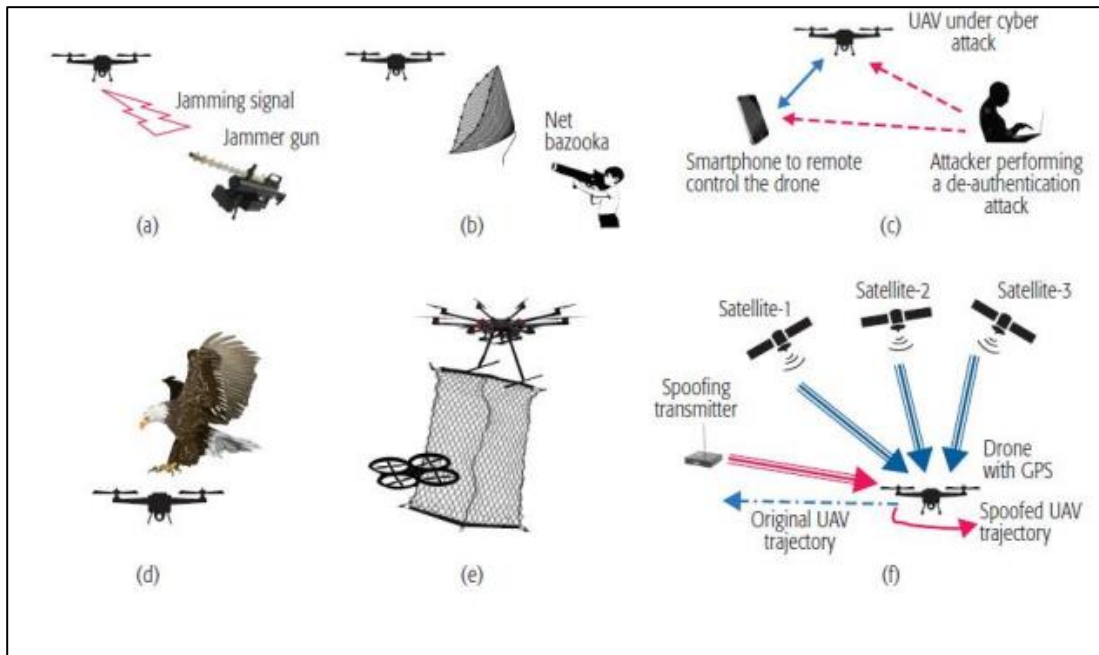
Prvním krokem úspěšné eliminace je samozřejmě úspěšná detekce UAS, která je popsána výše. Při přímém ohrožení nebo při porušení daných pravidel pro provoz bezpilotního letadla může dojít k jeho zneškodnění nebo zadržení. Samotnou eliminaci lze rozdělit do dvou kategorií: destruktivní a nedestruktivní. Při destruktivní, které se v praxi snažíme vyhnout (většinou pouze tzv. „záchranná brzda“), dojde k samotnému pádu letadla a jeho zničení. Tato metoda eliminace je využívána ve vojenském letectví, nikoliv v běžné praxi. Hrozí riziko následného nekontrolovatelného pádu, a proto není v práci podrobně rozebrána. Obecně lze říct, že k destrukci letadla se používá buď elektromagnetický impulz (EMI), laser, nebo speciální bezpilotní letadlo, které se srazí s nebezpečným bezpilotním letadlem a zneškodní ho. K nedestruktivní eliminaci bezpilotního systému lze použít více způsobů, které lze vidět na obr. 3<sup>35</sup>. Jedná se o:

- rušení (jamming) rádiového signálu nebo GPS signálu,
- vystřelení sítě a následné chycení bezpilotního letadla do sítě,
- kybernetický útok na bezpilotní systém,
- chycení bezpilotního systému pomocí dravců,
- chycení bezpilotního letadla pomocí sítě umístěné na větším bezpilotním letadle,

---

<sup>35</sup> BISIO, Igor, Chiara GARIBOTTO, Fabio LAVAGETTO, Andrea SCIARRONE a Sandro ZAPPATORE. Unauthorized Amateur UAV Detection Based on WiFi Statistical Fingerprint Analysis. IEEE Communications Magazine [online]. 2018, 56(4), 106-111 [Citace: 08.02.2022]. DOI: 10.1109/MCOM.2018.1700340. ISSN 0163-6804. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8337905/>

- převzetí kontroly bezpilotního letadla pomocí vysílání falešných GPS údajů (spoofing).



Obr. 3 Způsoby eliminace bezpilotního systému

## 9.1 Rušení rádiového a GPS signálu

U tohoto druhu nedestruktivní eliminace dochází k zarušení buď rádiového signálu mezi pilotem a bezpilotním prostředkem, samotného GPS signálu letadla nebo obojího. Ovšem k tomuto druhu eliminace je potřeba znát protokol daného prostředku. Je to jedna z nejjednodušších možností eliminace bezpilotního systému. Funguje na principu vysílání rádiových vln, které ruší příjem rádiového signálu u bezpilotního systému. Další možností je zarušení GPS signálu, které využívají bezpilotní systémy pro orientaci ve vzdušném prostoru.<sup>36</sup> Jinými slovy, když vyrušíme GPS signál danému prostředku, tak najednou ztratí pojem o tom, kde se nachází, a proto zůstane stát na místě. Nemůže se ani vrátit na tzv. „homepoint“, což je místo odkud vzlétl, protože neví, kde to je. A proto se

<sup>36</sup> Martin Hájek, 2018. Detekce a sledování bezpilotních prostředků. České vysoké učení technické, fakulta dopravní. 2018. Bakalářská práce. Vedoucí práce: Ing. David Hůlek. Dostupné z: [https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/80020/F6-BP-2018-Hajek-Martin-Sled\\_a\\_detek\\_bezp\\_prostredku.pdf?sequence=-1&isAllowed=y](https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/80020/F6-BP-2018-Hajek-Martin-Sled_a_detek_bezp_prostredku.pdf?sequence=-1&isAllowed=y)

nechá unášet větrem podle toho kam právě fouká. Každý bezpilotní prostředek, když mu dochází baterie, sám začne přistávat tam, kde se právě nachází.

Jako první představená metoda eliminace může být dvojího druhu. V prvním případě se můžeme zaměřit na širokopásmé rušení v daném perimetru a ve druhém případě nejdříve detekujeme a lokalizujeme daný prostředek. Až poté, co zjistíme, o jaký prostředek a k jakým účelům slouží, rozhodneme se, jestli jeho rádiové vysílání rušíme nebo nikoliv. V prvním případě tedy v dané oblasti rušíme veškeré rádiové vysílání, které se týká nejen konkrétního bezpilotního prostředku, ale také sítě Wi-Fi, radarů a dalších systémů, které využívají právě rádiové vysílání.<sup>37</sup> Výhodou eliminace pouze konkrétního bezpilotního prostředku je v tom, že Policie nebo jiný sbor může monitorovat situaci svým systémem, který nebude nikterak omezen na funkčnosti. Samozřejmě jsou zde i jisté nevýhody, a to takové, že pokud se jedná o tzv. „autonomní prostředek“, který nemá svého pilota a je naprogramovaný na danou trasu, tak rušení rádiového signálu nemá úplně význam, protože není, co rušit. Jediná možnost je tedy zaměřit se na GPS signál, který když ztratí, tak opět zůstane plápolat ve vzduchu.

Ochrana tohoto typu se používá v praxi například při návštěvě významné osoby, které Policie ČR na našem území poskytuje ochranu. Existuje několik typů antén podle míst použití. Jiná anténa se používá na auto, aby byla chráněna celá kolona doprovodných vozidel s chráněnou osobou, další anténa se používá na budovy, ve kterých chráněná osoba setrvává. V neposlední řadě také anténa, která zaručuje tento typ bezpečnosti při návštěvách veřejně přístupných míst.

## 9.2 Vystřelení sítě pomocí pušky

Tato nedestruktivní eliminace je založena na způsobu odchytu bezpilotního prostředku do sítě vystřelené pomocí plynové pušky, která je podobná raketometu. Tato zbraň je uzpůsobena na speciální projektily, které se skládají ze samotné sítě, závaží, které síť dopraví daným směrem a do potřebné vzdálenosti

---

<sup>37</sup> Martin Hájek, 2018. Detekce a sledování bezpilotních prostředků. České vysoké učení technické, fakulta dopravní. 2018. Bakalářská práce. Vedoucí práce: Ing. David Hůlek. Dostupné z: [https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/80020/F6-BP-2018-Hajek-Martin-Sled\\_a\\_detek\\_bezp\\_prostredku.pdf?sequence=-1&isAllowed=y](https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/80020/F6-BP-2018-Hajek-Martin-Sled_a_detek_bezp_prostredku.pdf?sequence=-1&isAllowed=y)

a padákem pro ochranu bezpilotního dronu, aby nedošlo ke zničení při pádu. Princip této eliminace je prostý. Spočívá v tom, že se síť jednoduše zamotá do vrtulí dronu, pomocí závaží je staženo k zemi a tím zastaven pohyb nebezpečného bezpilotního prostředku.

Největším výrobcem těchto zbraní je v současné době anglická firma OPENWORKS ENGINEERING, která vyrábí ruční zbraně SkyWall 100 a SkyWall 300. Tyto zbraně se liší v dostřelu sítě a ve velikosti vystřelované sítě. SkyWall 100 používá jako střelu síť o velikosti 8 m<sup>2</sup> a disponuje dostřelem okolo 120 metrů. SkyWall 300 používá síť o velikosti 50 m<sup>2</sup> a účinný dostřel má okolo 200 metrů. Samozřejmě tato anglická firma není jediná, která se tímto zabývá. Tuto problematiku také řeší německá armáda, která má svoje zbraně AirRobot AR200.<sup>38</sup>

### 9.3 Kybernetický útok

Tento druh eliminace není zcela běžný, a to z několika důvodů. Pravděpodobně by to ani v dnešní době nebylo možné z důvodu velké náročnosti na znalost IT problematiky. Jedná se o přerušení komunikace mezi vysílačem a bezpilotním systémem a převzetí absolutní kontroly nad dronem. V dnešní době bezpilotní systémy fungují na rádiových vlnách stejně jako Wi-Fi připojení, kde existuje několik kanálů a vysílač neboli ovladač pilota komunikuje s bezpilotním prostředkem každou chvíli na jiném kanálu. Zpravidla stále monitoruje obsazenost a rychlost jednotlivých kanálů a přepíná se na ten, kde je nejmenší počet zařízení, a tím pádem největší rychlost. Toto samovolné přeskokování z kanálu na kanál je velmi těžké podchytit pro úplné převzetí. Zkrátka nelze být všude o krok dříve a předpovídat na jaký kanál a kdy zrovna skočí daný vysílač v komunikaci s dronem. Další problém se týká samotného nastavení ovladače pilota, jelikož ovladač si může každý pilot nastavit a konfigurovat podle svého a nikdo jiný nemusí vědět jak je nastavený. To znamená, že páčka posunutá doprava například může pro pilota znamenat, aby dron udělal pohyb doleva. To je důvod,

---

<sup>38</sup> ABC. 2020. Dron proti dronu: Bepilotní dravci loví jako letka. [online]. Praha 2020. [Citace 10.02.2022] Dostupné z: <https://www.abicko.cz/clanek/precti-si-technika/26380/dron-proti-dronu-bezpilotni-dravci-lovi-jako-letka.html>

proč převzetí absolutní kontroly nad dronem je víceméně nemožné a v dnešní době se nepoužívá.<sup>39</sup>

## 9.4 Využití dravce pro odchyt bezpilotního prostředku

Touto metodou eliminace bezpilotních prostředků se Policie ČR začala zabývat již v roce 2016, kdy zahájila spolupráci s jednou haagskou společností, která se specializovala na výcvik orlů a jiných dravců pro odchyt dronů. Skotská policie tuto metodu testovala a pokusy byli velmi úspěšné, jelikož k této metodě není zapotřebí žádné složité vybavení.

Princip je velmi prostý. Probíhá tak, že dravec ve vzduchu odchytne dron jako svoji kořist a bezpečně s ním přistane na zemi. I tato metoda má ovšem své nevýhody. Hned zpočátku byla kritizována ochránci zvířat, dále také, že nikdy není 100 % jisté, jak se dravec v danou chvíli zachová. V neposlední řadě tuto metodu eliminace je možné využít pouze pro menší druhy dronů.<sup>40</sup>

## 9.5 Využití bezpilotního prostředku se sítí pro odchyt jiného menšího bezpilotního prostředku

Eliminace menšího bezpilotního prostředku je možná prostřednictvím většího, který má zespoda na sobě připevněnou síť, do které chytí nebezpečný dron. V Tokiu proběhl jeden takový zásah, kdy byl pilot nebezpečného dronu dopředu varován, že pokud neopustí danou zónu, tak jeho dron bude odchycen. Daný pilot neuposlechl výzvy, a proto místní policie dron odchytila do sítě. Před čtyřmi lety na Českém vysokém učení technickém v Praze ve skupině multirobotických systémů se zrodil stroj s názvem Eagle One (Obr. 4<sup>41</sup>), který byl určený pro odchyt jiných bezpilotních prostředků. Eagle One má podobu multikoptéry s šesti rotory a není vybaven již vytaženou sítí, do které by jiný dron chytil, ale má k dispozici kameru a vystřelovací síť, kterou po zaměření cíle

---

<sup>39</sup> Martin Hájek, 2018. Detekce a sledování bezpilotních prostředků. České vysoké učení technické, fakulta dopravní. 2018. Bakalářská práce. Vedoucí práce: Ing. David Hůlek. Dostupné z: [https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/80020/F6-BP-2018-Hajek-Martin-Sled\\_a\\_detek\\_bezp\\_prostredku.pdf?sequence=-1&isAllowed=y](https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/80020/F6-BP-2018-Hajek-Martin-Sled_a_detek_bezp_prostredku.pdf?sequence=-1&isAllowed=y)

<sup>40</sup> Tamtéž str. 40

<sup>41</sup> Jan A. Novák. 2018. Eagle one: Se sítí na narušitelské drony. DroneWeb, 27. července 2018. Dostupné z: <http://www.droneweb.cz/aktuality/item/255-drony-obrana-detekce-dedrone-fel-cvut>

kamerou vystřelí. Ta se během letu rozbalí, zamotá se do celého stroje a tím jej pošle k zemi.<sup>42</sup>



Obr. 4 Eagle One

## 9.6 Převzetí kontroly pomocí falešných GPS údajů (spoofing)

Posledním typem eliminace uvedené v této práci je tzv. „GPS spoofing“. V tomto případě se opět jedná o trochu složitější typ eliminace z hlediska naprogramování vysílače, který je zde nutný. Vysílač má za úkol vysílat falešné GPS souřadnice danému bezpilotnímu prostředku, a tím pádem ho dostat do bezpečné zóny, kterou si předem určí. Nevýhoda této eliminace je, že vzdálenost mezi vysílačem falešných souřadnic a bezpilotním prostředkem musí být relativně malá nebo při použití směrové antény může být vzdálenost větší. V případě použití směrové antény se ovšem zúží paprsek signálu, který směřuje k bezpilotnímu prostředku.<sup>43</sup>

---

<sup>42</sup> ABC. 2020. Dron proti dronu: Bepilotní dravci loví jako letka. [online]. Praha 2020. [Citace 10.02.2022] Dostupné z: <https://www.abicko.cz/clanek/precti-si-technika/26380/dron-proti-dronu-bezpilotni-dravci-lovi-jako-letka.html>

<sup>43</sup> Martin Hájek, 2018. Detekce a sledování bezpilotních prostředků. České vysoké učení technické, fakulta dopravní. 2018. Bakalářská práce. Vedoucí práce: Ing. David Hůlek. Dostupné z:

Falešné GPS souřadnice lze civilním systémům „vnutit“ celkem jednoduše. V případě vojenských bezpilotních systémů a prostředků je to o dost složitější z důvodu zabezpečenějšího mechanismu a softwaru. Nevýhodou je, že je zde velké riziko pádu při vnučení falešných GPS souřadnic. Při pokusu, který prováděli na Texaské univerzitě v Austinu musel zasáhnout záchranný pilot, aby nedošlo ke zřícení bezpilotního prostředku. Poté došlo také k úspěšnému převzetí pomocí falešných souřadnic.<sup>44</sup>

Existuje případ, kdy se v prosinci roku 2011 povedlo Íránským vojákům zachytit bezpilotní letadlo Lockheed Martin RQ-170, které patřilo vzdušným silám armády Spojených států amerických (USAF).<sup>45</sup>

---

[https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/80020/F6-BP-2018-Hajek-Martin-Sled\\_a\\_detek\\_bezp\\_prostredku.pdf?sequence=-1&isAllowed=y](https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/80020/F6-BP-2018-Hajek-Martin-Sled_a_detek_bezp_prostredku.pdf?sequence=-1&isAllowed=y)

<sup>44</sup> Martin Hájek, 2018. Detekce a sledování bezpilotních prostředků. České vysoké učení technické, fakulta dopravní. 2018. Bakalářská práce. Vedoucí práce: Ing. David Hůlek. Dostupné z: [https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/80020/F6-BP-2018-Hajek-Martin-Sled\\_a\\_detek\\_bezp\\_prostredku.pdf?sequence=-1&isAllowed=y](https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/80020/F6-BP-2018-Hajek-Martin-Sled_a_detek_bezp_prostredku.pdf?sequence=-1&isAllowed=y)

<sup>45</sup> Tamtéž str. 40



## 10 Legislativa

Jak již bylo v práci několikrát zmiňováno, toto odvětví potkalo velmi rychlý rozvoj. A to jak v technickém směru, tak se také rychle dostalo do podvědomí lidí ve většině věkových kategorií. Proto ani legislativa nemohla zůstat stranou a začal se řešit zákon, který by provoz bezpilotních prostředků upravoval. Absence zákona upravující tuto problematiku není problém pouze České republiky, neboť legislativa celosvětově zaostává oproti technickému pokroku.

V minulosti byly bezpilotní systémy doménou spíše armádních složek, které se vyvíjely a provozovaly pro svoje účely. Proto se zákonná úprava až tak neřešila. Ovšem v posledních letech byla potřeba zasáhnout a řešit právní rámec pro používání dronů, jelikož čím dál více lidí létalo v zastavěných oblastech nebo bezletových zónách. Každý stát si reguluje otázku bezpilotních systémů po svém.<sup>46</sup>

### 10.1 Legislativa v České republice

V České republice problematiku bezpilotních prostředků upravuje hned několik právních předpisů:

- *„NAŘÍZENÍ KOMISE V PŘENESENÉ PRAVOMOCI (EU) 2019/945 ze dne 12. března 2019 o bezpilotních systémech a o provozovateli bezpilotních systémů ze třetích zemí,*
- *PROVÁDĚCÍ NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) 2019/947 ze dne 24. května 2019 o pravidlech a postupech pro provoz bezpilotních letadel,*
- *NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) 2018/1139 ze dne 4. července 2018 o společných pravidlech v oblasti civilního letectví a o zřízení Agentury Evropské unie pro bezpečnost letectví, kterým se mění nařízení (ES) č. 2111/2005, (ES) č. 1008/2008, (EU) č. 996/2010, (EU) č. 376/2014 a směrnice Evropského parlamentu a Rady 2014/30/EU*

---

<sup>46</sup> Patrik Petrydes. Typy bezpilotních prostředků a jejich využití v komerční sféře. [Online] Praha 2019 [Citace: 30. 01. 2022]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/85375/F6-BP-2019-Petrydes-Patrik-Bak.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>. Bakalářská práce. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE. Vedoucí práce Ing. David Hůlek, Ing. Martin Novák, Ph.D.

a 2014/53/EU a kterým se zrušuje nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 552/2004 a (ES) č. 216/2008 a nařízení Rady (EHS) č. 3922/91

- *OPATŘENÍ OBECNÉ POVAHY* vydané úřadem pro civilní letectví, detailně upravující národní pravidla provozu.<sup>47</sup>

Otázku, na jaké drony se vztahují tyto právní předpisy upravuje nařízení Evropské unie, které nerozlišuje drony pro volnočasové nebo profesionální (komerční nebo nekomerční) aktivity. Ale toto nařízení se zaměřuje hlavně na rizika, která mohou vznikat při používání. Zohledňuje se hmotnost, technické údaje a činnost, kterou bude dron provádět. Proto jsou nařízení platná pro drony, které se dělí do dvou kategorií. Jsou jimi drony, které lze koupit na evropském trhu a drony, které lze vyrobit v domácích podmínkách pro soukromé účely. Drony prodávané na evropském trhu lze dále kategorizovat na:

- a) drony prodávané při provozu v „otevřené“ kategorii. A to jsou drony s označením CE (podle nařízení EU č. 2019/945) v rozmezí od C0 do C4 od lehčích po nejtěžší modely nebo na drony nakoupené a vyrobené před 31. prosincem 2022 tzn. bez označení CE. Označení CE znamená, že výrobek je v souladu s příslušnými požadavky stanovenými v právních předpisech Společenství,<sup>48</sup>
- b) drony prodávané při provozu ve „specifické“ kategorii všechny drony spadající do této kategorie včetně všech dronů, které nemají označení CE.<sup>49</sup>

Kromě specifik dronů jako takových se legislativa zaměřuje i na činnost, která je s dronem provozována, a jaká rizika s ní vznikají. Proto nařízení EU č. 2019/947 vymezuje 3 kategorie provozu:

- „**otevřená**“ kategorie je kategorie, která platí na činnosti s nízkým rizikem, kde je bezpečnost zajišťována provozovatelem dronu, který má splněné požadavky pro danou činnost,<sup>50</sup>

---

<sup>47</sup> Řízení letového provozu České republiky, s.p. [online]. Jeneč u Prahy. [Citace: 31.01.2022]. Dostupné z: <https://www.letejtezodpovedne.cz/rady/faq/legislativa>

<sup>48</sup> Tamtéž

<sup>49</sup> Tamtéž

<sup>50</sup> Tamtéž

• „**specifická**“ kategorie zahrnuje činnosti s vyšším rizikem provozu a bezpečnost při činnosti je zajišťována těmito způsoby:

- „*prohlášením provozovatele o souladu provozu se standardním scénářem; nebo*
- *posouzení a zmírnění rizik provedené provozovatelem, který je držitelem osvědčení provozovatele lehkých bezpilotních systémů (LUC); nebo*
- *oprávnění k provozu, které si musí provozovatel dronu zajistit před zahájením činnosti od úřadu civilního letectví. Pro získání povolení je provozovatel dronu povinen provést posouzení bezpečnostních rizik, které přesně stanoví požadavky nezbytné pro bezpečný provoz dron,“<sup>51</sup>*

• „**certifikovaná**“ kategorie je nejvyšší stupeň bezpečnostního rizika, které vzniká s provozem bezpilotních systémů. Bezpečnost zajišťuje certifikace letové způsobilosti letadla a zároveň i osvědčení provozovatele a licenci dálkově řídicího pilota. Tato kategorie zahrnuje:

- drony přesahující 3 metry a zároveň jsou provozovány nad shromážděním lidí,<sup>52</sup>
- drony pro přepravu osob nebo pro přepravu nebezpečného zboží, které může v případě nehody vyústit ve vysoké riziko pro třetí strany a,<sup>53</sup>
- drony ve „specifické“ kategorii provozu, u nichž vyžaduje úřad pro civilní letectví pro zmírnění rizik certifikaci.<sup>54</sup>

V České republice je stanoven také minimální věk pro dálkově řídicí piloty, kteří provozují bezpilotní systém buď v „otevřené“ nebo „specifické“ kategorii nad 16 let. Dále pokud pilot neprovozuje individuálně rekreačně-sportovní provoz bezpilotního letadla o vzletové hmotnosti nepřevyšující 20 kg, tak je pilot povinný pojistit na odpovědnost za škodu způsobenou provozem. Nová legislativa platná

---

<sup>51</sup> Řízení letového provozu České republiky, s.p. [online]. Jeneč u Prahy. [Citace: 31.01.2022]. Dostupné z: <https://www.letejtezodpovedne.cz/rady/faq/legislativa>

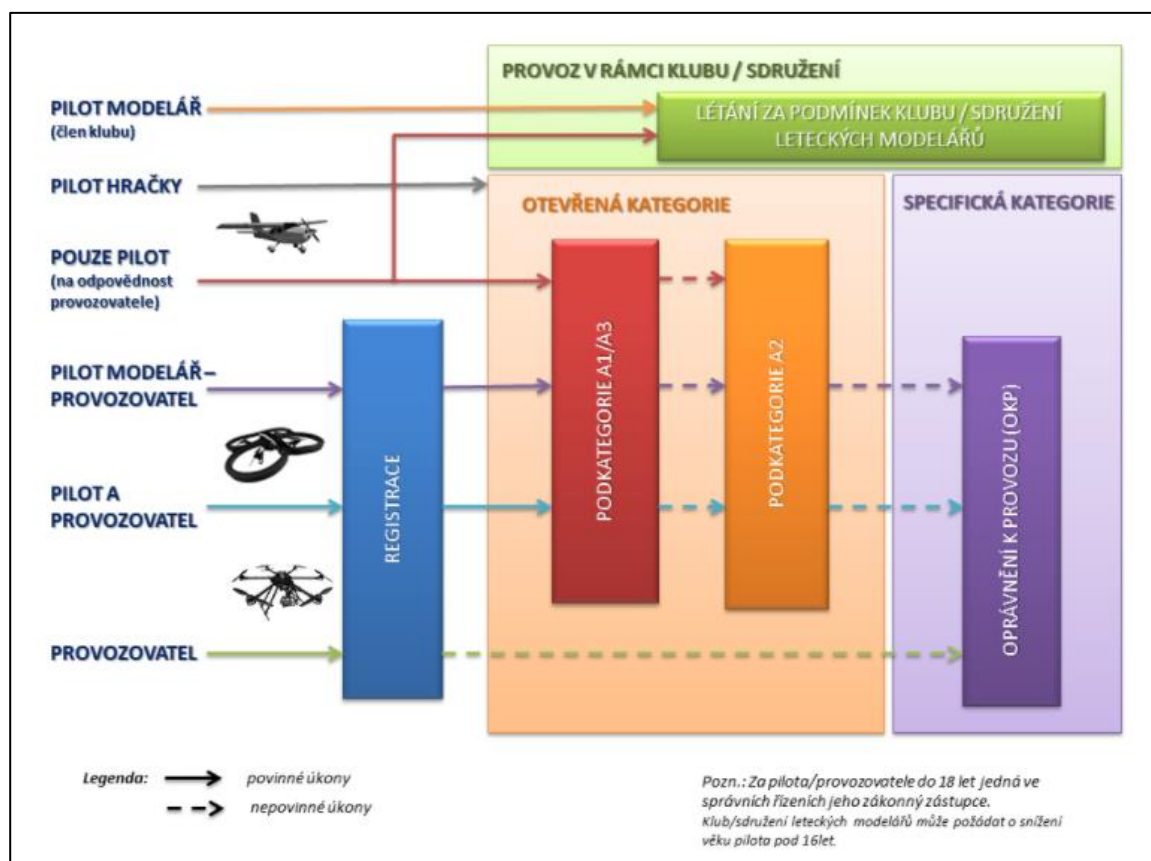
<sup>52</sup> Tamtéž

<sup>53</sup> Tamtéž

<sup>54</sup> Tamtéž

od 31.12.2020 říká, že se musí registrovat každý pilot, jehož dron má kameru, nebo jehož dron disponuje hmotností větší než 250 gramů. Registrace se provádí přímo na stránkách Úřadu pro civilní letectví, kde pilot musí absolvovat školení a závěrečný test. Po úspěšném dokončení školení a testu pilot obdrží identifikační číslo, které musí vyznačit na své drony.

Pro lepší orientaci v povinné registraci pilota a bezpilotního prostředku jsou na obr. 5<sup>55</sup> vyznačené graficky povinné a nepovinné úkony.



Obr. 5 Schéma povinných úkonů nezbytných pro provoz dronů od 31.12.2020

<sup>55</sup> Sekce provozní. Základní informace k regulačnímu rámci EU pro bezpilotní systémy. Praha. Úřad pro civilní letectví. [Citace: 13.02.2022]. Dostupné z: <https://www.caa.cz/provoz/bezpilotni-letadla/zakladni-informace-k-regulacnimu-ramci-eu-pro-bezpilotni-systemy/>

## 11 PRAKTICKÁ ČÁST

Tato část práce je zaměřena na praktické využití bezpilotních systémů a prostředků v integrovaném záchranném systému České republiky a na zvláštnosti, které se vyskytují při jejich používání. Tyto informace jsem načerpal z osobních konzultací s panem plk. Ing. Ondřejem Smotlachou – zástupcem ředitele ÚO, panem mjr. Ing. Františkem Hubáčkem – vedoucím oddělení bezpilotních prostředků Letecké služby Policie České republiky, panem kpt. Ing. Jiřím Strakošem – zástupcem vedoucího odboru požárně technické expertízy a panem Ivem Kolářem – zaměstnancem firmy Euroalarm spol. s.r.o. V práci je zmíněné také využití v Armádě České republiky. Jsem si však vědom, že toto téma je nad rámec mé práce, jelikož je zaměřena na integrovaný záchranný systém, kam Armáda ČR podle zákona č. 239/200 Sb. „o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů“ nepatří. Jelikož je práce psána na Policejní akademii České republiky v Praze, tak největší důraz bude kladen právě na Policii ČR.

### 11.1 Policie ČR

U Policie České republiky existuje několik útvarů a územních odborů, které mají bezpilotní prostředky, a to především od firmy DJI a BRUS. Jedná se však pouze o koptéry. Policie ČR zatím v této době nedisponuje žádným plošnickým bezpilotním prostředkem. To hlavně proto, že nebylo nalezeno uplatnění pro tento typ. Nejdále s využíváním bezpilotních prostředků u tohoto bezpečnostního sboru je Krajské ředitelství Středočeského kraje. Jako první se začaly využívat drony BRUS v barvách Policie ČR, a to již v květnu roku 2017. První činností policejních dronů bylo hlídat Chráněnou krajinnou oblast Brdy a s ní i vojenský výcvikový prostor Jince. V této CHKO se příslušníci zaměřili společně s dalšími složkami IZS na hlídkové a monitorovací lety, které sloužily k odhalování či dokumentaci nejrůznějších protiprávních jednání směřující proti životnímu prostředí, jako jsou nelegální skládky, nepovolená těžba lesních porostů, rozdělování ohňů apod.

Samozřejmě nejsou využívány pouze k této dokumentaci, ale lze bezpilotní prostředky nasadit i při pátracích akcích.<sup>56</sup>

V poslední době je trend používat bezpilotní prostředky zejména v dopravě při autonehodách nebo při dohledu nad BESIP. Nejen že to razantně ušetří policistům čas, ale také jde o metody, které zpřesňují měření dopravních nehod. Nejhojnější využití ze všech služeb, kterými Policie disponuje, má určitě služba dopravní policie. Dále bezpilotní prostředky využívá služba kriminální policie a vyšetřování, služba pořádkové policie a letecká služba. Ostatní služby drony nevyužívají tak často.

### 11.1.1 Typy bezpilotních prostředků a přídavné zařízení

Policie České republiky využívá drony od čtyř firem. Jako první byl poskytnut dron BRUS (obr. 6<sup>57</sup>), který vyrobil Vojenský technický ústav letectva a protivzdušné obrany. Jedná se o tříramenný dron se šesti rotory o průměru 71 cm, který disponuje dosahem signálu až 10 km. Tento bezpilotní prostředek, který dosahuje poměrně nízké hlučnosti má maximální vzletovou hmotnost 8,8 kg s maximální zátěží 2 kg. Ve vzduchu vydrží s jedním zdrojem 40 minut a umí se sám vrátit, pokud mu dochází energie. Tato doba letu může být zvýšena



Obr. 6 Policejní dron BRUS

<sup>56</sup> Por. Bc. Monika Schindlová, DIS. 2019. Využití dronů u Policie ČR. Rozhovor s plk. Ing. Ondřejem Smotlachou. Policie ČR. [Online] 10.12.2022. [Citace: 15.02.2022] Dostupné z: <https://tydenikpolicie.cz/vyuziti-dronu-u-policie-cr/>

<sup>57</sup> Por. Bc. Schindlová Monika Dis. 2017. Policejní drony. Příbram. [Online] 18. května 2017. [Citace: 16.02.2022]. Dostupné z: <https://www.policie.cz/clanek/policejni-drony.aspx>

napájením ze země a doba letu se poté zvýší řádově na hodiny. Maximální letová rychlost je 50 km/h a zvládne letět při rychlosti větru až do 10 m/s. Nejvyšší možný tah motorů je 180 N a příkon je 6 x 450 W. Tento dron má poměrně variabilní příslušenství, a proto je vhodný na nejrůznější zásahy. Disponuje totiž jak HD kamerou, tak termo kamerou a záchranným padákovým systémem.<sup>58</sup>

Další firmou, která má zastoupení ve výbavě policistů v rámci bezpilotních prostředků je DJI. Kde se jedná o komerční drony, které nejsou nijak upravované pro potřebu Policie. Jedná se o modely DJI Mavic 2 Zoom, kterých má nejvíce a jsou nejčastěji používány a nejvíce pilotů je pro tento typ prostředku vyškolených, dále DJI Mavic 2 Enterprise, DJI Mavic Pro a DJI Phantom 3 Pro. Pro psaní této práce mi byly poskytnuty informace o stavech bezpilotních prostředků v Krajském ředitelství Police České republiky. Toto ředitelství nyní disponuje 11 ks bezpilotních prostředků firmy DJI především k dokumentaci dopravních nehod a 64 vyškolených pilotů. Jak již v práci bylo zmíněno, tak středočeská policie je nejdále s vybavením i školením pilotů v rámci krajských ředitelství policie. V roce 2021 byly bezpilotní prostředky využity k dokumentaci 611 dopravních nehod.

Další bezpilotní prostředky lze najít pouze u Letecké služby Policie ČR, kterými jsou Flydeo X8 a Flyability Elios (obr. 7<sup>59</sup>). Druhý jmenovaný je speciální



Obr. 7 Flyability Elios

<sup>58</sup> Por. Bc. Schindlová Monika Dis. 2017. Policejní drony. Příbram. [Online] 18. května 2017. [Citace: 16.02.2022]. Dostupné z: <https://www.policie.cz/clanek/policejni-drony.aspx>

<sup>59</sup> Virtual Expo Group 2022. Flyability. Collision-tolerant UAV ELIOS. Marseille. Dostupné z: [https://img.directindustry.com/images\\_di/photo-g/181744-10338418.webp](https://img.directindustry.com/images_di/photo-g/181744-10338418.webp)



tím, že je určen pro provoz pouze v interiéru. Policie ho používá především na prohledávání metra, potrubí atd. Jeho použití není možné ve venkovních prostorách. Zatímco Flydeo X8 je bezpilotní prostředek, který je speciální pro použití Policie České republiky a není tedy volně dostupný. Tento dron se používá výhradně v exteriéru a disponuje rychlostí až 50 km/h, průměrem rotoru 200 cm, výškou 70 cm, hmotností 17 kg (MTOW), motorem o výkonu 100 kW, akumulátorem s 96 články Li-on s maximálním napětím 50,4 V, dobou letu až 35 minut a záznamovým zařízením. O záznam se stará kamera s 30násobným přiblížením.

Policie tedy nyní používá drony pouze s elektrickým pohonem. Ovšem testovala také dron Primoco UAV ONE 150, který používal spalovací motor. Po testovacím období PČR zvažuje jeho zařazení do výbavy. Další podrobnější informace jsou bohužel utajené a nelze je poskytnout pro psaní této práce.

### **11.1.2 Využití fotogrammetrie**

Bezpilotní prostředky jsou nejvíce využívány k dokumentování dopravních nehod a nahradily tím v mnohých případech dřívější variantu zaměření dopravní nehody pomocí měřicího kolečka. Potřebné vybavení k zaměření dopravní nehody (dále jen „DN“) se pohodlně vejde do automobilu Škoda Kodiaq. Potřebné vybavení pro měření jsou desky, které určují tzv. „výchozí body měření“ (dále jen „VBM“), stanice GNSS RTK pro zaměření GPS souřadnic VBM, osvětlení pro práci v noci a samozřejmě bezpilotní prostředek DJI řady Mavic.

Postup je takový, že okolo místa DN se umístí plastové desky jako VBM. Ty se zaměří pomocí stanice GNSS. Poté pilot poprvé proletí danou situaci a zadokumentuje výhledové poměry. Tento let se uskuteční ve výšce hlavy řidiče pro vyhodnocení výhledu. Následuje jedna fotografie pro plánek DN. Fotka je pořízena kolmo shora zpravidla z výšky 35 metrů, včetně stop a VBM, tak aby byla zachycena, pokud možno celá situace. U rozsáhlejších DN, kdy je potřeba více kolmých fotografií pro zdokumentování celé situace musí být na každé fotografii nejméně dva VBM – ideálně tři. Překrytí fotografií musí být minimálně 60 %. Poté se i u rozsáhlejších nehod udělá přehledové foto z takové výšky, aby byla zobrazena celá situace. Další záběr je zaměřený na dokumentaci stop. Ten se



provádí jako kolmý záběr dolů ve výšce okolo 14 metrů tak, aby byla zachycena celá šíře míst DN, zpravidla šíře komunikace. Následuje záběr, který dokumentuje deformace. Tento záznam je pořízen z výšky okolo 3 metrů jako šikmý pohled dolů. Na záznamu je oblet okolo vozidla, u nichž je potřeba dokumentovat deformaci. U závažnějších případů je potřeba provést ještě jeden záznam v jiné výšce, zpravidla 6 metrů. Poté práce v terénu končí a následuje stažení dat z dronu a GNSS do počítače a vložení do softwaru Agisoft Metashape, kde dojde ke spojení fotografií pro zobrazení kompletní situace. Po zpracování dat analytikem a utvoření plánu s měřítkem lze odměřit jakoukoliv potřebnou vzdálenost na místě DN. Tento postup trvá místo několika hodin, které by policisté trávili s měřícím kolečkem pouze několik desítek minut (průměrně okolo 20 - 30 minut).

### **11.1.3 Legislativní rámec pro použití bezpilotních prostředků**

V práci uvedená legislativa se vztahuje pouze na civilní bezpilotní prostředky. Použití bezpilotních prostředků bezpečnostními sbory žádná legislativa neupravuje, a proto vznikla meziresortní dohoda z prosince 2016 č.j: 248/2016-220-LPR/3, RPP č. 80/2017 mezi ministerstvem vnitra a ministerstvem dopravy, pod které spadá i Úřad civilního letectví. Tato dohoda je založena na již neplatném Doplnky X – předpisu L2. Policejní bezpilotní prostředky mohou létat nad územím ČR jen na základě povolení k létání vydaného Úřadem pro civilní letectví, za podmínek v tomto povolení stanovených. Jestliže v této dohodě není výslovně stanoveno jinak, tak pro policejní bezpilotní prostředky platí stejná pravidla, jako pro civilní bezpilotní letadla. Jelikož zákonná úprava, která by již měla zohledňovat i drony používané Policií ČR ještě neprošla legislativním procesem. Dohoda opravňuje Policii vyhodnocovat situaci pro použití bezpilotního prostředku podle svého uvážení. Toto odchýlení od pravidel se nazývá operativní výjimky létání nad rámec běžných provozních omezení. Ovšem dodatečně musí na každý vzlet napsat zprávu na Úřad civilního letectví (dále jen „ÚCL“), kde uvede všechny potřebné údaje, kterými jsou datum a čas letu, místo letu, použité prostředky, opatření dopadové zóny, důvod letu a identifikace pilota. Použití bezpilotního prostředku musí být zjevně nezbytné a neodkladné a zájem chráněný takovým odchýlením v dané věci převažuje nad zájmy chráněnými ustanovením

zákona o civilním letectví. Stejně tak musí být každá nehoda, která se stane s bezpilotním prostředkem nahlášena ÚCL.

Každý vzlet bezpilotního prostředku musí být vyžádán cestou Integrovaného operačního střediska (dále jen „IOS“). Jsou určena také pravidla, kterými je potřeba se řídit, jako například není možný let ve společném vzdušném prostoru s vrtulníky Letecké služby Policie ČR, za provedení bezpečného letu je odpovědný pilot, letové podmínky nejsou shodné s podmínkami pro vrtulník a další.

#### **11.1.4 Současné možnosti nasazení**

Policie v této době používá bezpilotní prostředky v širokém spektru akcí. Jedná se například o:

- pátrací akce (noční doba, zakázaný, nebezpečný a jiným uživatelem aktivovaný omezený, rezervovaný nebo vyhrazený prostor, CHKO, ...);
- koordinace složek IZS při zásahu (hustě osídlený prostor, ...);
- ohledání místa trestného činu (hustě osídlený prostor, ochranné pásmo nadzemních liniových staveb, ...);
- v rámci bezpečnostních opatření;
- dokumentace dopravních nehod.

#### **11.1.5 Budoucí možnosti nasazení**

Policie již v této době přemýšlí, jak rozšířit použití bezpilotních prostředků při práci. Proto se už nyní testuje další systém, který by pomohl dohlížet na bezpečnost a plynulost silničního provozu. Zcela nový systém se nazývá „Data From Sky“ (Obr. 8<sup>60</sup>). Tento systém by v budoucnu mohl dohlížet nad dodržováním bezpečné vzdálenosti mezi vozidly na silnici.

---

<sup>60</sup> Zdroj obrázku: Policie ČR KŘPS



Obr. 8 Systém Data From Sky

Ovšem k tomu je nutných několik dalších kroků. Tím nejhlavnějším je uzákonění pojmu „bezpečná vzdálenost“, jako je již zvykem ve většině okolních států. Ještě zatím není známo, jak by takové uzákonění vypadalo. Jsou možnosti, jak by se bezpečná vzdálenost mohla sledovat. První možností je určit tzv. časový odstup mezi vozidly, popisovaným centrem služeb pro silniční dopravu, které by měl být 2 sekundy. V zákoně č. 361/2000 Sb., o silničním provozu, který je platný na území České republiky není bezpečná vzdálenost mezi vozidly nijak stanovena. Jen je uvedeno v §19/1 téhož zákona, že „Řidič vozidla jedoucí za jiným vozidlem musí ponechat za ním dostatečnou bezpečnostní vzdálenost, aby se mohl vyhnout srážce v případě náhlého snížení rychlosti nebo náhlého zastavení vozidla, které jede před ním.“<sup>61</sup>. Druhou možností je inspirovat se okolními státy a definovat tak bezpečnou vzdálenost, jako výpočet poloviny aktuální hodnoty tachometrové rychlosti v metrech. Proto je tento systém zatím v testovacím režimu a dokumentují se zatím jen zvyklosti na silnicích.

<sup>61</sup> Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů. Platný od 19.10.2000. Účinný od 01.01.2001. Dostupný z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-361?text=>

### 11.1.6 Systém Antidron Police ČR

Policie se nezabývá pouze tím, jak využít bezpilotní systémy, ale také jak se proti nim efektivně bránit. Tyto systémy totiž tvoří poměrně velkou hrozbu. Proto policie věnovala poměrně velké množství finančních prostředků do vývoje systému proti bezpilotním systémům. Systém Antidron již v dnešní době používají útvary s celostátní působností, jako jsou Ochranná služba, Útvar pro ochranu prezidenta a další. Používá se především k ochraně chráněných osob, budov a prostor. Tento systém byl vynalezen tak, aby umožňoval detekci a následnou eliminaci bezpilotního prostředku. Z důvodu bezpečnostních rizik nelze poskytnout informace o detailnějším fungování takového systému.

Dále Policie České republiky spolupracuje se zahraničními firmami o nákupu dalších takových systémů. Nejdále je v tomto vývoji izraelská firma, která se specializuje na vývoj antidronových systémů. Měl jsem možnost zúčastnit se jedné předváděcí akce pro Policii České republiky takového systému přímo od výrobců. Je k tomu potřeba pouze stanice připojená na radar, která může mít antény na budovu, automobil nebo pouze stacionární používané na prostranství, který je na obr. 9 <sup>62</sup>.



Obr. 9 Radar systému Antidron

<sup>62</sup> Zdroj obrázku: Vlastní fotografie



Tento systém funguje vcelku jednoduše. Skládá se z radaru, stanice s nahranými protokoly bezpilotních systémů, monitoru pro lepší přehlednost (není nutný k fungování) a tabletu na ovládání detekovaných prostředků (Obr. 10<sup>63</sup>).



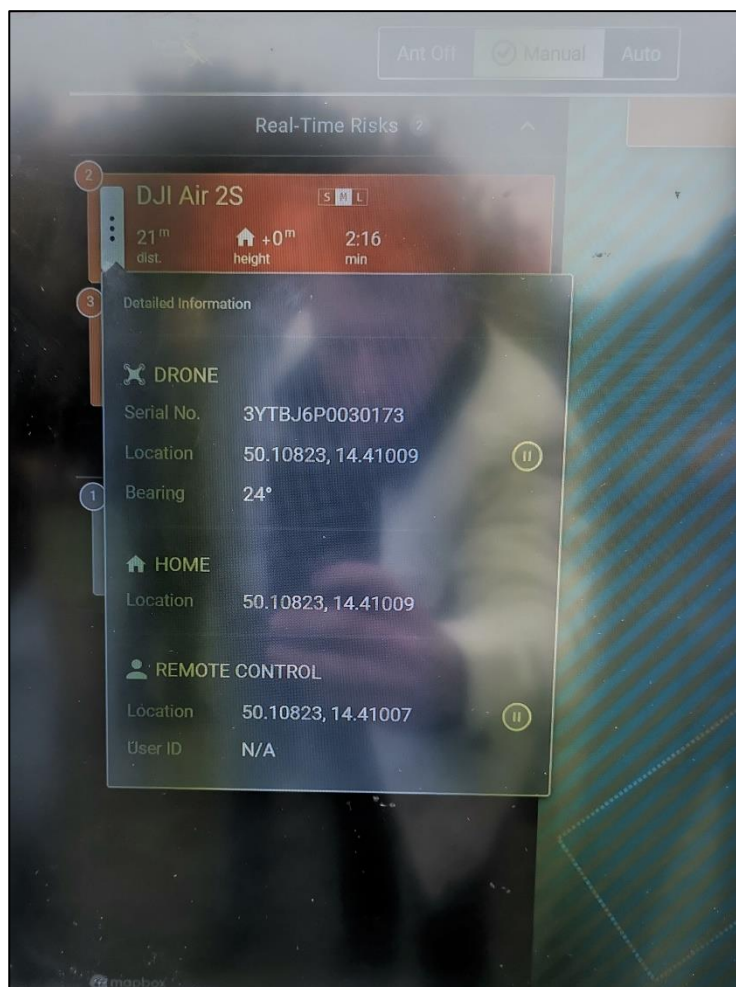
*Obr. 10 Vybavení systému Antidron*

Jako první si uživatel nastaví potřebný perimetr, který potřebuje chránit. Dosah takového perimetru je odlišný od hustoty zastavěné plochy. V centru města je taková vzdálenost otestovaná na půl kilometru. Čili poloměr okruhu dosahu činí 250 metrů. Na veřejném prostranství nebo v méně zastavěné oblasti například na letištích je to až 3000 metrů. Tedy kruh o poloměru 1500 metrů. Po nastavení a definování požadovaného perimetru nám radar bude hlásit, když nějaký bezpilotní prostředek vletí do tohoto území. Tento systém nám určuje přesnou

---

<sup>63</sup> Zdroj obrázku: vlastní fotografie

polohu dronu, místo, kde má svůj bod vzletu a polohu ovládacího zařízení (Obr.11<sup>64</sup>).



Obr. 11 Informace o detekovaném prostředku

A poté je na nás, jestli ho označíme jako „bezpečný“, což je třeba v případě, kdy Policie České republiky sama monitoruje situaci pomocí dronu. Druhá možnost je označit jej za „nebezpečný“ v tom případě máme dále dvě možnosti, co s ním můžeme udělat. První možností je poslat ho zpět na svůj bod vzletu neboli tzv. „homepoint“. Druhou možností je poslat si ho na svůj definovaný bod, který si určíme pomocí GPS souřadnic. Tento náš bod bude někde v bezpečném prostoru, kdyby náhodou bezpilotní prostředek nesl nějaký druh výbušniny nebo látky, která by mohla ohrozit život, zdraví nebo veřejný pořádek. V každé takové

<sup>64</sup> Zdroj obrázku: vlastní fotografie

možnosti dojde k přerušení radiofrekvenční komunikaci mezi pilotem a daným bezpilotním prostředkem.

Tyto vlastnosti systému dávají možnost bezpečnostnímu sboru nejen detekovat a znemožnit útok bezpilotním prostředkem, ale také určit a zadržet osobu, která ovládala bezpilotní prostředek. Další nespornou výhodou je manipulace se systémem. Dá se přenést prakticky kamkoliv. Jediné, co je potřeba je zdroj elektrického napětí, což se dá vyřešit elektrickou centrálou. Jinak se celé vybavení zabalí do třech kufrů, jak lze vidět na obrázku 10.

### **11.1.7 Úspěšné použití bezpilotních prostředků**

Policie České republiky zasahovala již v mnoha případech. Úspěšné realizace, na které mám povolení ke zveřejnění v této práci, jsou ochrana areálu Vrbětice v roce 2018, ochrana státních hranic v době pandemie v roce 2020, kdy byly hranice uzavřeny, uzavření obce Litovel a její monitorování, vypátrání zraněné osoby na Rokycansku v roce 2020, kdy došlo k záchraně života a monitorování prostoru zasaženém tornádem v roce 2021 na Moravě.

## 11.2 Hasičský záchranný sbor České republiky

Veškeré informace o používaném vybavení a činnostech jsem získal při osobní konzultaci s panem kpt. Ing. Jiřím Strakošem, který mi poskytl potřebné materiály a fotografie.

Stejně jako Policie České republiky, tak i Hasičský záchranný sbor využívá bezpilotní prostředky pro ulehčení, zefektivnění a zmírnění rizik při práci. Ovšem není tak daleko z hlediska legislativy a používání jako první jmenovaný bezpečnostní sbor. Hasiči udělali v posledních pár měsících největší pokrok, a to tím, že vytvořili tzv. „opěrné body“, které se specializují právě na používání bezpilotních prostředků a nacházejí se v Libereckém, Jihočeském, Jihomoravském, Moravskoslezském kraji a v Technickém ústavu požární ochrany v Praze. V případě potřeby je možné si vyžádat jejich pomoc. Ovšem jelikož nemají žádnou dohodu s ministerstvem dopravy, tak musí žádat Úřad civilního letectví při každém vzletu o povolení. Bepilotní prostředky se u tohoto bezpečnostního sboru využívají především pro určení ohnisek pomocí termokamery, které jsou potřeba dohasit, pro vyšetřování požárů a vytvoření záběru z výšky, pro zmapování šíření ohně nebo určení míst, kde oheň vznikl nebo při jiných přírodních katastrofách. V tomto případě je to hlavně z důvodu, že nasazení lidských sil by bylo příliš rizikové. Hasičský záchranný sbor využívá drony pouze komerční s elektromotory, a to výhradně firmy DJI. Největší zastoupení má model Inspire 2, který disponuje maximálním dosahem až 7 km, maximální rychlostí 108 km/h, dobu letu až 27 minut a rozlišení záznamového zařízení až 5,2 K. Na tento model bezpilotního letadla lze připevnit další přídavný senzor pro vyhýbání překážkám.

### 11.2.1 Současné využití bezpilotních prostředků

Jak již bylo zmíněno výše, tak použití v tomto bezpečnostním sboru není vůbec lehké z hlediska legislativního rámce, který nestanovuje žádné povolení pro bezpilotní prostředky ministerstva vnitra. V roce 2015 byl HZS zakoupen první dron od firmy DJI, a to model F450. V tuto chvíli měl HZS povolení od Úřadu civilního letectví k provozu leteckých prací. Ovšem po nové legislativě, která je platná od 1.1.2021 toto povolení pozbylo platnosti a nové ještě nebylo vydáno.



I přesto jsou bezpilotní prostředky využívány, a to v širokém spektru. Jako příklad lze uvést aktivní podporu jednotek požární ochrany na místě zásahu. Z represivního hlediska je lze na místě zásahu využít k průzkumu, pro zpřehlednění průběhu vedení zásahu i jako podpůrný prostředek pro zefektivnění vedení zásahu jejím velitelem. Skrze bezpilotní prostředek lze rychle zhodnotit situaci a dispoziční rozložení požárem zasaženého prostoru a na základě těchto informací efektivně vést zásah.

Bezpilotní prostředky se využívají v hojném počtu k monitoringu a průzkumu větších oblastí, kde je nedostupný terén. Dron tuto práci zastane velmi obstojně a v relativně krátkém časovém úseku. V našich zeměpisných šířkách se UAV využívají hlavně při lesních požárech nebo povodních. Při těchto akcích se využívají jak běžné kamery, tak i termokamery, které pomáhají především při hledání skrytých ohnisek požárů v lese.

Obrovský potenciál mají bezpilotní prostředky využití zdolávání rizikových zásahů. UAV lze využít u rizikových zásahů k průzkumu a monitoringu jako náhradu za fyzickou přítomnost zasahujících hasičů zobrazen například na obr. 12<sup>65</sup>. Tím lze zabránit přímému ohrožení života a zdraví hasičů za cenu pouze případných materiálních škod na bezpilotním prostředku. Příkladem tohoto



Obr. 12 Požár vyfocený pomocí dronu

<sup>65</sup> Zdroj obrázku: TÚPO Praha

typu zásahu jsou požáry petrochemických a chemických závodů, zásobníků stlačených a zkapalněných plynů, požáry skladů pyrotechniky a výbušnin a mnoho dalších. Bezpilotní letoun může být zároveň vybaven detekčními přístroji chemických látek a radiace a takto provádět měření s přímým přenosem měřených hodnot k operátorovi či pilotovi bezpilotního letadla. Velký přínos mají také pro vyšetřovatele požárů, jak již bylo zmíněno výše. Jelikož s jejich pomocí lze pořídit fotodokumentaci požářiště velkého rozsahu z výšky a míst těžce dostupných, případně rizikových z hlediska ohrožení životů a zdraví vyšetřovatelů požáru. Bezpilotní letoun tím napomáhá důkladnějšímu ohledání požářiště a komplexně zefektivňuje šetření příčiny vzniku daného požáru.

### **11.2.2 Budoucí využití bezpilotních prostředků**

Budoucí možný využití bezpilotních prostředků se jistě rozšíří do sfér, o kterých se dnes ani neuvažuje. Kromě klasického využití jako záznamového zařízení obrazového materiálu se už také dnes řeší a zkoumá, jak lze využít bezpilotní prostředky dál. Jako jeden z příkladů je využití bezpilotních letounů na doručování záchranných balíčků s potravinami, oblečením nebo například také s kyslíkovými lahvemi a dalších. Bezpilotní letouny je možné již dnes vybavit systémy přenášející hlas operátora, který podává uvězněné osobě informace o postupu zasahujících týmů, aby nedošlo ke zbytečným zraněním vyprošťované osoby. Tento způsob využití UAV není ovšem tak rozšířený a využíváný. Další možné využití, které není ještě v provozu je hašení pomocí bezpilotního prostředku (obr. 13<sup>66</sup>). Tato možnost by dávala nové možnosti hasičům při zásahu

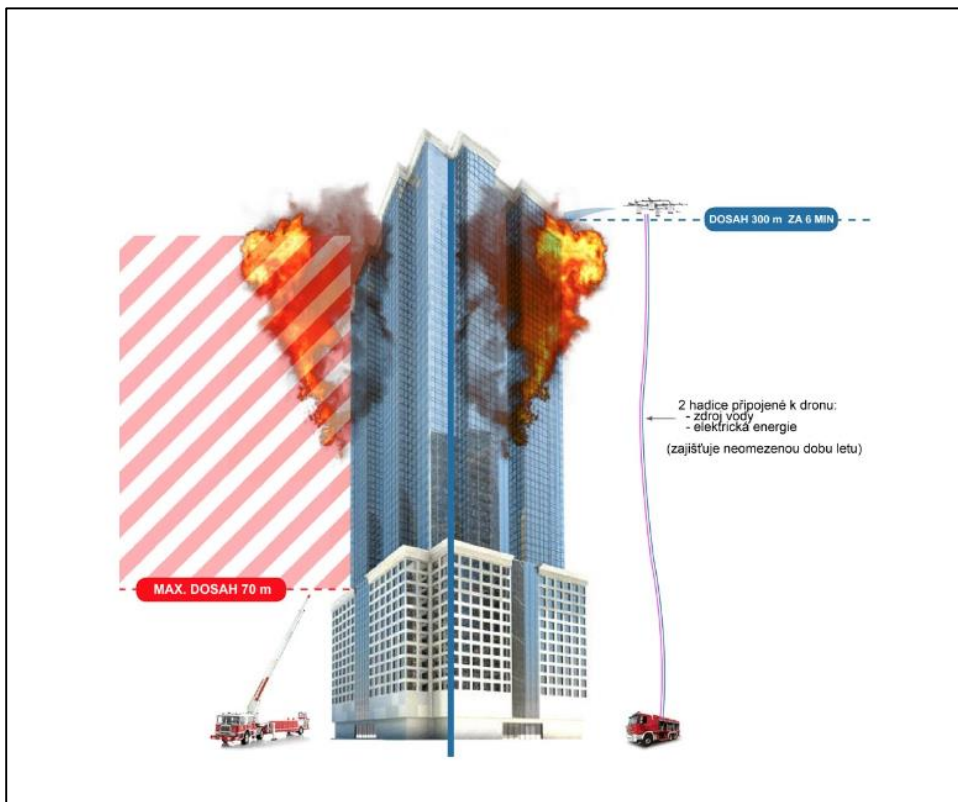
---

<sup>66</sup> Zdroj obrázku: TÚPO Praha



Obr. 13 Hasící bezpilotní prostředek

zejména pak u výškových budov. Jelikož výška, do které dron doletí a má možnost hasit bude několikanásobně větší, než u automobilu (obr. 14<sup>67</sup>). A jelikož je bezpilotní prostředek připojen jak na vodu, tak i na zdroj elektrické energie, tak výdrž ve vzduchu není nijak omezena. To je také důvod proč elektromotory udrží takové množství vody.



Obr. 14 Srovnání typů hašení

<sup>67</sup> Zdroj obrázku: TÚPO Praha

## 11.3 Zdravotnická záchranná služba

Tato složka integrovaného záchranného systému je složkou, která nejméně využívá bezpilotní prostředky. A to hlavně z důvodu, že zdravotnická péče živé osoby je potřebnější a zřejmě i efektivnější než systém. Kde ovšem dává smysl používání bezpilotních prostředků a víceméně to navazuje na předchozí bezpečnostní sbor, tak je u Horské služby České republiky. Kde horští záchranáři jej využívají pro vyhledávání osob v horských terénech a na špatně přístupných místech nebo v oblastech lavinového nebezpečí.

### 11.3.1 Současné využití bezpilotních prostředků

Horská služba si pořídila bezpilotní prostředek od České firmy Robodrone. Hlavním kritériem pro výběr vhodného dronu pro Horskou službu byla možnost letu za silného větru. Tento bezpilotní prostředek je vybaven běžnou kamerou, termovizní kamerou a infrakamerou pro noční vidění. Také disponuje podvěsem, na který se dá umístit předem připravený záchranářský balíček, který obsahuje termofólii, energetické tyčinky, vodu nebo odolný mobilní telefon s GPS lokátorem. Tento balíček je pilot schopný spustit k požadované osobě. Další možné vybavení, které na bezpilotní letoun lze připevnit je lavinový vyhledávač a megafon. Megafon pověšený na bezpilotní prostředek je napojený na SIM kartu, což umožňuje Horské službě mluvit do něj skrze mobilní telefon. <sup>68</sup>

### 11.3.2 Budoucí využití bezpilotních prostředků

Do budoucna jsou nejspíše dva další drony, které již jsou navrženy. V prvním případě se jedná o dron, který má v sobě automatický defibrilátor. Tento dron vymyslel a první prototyp (obr. 15<sup>69</sup>) sestrojil nizozemský student Alec Mont.

---

<sup>68</sup> SCHMIDT Petr, 2021. Využití bezpilotních letadel pro zdravotnickou záchrannou službu. Bakalářská práce. 2021. Vysoká škola zdravotnická, o.p.s., PRAHA 5, zdravotnické záchranářství. Vedoucí práce: PhDr. David Peřan. Dostupné z: [https://is.vszdrav.cz/th/mybaq/Bakalarska\\_prace\\_Petr\\_Schmidt\\_Vyuziti\\_bezpilotnich\\_letadel\\_pro\\_Zdravotnickou\\_zachrannou\\_sluzbu.pdf](https://is.vszdrav.cz/th/mybaq/Bakalarska_prace_Petr_Schmidt_Vyuziti_bezpilotnich_letadel_pro_Zdravotnickou_zachrannou_sluzbu.pdf)

<sup>69</sup> Emile Uys, 2016. Student invents ambulance drone for speedy medical assistance. [20.10.2016]. Cape Town. [Citace: 26.02.2022]. Dostupné z: <https://www.designindaba.com/articles/creative-work/student-invents-ambulance-drone-speedy-medical-assistance>

Neznamená to ovšem, že by sám bez lidské pomoci dokázal dát výboj člověku v bezvědomí.



*Obr. 15 Ambulance Drone – dron pro záchranu životů*

Princip této dálkové pomoci je vcelku jednoduchý a nepotřebuje nijaké speciální školení. Fungovat by měl tak, že bude v pohotovosti na stanicích záchranné služby nebo v nemocnicích. Odtud by měl autonomně vylétat k potřebným případům. Jinými slovy, když někdo na ulici zkolabuje a jiná osoba bude volat pomoc přes záchrannou službu, tak dispečer vyhodnotí, o co se s největší pravděpodobností jedná, a pokud půjde o zástavu srdce bude tam moct vyslat tento ambulanti dron. Tento bezpilotní prostředek poletí na GPS souřadnice telefonu, ze kterého je voláno. A nepochybně dorazí na místo dříve než sanitní vůz. Po přiletu má tento dron v sobě kameru a dispečer vše vidí přes kameru. Tudiž volající osoba zavěsí telefon a komunikuje s dispečerem dále přes mikrofon a reproduktor zabudovaný v dronu. A dále postupuje podle pokynů dispečera. To znamená, že vytáhne elektrody a přilepí je na hrudník a jelikož se jedná o automatický defibrilátor, tak sám vyhodnotí, kolik výbojů je potřeba.

V druhém případě jde ještě o více vzdálenou budoucnost, ale jedná se o návrh České studentky z ČVUT. Jedná se o osobní záchranný dron UAV (obr. 16<sup>70</sup>).



Obr. 16 Osobní záchranný dron UAV

Tento dron by měl fungovat většinu času na bezpilotní bázi. Ovšem pilot může do řízení zasáhnout prostřednictvím tabletu umístěného uvnitř. Princip použití takového dronu by měl být ten, že záchranář se pomocí dronu dopraví k pacientovi. Poskytne mu nutnou první pomoc díky základnímu vybavení v dronu. Naloží pacienta na lehátko, zasune ho dovnitř a dron jej přetransportuje do záchranářem nebo dispečerem určené nemocnice. Dron dokáže vyložit záchranáře a naložit pacienta jak bez přistání, tak samozřejmě i s přistáním.

Ovšem i v těchto případech narazíme na problém s legislativním rámcem. Jelikož i v tomto možném budoucím využití dronu nelze nechat autonomně létat bezpilotní prostředek bez jakéhokoliv ovládní ve vzduchu. Lze předpokládat, že v nové legislativě bude upravena nová kategorie, která bude zahrnovat bezpilotní prostředky bezpečnostních sborů nebo drony využívané integrovaným záchranným systémem.

---

<sup>70</sup> BcA. Příhodová Žaneta, 2017. Osobní záchranný dron UAV. Ústav průmyslového designu/ FA ČVUT. Diplomová práce. Vedoucí práce: Mga. Martin Tvarůžek. Dostupné z: <https://www.fa.cvut.cz/cs/galerie/diplomove-prace/6070-osobni-zachranarsky-dron-uav>

## 11.4 Armáda ČR

Jsem si vědom, že tato kapitola je nad rámec mé práce, jelikož armáda České republiky není složkou integrovaného záchranného systému. V tomto případě si myslím, že stojí za zmínku uvedení této složky ozbrojených sil.

Armáda začala s vyzbrojováním bezpilotními prostředky relativně pozdě, ale o to intenzivněji. Například v roce 2022 Ministerstvo obrany chystá nákup na rozšíření stavů bezpilotních prostředků za téměř 121 miliónů korun. Armáda využívá spíše plošníkove letouny než koptéry. Největší zastoupení má u plošnickových prostředků stroje od firmy Sojka.

### 11.4.1 Současný stav bezpilotních prostředků

Armáda využívá nyní bezpilotní prostředky k průzkumu terénu, zaměřování cílů na nepřátelské straně, vlastní ochraně konvojů při přesunu svých sil a prostředků nebo na rozpoznávání hrozeb. U této složky ozbrojených sil vznikl samostatný prapor na bázi roty bezpilotních prostředků. Tento prapor patřil ještě do konce roku 2019 do sestavy 102. průzkumného praporu. Cílem nově vzniklého praporu je dosáhnout tří set vojáků do roku 2025. Úkoly v souvislosti s bezpilotními prostředky bude plnit na místech, které jsou v souladu s požadavky a potřebami NATO. Tato jednotka byla v historii již nasazena, a to v Afghánistánu.

V současnosti jsou k dispozici desítky různých bezpilotních systémů. Nejvýkonnější stroj ve flotile Armády ČR je letoun ScanEagle. Tento bezpilotní prostředek disponuje maximální vzletovou hmotností (MTOW) 25 kg, doletem přes 100 kilometrů a výdrž přes dvacet hodin. Tyto stroje, kterých má armáda k dispozici deset kusů, obdržela od vlády USA pro potřeby proti terorismu. Kromě letounů AČR obdržela také jedno startovací zařízení a jedno přistávací zařízení, jak lze vidět na obr.17 <sup>71,72</sup>

---

<sup>71</sup> Jan Grohmann, 2015. Scan Eagle vstupuje do výzbroje Armády ČR. [03.03.2015] [Citace: 04.03.2022] Dostupné z: <https://www.armadinoviny.cz/scaneagle-vstupuje-do-vyzbroje-armady-cr.html>

<sup>72</sup> Libor Želinský a desátník David Herber, 2020. V České armádě od ledna vznikl nový prapor bezpilotních systémů. Zpravodajství. 16.1.2020. Praha. [Citace: 03.03.2022]. Dostupné z: <https://acr.army.cz/informacni-servis/zpravodajstvi/v-ceske-armade-od-ledna-vznikl-novy-prapor-bezpilotnich-systemu-218687/>





*Obr. 17 Letoun ScanEagle na startovacím katapultu SuperWedge*

#### **11.4.2 Budoucí využití bezpilotních systémů**

Do budoucna Armáda České republiky plánuje nákup víceúčelového bezpilotního stroje o váze několika stovek kilogramů. Na tento systém bude možné nainstalovat také zbraňové systémy.



## Závěr

V této práci je velmi detailně popsána teorie konstrukce a konstrukčních materiálů využívaných k sestavení bezpilotních letounů a uvedení platné legislativy pro jejich používání jak v civilní sféře, tak i letounů integrovaného záchranného systému. Na základě informací obsažených v této práci je patrné, že není zcela jednoduché vyžít drony pro práci členů složek IZS, a proto pevně věřím, že i tato práce napomůže ulehčit používání bezpilotních prostředků v této oblasti. Nejlépe vytvořením kategorie pro členy IZS a ozbrojené síly nebo nějakou meziresortní dohodou, která bude platná pro všechny složky. Použití bezpilotního prostředku pak bude na uvážení daného pilota, zda je potřeba vzlétnout nebo postačí práce ze země. Dále je potřeba legislativně upravit další podmínku, a to takovou, že bezpilotní prostředky smějí létat i na vzdálenost, na kterou nelze dohlédnout. V neposlední řadě, že mohou létat autonomně, tedy bez zásahu pilota do řízení. To by samozřejmě přineslo riziko, že pilot zodpovídá za všechny možné kolize způsobené právě letem takového prostředku. Přesto si myslím, že by to ulehčilo a zefektivnilo práci daných sborů. Do budoucna lze jistě očekávat rychlý nárůst bezpilotních letounů a jejich využití.

Stejnou míru zastoupení, možná i větší, mají do budoucna antidronové systémy, které se budou podílet na ochraně vzdušného prostoru nad určenými důležitými místy a objekty. Z hlediska antidronových systémů je potřeba říct, že jsou zde možnosti jejich zavedení na všechna důležitá místa. Nicméně, jak jsem zjistil, tak složitější je to z hlediska vypisování veřejných zakázek či tendrů. Na druhém místě je to také otázka financí.

Po osobních konzultacích jsem došel k závěru, že bezpilotní prostředky nejvíce využívá Policie ČR a má k tomu také legislativní podklady. Ty ovšem nezahrnují vše, co by bylo pro práci s takovými prostředky potřebné. Zároveň vývoj těchto letounů jde nezadržitelně dopředu, což je i důvodem, proč další složky mají velký zájem na jejich používání. V nejbližší době zřejmě dojde i k další meziresortní dohodě, konkrétně s Hasičským záchranným sborem. Při konzultacích jsem také zjistil, že velmi dobře v této oblasti bezpilotních prostředků funguje spolupráce jednotlivých složek integrovaného záchranného systému. Nicméně ve chvíli, kdy

se rozšíří používání bezpilotních letounů, je potřeba mít mnohem více pilotů, aby bylo možné zvládat všechny akce, kde jsou letouni zapotřebí.

## Seznam obrázků a tabulek

Obr. 1 Model Rogalo 1976 .....	12
Obr. 2 Transmittance atmosféry .....	29
Obr. 3 Způsoby eliminace bezpilotního systému .....	35
Obr. 4 Eagle One .....	39
Obr. 5 Schéma povinných úkonů nezbytných pro provoz dronů od 31.12.2020	44
Obr. 6 Policejní dron BRUS .....	46
Obr. 7 Flyability Elios .....	47
Obr. 8 Systém Data From Sky .....	51
Obr. 9 Radar systému Antidron .....	52
Obr. 10 Vybavení systému Antidron .....	53
Obr. 11 Informace o detekovaném prostředku .....	54
Obr. 12 Požár vyfocený pomocí dronu .....	57
Obr. 13 Hasící bezpilotní prostředek .....	59
Obr. 14 Srovnání typů hašení .....	59
Obr. 15 Ambulance Drone – dron pro záchranu životů .....	61
Obr. 16 Osobní záchranářský dron UAV .....	62
Obr. 17 Letoun ScanEagle na startovacím katapultu SuperWedge .....	64
Tabulka 1 Možný okruh použití UAS .....	21

## Použité zdroje a literatura

### Monografie

**Boyle, Michael J.** *The Drone Age; How drone technology will change war and peace.* 198 Madison Avenue, New York : Oxford University Press, 2020. str. 387. ISBN 9780190635886

**Hoffstadt, Brett.** *Success with drones in civil engineering : an accelerated guide to safe, legal, and profitable operations.* 2018. ISBN 978-1980585145.

**Hohenlohe, Stephan zu.** *Drony : stručně a přehledně: výběr vhodného modelu, ovládání, foto a video, legislativa.* [překl.] Richard Kříž. Frýdek-Místek : Alpress, 2016, 2016. ISBN 978-80-7543-234-6.

**Juniper, Adam.** *The complete guide to drones : choose + build + photograph + race.* London : Ilex, 2018. ISBN 978-1-78157-538-3.

**Karas Jakub, Tichý Tomáš.** *Drony.* Brno : Computer Press (CP Books), 2016. str. 264. ISBN 978-80-251-4680-4.

**Matoušek Jaroslav Bc.** Využití bezpilotních prostředků v bezpečnostních sborech a možnosti ochrany při jejich zneužití. Diplomová práce. Policejní akademie České republiky v Praze, katedra kriminální policie. Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Jonák, Ph.D.

**Miřijovský Jakub.** *Bezpilotní systémy: Sběr dat a využití ve fotogrametrii* Univerzita Palackého. Přírodovědecká fakulta, 2014. str. 170. ISBN 978-80-244-4235-8.

**Řešátko Jaroslav, Kocourek Jaroslav.** *Drony, Praktická příručka pro majitele dronů DJI.* Praha 3. vydání. TELINK, spol. s.r.o. ISBN 978-80-11-00186-5

**Tallo Anton et al.** *Bezpilotné prostriedky vo vybraných službách polície.* Bratislava : Akadémia Policajneho zboru v Bratislave, 2018. str. 371. ISBN 978-80-8054-758-5.

**Vosecký Slavomír.** *Radionavigace.* Akademické nakladatelství CERM, 2012. str. 244. ISBN 978-80-7204-764-2.

**Guvenc, Ismail, Ozdemir Ozgur, Yapici Yavuz, Mehrpouyan Hani a Matolak David.** Detection, localization, and tracking of unauthorized UAS and Jammers. In: 2017 IEEE/AIAA 36th Digital Avionics Systems Conference (DASC) [online]. IEEE, 2017, 2017, s. 1-10. DOI: 10.1109/DASC.2017.8102043. ISBN 978-1-5386-0365-9. Dostupné z: <http://ieeexplore.ieee.org/document/8102043/>

## **Časopisecké články**

**prof. Ing. Jaroslav Čechák Ph.D.** *Vývoj a testování zařízení pro detekci, kontrolu, rušení a eliminaci nebezpečných bezpilotních prostředků nepodléhajících registraci UCL pro potřeby PČR.* [Veřejná zakázka] Praha : autor neznámý, 2016.

## **Zákonná úprava a IAŘ**

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 765/2008 ze dne 9. července 2008, kterým se stanoví požadavky na akreditaci a dozor nad trhem týkající se uvádění výrobků na trh a kterým se zrušuje nařízení (EHS) č. 339/93. Úřední věstník Evropské unie. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R0765&from=EN>

Nařízení komise v přenesené pravomoci (EU) 2019/945 ze dne 12. března 2019 o bezpilotních systémech a o provozovateli bezpilotních systémů ze třetích zemí. Úřední věstník Evropské unie. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0945&from=IT>

Zákon č. 361/2000 Sb., *Zákon o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů.* Platný od 19.10.2000 a účinný od 01.01.2001. Dostupný z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-361?text=>

## **Webové stránky a elektronické zdroje**

**Baláž Teodor, Řehoř Zdeněk.** *Dosahy OE přístrojů v reálných podmínkách.* [Prezentace] Brno : Vysoké učení technické v Brně, 2010.

**Bém Tomáš.** Drony jako bezpečnostní riziko. Bakalářská práce. Brno: Vysoká škola regionálního rozvoje a bankovní institut – AMBIS, katedra bezpečnosti a

práva. Vedoucí práce: Ing. Magdaléna Náplavová, Ph.D. Dostupné z: [https://is.ambis.cz/th/vv933/Bakalarska\\_prace.pdf](https://is.ambis.cz/th/vv933/Bakalarska_prace.pdf)

**Darling, David.** Encyclopedia of science. *The worlds of David Darling*. [Online] 2016. [Citace: 20. 10 2021.] <https://www.daviddarling.info/encyclopedia/L/Low.html>.

**Deckerová, Jana.** Česká armáda rozšiřuje své schopnosti a testuje detekci bezpilotních prostředků. [Online] Ministerstvo obrany ČR, 04. 06 2021. [Citace: 14. 01 2022.] <https://www.acr.army.cz/informacni-servis/zpravodajstvi/ceska-armada-rozsiruje-sve-schopnosti-a-testuje-detekci-bezpilotnich-prostredku-228062/>

**Grohmann Jan.** Scan Eagle vstupuje do výzbroje Armády ČR. [03.03.2015] [Citace: 04.03.2022] Dostupné z: <https://www.armadinoviny.cz/scaneagle-vstupuje-do-vyzbroje-armady-cr.html>

**Hájek, Martin.** Detekce a sledování bezpilotních prostředků. Bakalářská práce. Praha. České vysoké učení technické v Praze, fakulta dopravní. Vedoucí práce: Ing. David Hůlek. Dostupné z: [https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/80020/F6-BP-2018-Hajek-Martin-Sled\\_a\\_detek\\_bezp\\_prostredku.pdf?sequence=-1&isAllowed=y](https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/80020/F6-BP-2018-Hajek-Martin-Sled_a_detek_bezp_prostredku.pdf?sequence=-1&isAllowed=y)

**Hejmánek, Tomáš.** Horská služba si koupila dron, jeho využití ale omezuje legislativa [online]. Idnes.cz, 2016-01-12 [cit. 26.02.2022]. Dostupné z: [https://www.idnes.cz/hradec-kralove/zpravy/novy-dron-horskesluzby.A160112\\_171455\\_hradec-zpravy\\_the](https://www.idnes.cz/hradec-kralove/zpravy/novy-dron-horskesluzby.A160112_171455_hradec-zpravy_the)

**Jech Jakub Bc.** Zpracování dat z UAV pro monitoring změn v ráci vybraného zájmového území. Diplomová práce. Pardubice. Univerzita Pardubice, fakulta ekonomicko-správní. Ústav systémového inženýrství a informatiky. Vedoucí práce: Mgr. Pavel Sedlák, Ph.D. Dostupné z: <https://theses.cz/id/cpj0qs>

**Košťál Adam.** Použití bezpilotních letadel v IZS. Bakalářská práce. Kladno. České vysoké učení technické v Praze, fakulta biomedicínského inženýrství. Vedoucí práce: Ing. Luděk Šantora. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/79717/FBMI-BP-2018-Kostal-Adam-prace.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>

**Kumpošt Marek, Říha Zdeněk.** Operační systémy a sítě. *Řízení přístupu k médiu, MAC.* [Online] 2013. [Citace: 31. 01 2022.] [https://is.muni.cz/el/1433/jaro2013/PB169/um/31567058/pb169\\_i.pdf](https://is.muni.cz/el/1433/jaro2013/PB169/um/31567058/pb169_i.pdf).

**Lacinová Markéta.** Bezpilotní létající prostředky při činnosti IZS a legislativní rámec pro jejich použití. Kladno 2016. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, fakulta biomedicínského inženýrství, katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva. Vedoucí práce: Ing. Václav Navrátil. Dostupné z: <https://theses.cz/id/mb3tmo/>

**Minas Benyamin, Goldman H. Geoffrey.** Acoustic Detection and Tracking UAS. [Online] ARMY RESEARCH LAB, 11 2014. [Citace: 14. 01 2022.] <https://www.semanticscholar.org/paper/Acoustic-Detection-and-Tracking-of-a-Class-I-UAS-a-Benyamin-Goldman/93e1be0fd18cc9c9809f66948d94f6a8e17074ef>.

**Molchanov Pavlo, Ronny I. A. Harmanny, Jaco J.M. De Wit, Karen Egiazarian, Jaakko Astola.** Classification of small UAVs and birds by micro-Doppler. [Online] 2014. [Citace: 14. 01 2022.] [http://www.journals.cambridge.org/abstract\\_S1759078714000282.1759-0787](http://www.journals.cambridge.org/abstract_S1759078714000282.1759-0787).

**Novák Jan A.** Trup dronu: uspořádání a materiály. *DRONEWEB.* [Online] ©Droneweb.cz 2015-2021, 19. 11 2016. [Citace: 30. 01 2022.] <http://www.droneweb.cz/konstrukce/item/91-trup-konstrukce-material>

**PBS GROUP, a.s.** Letecké motory. *Letecké motory PBS.* [Online] PBS GROUP, a.s., 2017. [Citace: 30. 11 2021.] <https://www.pbs.cz/cz/Letectvi/Letecke-motory>.

**BcA. Příhodová Žaneta.** Osobní záchranářský dron UAV. [Online] Ústav průmyslového designu/ FA ČVUT. Diplomová práce. [Citace: 02.03.2022] Vedoucí práce: Mga. Martin Tvarůžek. Dostupné z: <https://www.fa.cvut.cz/cs/galerie/diplomove-prace/6070-osobni-zachranarsky-dron-uav>

**RNDr. Plánka Ladislav, CSc.** POČÁTKY SNÍMKOVÁNÍ RC-MODELY LETADEL V ČESKOSLOVENSKU. *Praktické využití GIS v lesnictví a zemědělství.* [Online]

27.-28.. Únor 2014. [Citace: 23. Říjen 2021.] <https://adoc.pub/poatky-snimkovani-rc-modely-letadel-v-eskoslovensku-uvod.html>.

**Řízení letového provozu České republiky, s. p.** Legislativa. *Létejte zodpovědně.* [Online] [Citace: 30. 01 2022.] <https://www.letejtezodpovedne.cz/rady/faq/legislativa>.

**Řízení letového provozu České republiky, s.p.** Letecká informační služba AIM. *DOPLNĚK X – BEZPILOTNÍ SYSTÉMY.* [Online] 16. 11 2017. [Citace: 20. 10 2021.] <https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>.

**Por., Bc. Schindlová Monika Dis.** Využití dronů u Policie ČR, rozhovor s plk. Ing. Ondřejem Smotlachou. [Online] 10.12.2019. [Citace: 15.02.2022] Dostupné z: <https://tydenikpolicie.cz/vyuziti-dronu-u-policie-cr/>

**Schmidt Petr.** Využití bezpilotních letadel pro zdravotnickou záchrannou službu. Bakalářská práce. 2021. Vysoká škola zdravotnická, o.p.s., PRAHA 5, zdravotnické záchranářství. Vedoucí práce: PhDr. David Peřan. Dostupné z: [https://is.vszdrav.cz/th/mybaq/Bakalarska\\_prace\\_Petr\\_Schmidt\\_Vyuziti\\_bezpilot\\_nich\\_letadel\\_pro\\_Zdravotnickou\\_zachrannou\\_sluzbu.pdf](https://is.vszdrav.cz/th/mybaq/Bakalarska_prace_Petr_Schmidt_Vyuziti_bezpilot_nich_letadel_pro_Zdravotnickou_zachrannou_sluzbu.pdf)

**prof. Ing. Šolc František, CSc. Mgr. Baránek Radek.** Mnohorotorové vrtulníky k použití v budovách i otevřeném terénu. *AUTOMA.* [Online] 12 2011. [Citace: 25. 11 2021.] [https://automa.cz/cz/casopis-clanky/mnohorotorove-vrtulniky-k-pouziti-v-budovach-i-otevrenem-terenu-2011\\_12\\_45417\\_5835/](https://automa.cz/cz/casopis-clanky/mnohorotorove-vrtulniky-k-pouziti-v-budovach-i-otevrenem-terenu-2011_12_45417_5835/). 1210-9592.

**URC Systems, spol. s r.o.** IZ225 Přijímač rádiového průzkumu. *RÁDIOVÝ PRŮZKUM A SLEDOVÁNÍ.* [Online] URC , 2021. [Citace: 27. 11 2021.] <https://www.urc-systems.cz/produkt/iz225-scan/>.

**Uys Emile.** Student invents ambulance drone for speedy medical assistance. [20.10.2016]. Cape Town. [Citace: 26.02.2022]. Dostupné z: <https://www.designindaba.com/articles/creative-work/student-invents-ambulance-drone-speedy-medical-assistance>

**Virtual EXPO Group.** Flyability. Collision-tolerant UAV ELIOS. 2022 Marseille. Dostupné z: [https://img.directindustry.com/images\\_di/photo-g/181744-10338418.webp](https://img.directindustry.com/images_di/photo-g/181744-10338418.webp)



E-mailová komunikace s mjr. Františkem Hubáčkem z Letecké služby Policie ČR, vedoucím oddělení bezpilotních prostředků

**Želinský Libor a desátník Herber David.** V České armádě od ledna vznikl nový prapor bezpilotních systémů. Zpravodajství. 16.1.2020. Praha. [Citace: 03.03.2022]. Dostupné z: <https://acr.army.cz/informacni-servis/zpravodajstvi/v-ceske-armade-od-ledna-vznikl-novy-prapor-bezpilotnich-systemu-218687/>