



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Petr Lacek

**MOŽNOSTI A PROSTŘEDKY BIOLOGICKÉ OCHRANY
PROSTORU LETIŠTĚ**

Bakalářská práce

2021



K620..... Ústav dopravní telematiky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Petr Lacek

Studijní program (obor/specializace) studenta:

bakalářský – LED – Letecká doprava

Název tématu (česky): **Možnosti a prostředky biologické ochrany prostoru letiště**

Název tématu (anglicky): Options and means of biological protection of the airport area

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte následujícími pokyny:

- Vývoj problematiky střetu letadel se zvěří a ochrany letišť
- Rozbor střetů s letadly a jejich důsledků
- Podrobný popis nástrojů používaných pro biologickou ochranu letišť
- Možnost použití dronů pro biologickou ochranu letišť
- hodnocení použití dronů



- Rozsah grafických prací: Dle pokynů vedoucího práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Líkař, Petr. VYUŽITÍ RPAS V PROVOZU LETIŠTĚ, 2016, diplomová práce FD ČVUT
Bažantová, Barbora. BIOLOGICKÁ OCHRANA LETIŠTĚ – MOŽNOSTI VYUŽITÍ NETRADIČNÍCH PROSTŘEDKŮ, 2016, Bakalářská práce FD ČVUT
SkyBrary, Non Avian Wildlife Hazards to Aircraft, 2021

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Bureš, Ph.D**

Datum zadání bakalářské práce: **17. července 2020**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **9. srpna 2021**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

L. S.

.....
prof. Ing. Zdeněk Votruba, CSc.
vedoucí
Ústavu dopravní telematiky

.....
doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

.....
Petr Lacek
jméno a podpis studenta

V Praze dne.....10. července 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací. Beru na vědomí, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorského zákona, ve znění pozdějších předpisů, zejména skutečnost, že České vysoké učení technické v Praze má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 citovaného zákona.

V Praze dne 9.srpna 2021

.....

podpis

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval všem, kteří mě během psaní bakalářské práce podporovali, a především svému vedoucímu Ing. Petru Burešovi, Ph.D., za celkové vedení práce, cenné rady, trpělivost a čas, který mi věnoval.

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

MOŽNOSTI A PROSTŘEDKY BIOLOGICKÉ OCHRANY PROSTORU LETIŠTĚ

bakalářská práce

srpen 2021

Petr Lacek

Abstrakt

Hlavním cílem této bakalářské práce je zvážit přínos bezpilotních prostředků (RPAS) k využívání v biologické ochraně letiště a dalších úkonech spojených s provozem letiště. V první polovině práce je zmíněna historie problematiky a analyzovány aktuální metody, jež se k biologické ochraně používají. V druhé části je rozebrána možnost použití RPAS pro biologickou ochranu letišť a úskalí s tím spojená. Výsledkem je SWOT analýza popisující klíčové klady a zápory.

Klíčová slova

srážka s ptákem, biologická ochrana letiště, RPAS, dron, letiště

CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE
FACULTY OF TRANSPORTATION SCIENCES

OPTIONS AND MEANS OF BIOLOGICAL PROTECTION OF THE AIRPORT AREA

bachelor thesis

August 2021

Petr Lacek

Abstract

The main objective of this bachelor thesis is to consider the contribution of Remotely Piloted Aircraft System (RPAS) in the biological protection of the airport and other tasks associated with airport operations. In the first half of the thesis, the history of the issue is mentioned, and the current methods used for biological protection are analysed. In the second part, the possibility of using RPAS for airport biological protection and the pitfalls associated with it are discussed. The result is a SWOT analysis describing the key pros and cons.

Key words

bird strike, bird strike prevention, RPAS, drone, airport

Obsah

Seznam použitých zkratk	7
2 Úvod	8
3 Vývoj problematiky střetu letadel se zvířící a ochrany letišť	10
4 Rozbor střetů s letadly a jejich důsledků	13
5 Podrobný popis nástrojů používaných pro biologickou ochranu letišť	19
5.1 Design letadel	19
5.2 Vyhýbání se ptákům letadly	19
5.3 Pasivní vyhánění ptáků mimo trasu letadel	21
5.4 Aktivní vyhánění ptáků mimo trasu letadel	21
5.4.1 Pyrotechnická	21
5.4.2 Akustická	22
5.4.3 Biologická (psi)	23
5.4.4 Biologická (draví ptáci)	24
5.4.5 Chemická	25
5.4.6 Řízené modely	26
5.4.7 Plynová děla	27
5.4.8 Lasery	29
6 Možnost použití RPAS pro biologickou ochranu letišť	31
6.1 Drony a legislativa	32
6.2 Ochrana zvířat a legislativa	34
6.3 Vybavení RPAS	35
6.4 Nákladovost RPAS	35
6.5 Rozbor vhodnosti jednotlivých technik pro použití v kombinaci s RPAS	37
6.5.1 Pyrotechnická + RPAS	37
6.5.2 Akustická + RPAS	38
6.5.3 Plynová děla + RPAS	38
6.5.4 RPAS osazené plamenometem	38
7 Zhodnocení využití RPAS	40
8 Závěr	43
Seznam obrázků	45
Seznam grafů	46
Seznam použité literatury	47

Seznam použitých zkratk

AIP – Letecká informační příručka (Aeronautical Information Publication)

NOTAM — poznámka pro letce (Notice to Airmen)

BIRDTAM – zpráva NOTAM týkající se informace ohledně rizika srážky s ptactvem

RPAS – dálkově řízené letadlové systémy (Remotely Piloted Aircraft Systems)

RWY – Vzletová a přistávací dráha (runway)

FAA – Federal Aviation Administration

TOW – Vzletová hmotnost (Takeoff Weight)

UAV – Bezpilotní letadlo (Unmanned aerial vehicle)

UA – Bepilotní letadlo (Unmanned Aircraft)

MTOM – Maximální vzletová hmotnost (Maximum Takeoff Mass)

ÚCL – Úřad pro civilní letectví

ŘLP – Řízení letového provozu

GPS – Globální polohový systém (Global Positioning System)

1 Úvod

Střety s divokou zvěří, zejména pak ptáky, jsou odjakživa bezpečnostním rizikem pro lety veškerými letadly – od balónu po vrtulník. Mohou napáchat značné škody na letadle, které v nejhorších případech končí tragédiemi vyžadující si lidské životy. Z ekonomického hlediska se odhaduje, že celosvětově roční škody způsobené těmito kolizemi stojí 1,2 miliardy dolarů. Není proto divu, že letiště, tedy prostor, s vysokou hustotou letadel na malé ploše, investují nemalé sumy do biologických ochranných opatření, předcházejíc tak možným neštěstím, současně i s cílem ušetřit. Pouze pro představu, odhaduje se, že výměna jedné lopatky v motoru letounu Boeing 737 vyjde až na zhruba 51 tisíc dolarů. To je asi jedna třetina celkově vynaložených financí na biologickou ochranu na Letišti Václava Havla v Praze za rok. Skutečnost je přitom taková, že se denně srazí s lidmi řízenými stroji přibližně 40 ptáků a jiné zvěře. Tyto hodnoty mají navíc, s přibývajícím počtem letadel na obloze, rostoucí tendenci.

Z toho důvodu je nutné biologickou ochranu letiště provádět stále efektivněji, aby nepřibývalo leteckých nehod. V této práci jsou rozebrány současné metody plašení zvěře, jejich silné, a naopak slabé stránky. Některé níže zmíněné praktiky jsou využívány již od 50. let 20. století a mohou být náročné na provoz, například plašení ptactva za pomoci vycvičených dravců. Ti se přitom sami mohou stát nesprávným vypuštěním obětí kolize s letadlem.

V rámci jednotlivých kapitol je postupně rozebrán vývoj problematiky střetu letadel se zvěří, kde je podrobněji analyzováno, jak se v minulosti vyskytl tento problém a postupně se přetvářel až do dnešního dne.

Další kapitola se hlouběji zaměřuje na rozbor střetů a jejich důsledků. V kapitole je zmíněno, kteří ptáci jsou největší hrozbou, kdy jsou aktivní a v neposlední řadě jaká poškození na letadlech mohou způsobit.

Následně se v rámci další části dostane na podrobný popis nástrojů používaných pro biologickou ochranu letišť. Od předběžných opatření až po samotné plašení ptáků mimo trasu letadel.

Navazující kapitola nastíní možnost využití RPAS k biologické ochraně letišť. Je v ní zmíněno, kromě jiného, nákladovost, potřebná výbava na palubě, legislativní část a vybrané vhodné jednotlivé praktiky, které by mohly být zkombinovány a použity s bezpilotními prostředky.

V předposlední části jsou zmíněny a důkladněji zhodnoceny jednotlivé prvky z příložené SWOT analýzy. Navrch obsahuje možná řešení k jednotlivým problémům a nedostatkům.

V závěru jsou vyhodnoceny získané informace z jednotlivých částí práce a zodpovězeno na otázku, zdali je využití RPAS doopravdy skutečným řešením tohoto problému. Je zde nastíněn i možný postup do budoucna.

2 Vývoj problematiky střetu letadel se zvířím a ochrany letišť

Od úplných počátků letectví se letadla střetávají s ptáky, někdy bez následků, jindy s různě vážnými následky.

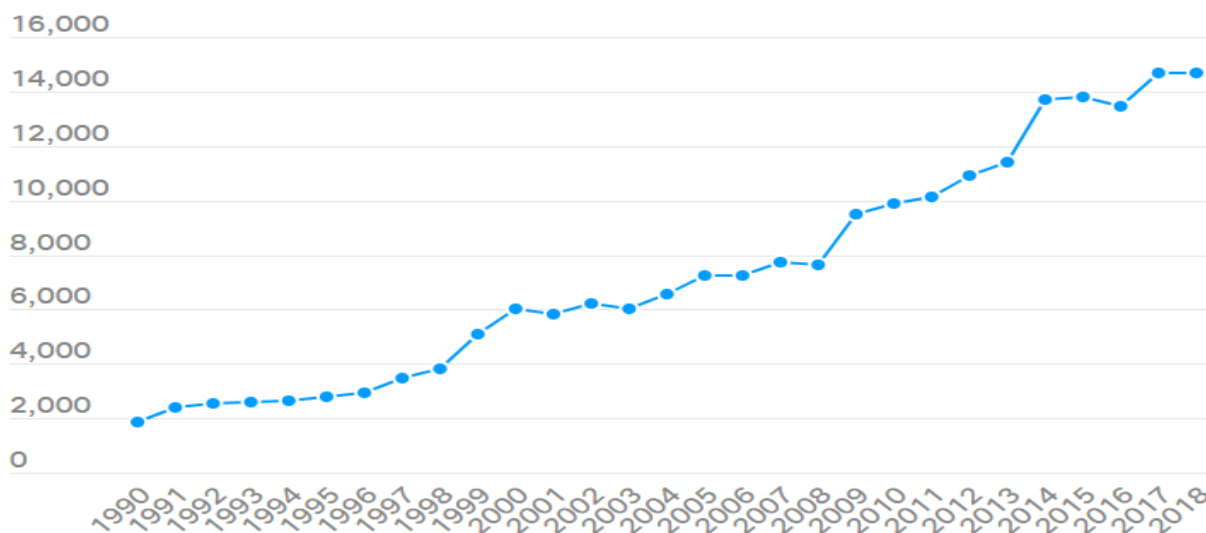
Dne **7. září 1905**, tedy po téměř dvou letech od prvního letu letadlem těžším než vzduch, byla nahlášena první srážka s ptákem v Daytonu v Ohiu Orvillem Wrightem.

Dne **3. dubna 1912** se letecký pionýr Cal Rodgers stal první obětí srážky letadla s ptákem, když se jeho Wright EX střetl s rackem v Long Beach v Kalifornii.

S postupem času přibývalo letadel, a lidé/piloti letadel se tak museli naučit s nebezpečím střetu ptáky počítat a aktivně jim předcházet, ačkoli se jednalo o náročný úkol, a to kvůli zvýšeným požadavkům na bezpečnost, vyšší rychlosti a vyššímu počtu letadel.

Dne **4. října 1960** se udála vůbec největší letecká katastrofa spojená s kolizí s ptákem. Letoun Lockheed L-188 Electra letu 375 společnosti Eastern Airlines těsně po vzletu z bostonského letiště Logan narazil na hejno špačků obecných, což způsobilo úplné selhání 3 ze 4 motorů. Aeroplán spadl a narazil do bostonského přístavu. Na místě zahynulo 62 lidí. [1]

Srážky letadel s ptactvem ročně celosvětově stojí 1,2 miliardy dolarů. V letech 1988–2004 přišlo o život 190 lidí a 140 letadel bylo zcela zničeno ve spojitosti s katastrofami, ve kterých figurovala divoká zvíř. Odborníci se domnívají, že pouhých 20 % incidentů je nahlášeno. Jak je vidět z Graf 1 – Počet nahlášených srážek letadel s ptáky od roku 1990 až po rok 2018 v USA, v roce 2018 bylo ve Spojených státech nahlášeno rekordních 14 661 kolizí s divokou zvířím. To je zhruba osminásobek hodnoty z roku 1990 (1 850 kolizí), jedná se o průměrně 40 případů za den. Drobné opravy, jako je výměna jedné lopatky v motoru letounu Boeing 737 vyjde až na zhruba 51 tisíc dolarů. Střety jsou tedy závažným ekonomickým a bezpečnostním problémem. [2] [3] [4]



Graf 1 – Počet nahlášených srážek letadel s ptáky od roku 1990 až po rok 2018 v USA [2]

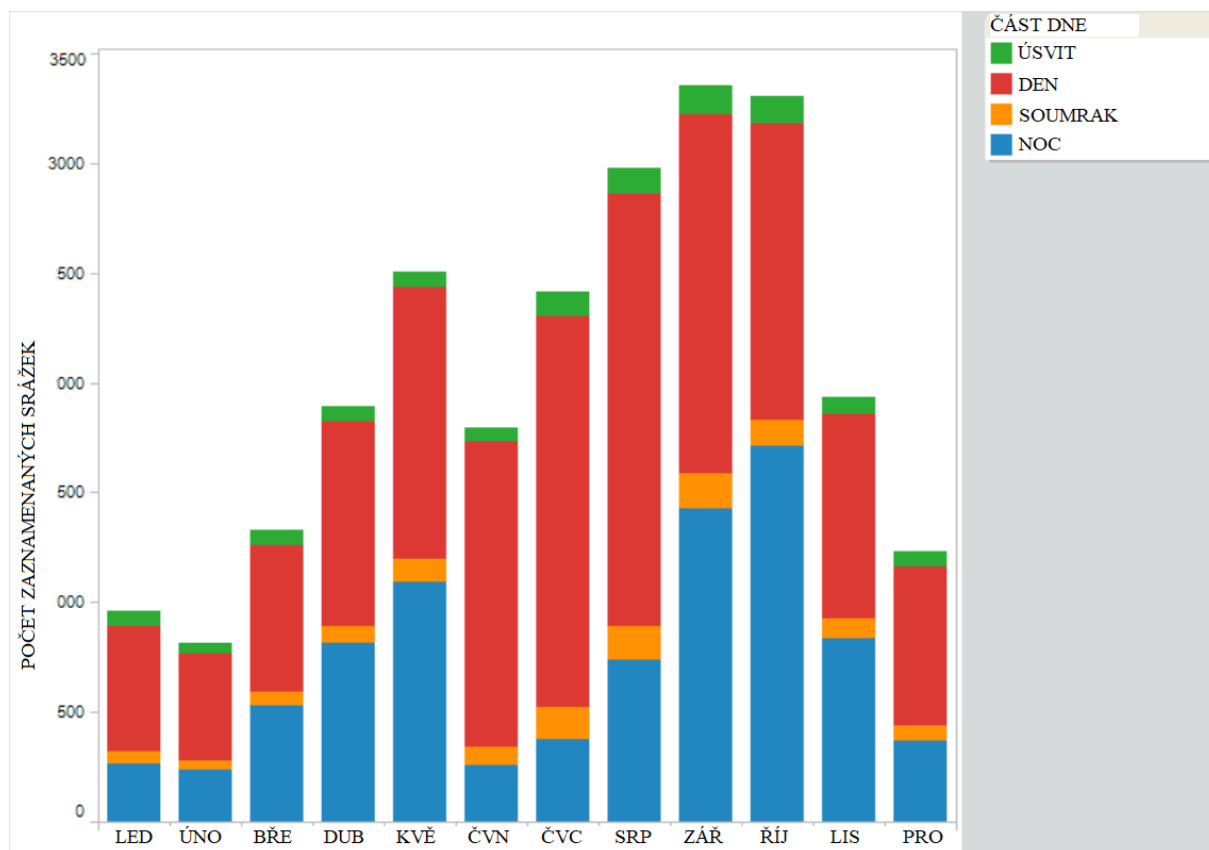
Historicky slouží k prevenci kolizí sokolníci, jejichž cílem je snížit potenciální riziko na minimum za pomoci dravců a dalších nástrojů, které se postupně vyvíjejí. Mnohdy na letištní ploše stráví celý den a denně najezdí autem až 300 kilometrů. Jako nejúčinnější se pro plašení nevídané zvěře jeví kombinace různých metod – od preventivní údržby travnatých ploch a odstraňování možných zdrojů potravy či možných míst ke hnízdění až po vypuštění dravce. K rušení je používána například pyrotechnika, střelné zbraně, již výše zmínění dravci a v neposlední řadě lovečtí psi, jejichž primárním úkolem je vyhledávat zvěř sedící na zemi. V minulosti byly k nočnímu lovu využívány také sovy, ale od těch se již opustilo. Na ostravském letišti pracovníci biologické ochrany nenašli využití pro zvukové plašiče, jež měly dle tamějšího sokolníka přesně opačný výsledek, než bylo záhodno – ptáky neodpuzovaly, ale naopak přitahovaly. K lokalizaci problému využívají kromě hlášení od pilotů a řídicích na věži v Ostravě radar. Je také důležité dravce vypouštět citlivě a pokud možno v časových intervalech, kdy se na dráze nevyskytuje žádné letadlo připraveno ke vzletnutí, nebo naopak již ve fázi přistání. Kvůli špatnému vypuštění by dravec mohl nehodu způsobit (nevhodným vyplášením směrem k letadlu), anebo se dokonce sám stát její obětí. [5]

V roce 2015 představil Ladislav Bartuška, výzkumný pracovník českobudějovické Vysoké školy technické a ekonomické (VŠTE), v rámci národního kola soutěže European Satellite Navigation Competition projekt biologické ochrany letiště za použití dronů. Drony by dle něj mohly nahradit některé ze současných metod, například sokolnictví. V kombinaci s jinými současnými metodami – akustickými a pyrotechnickými by se mohlo jednat o účinný nástroj k biologické ochraně letiště. Drony by díky speciálnímu softwaru mohly navzájem

komunikovat a částečně autonomně reagovat na pohyb ptáků v okolí. Zároveň by měly mít na svých palubách kamery, jež by umožnily monitorovat další bezpečnostní aspekty na letišti včetně ostrahy daného perimetru, například před vnikem civilních dronů. Na pražském Letišti Václava Havla se zatím o této variantě neuvažuje. Dravci se tam používají již od roku 1982 a pracovníci biologické ochrany s nimi mají skvělé zkušenosti. Biologická ochrana stojí toto pražské letiště ročně na 3 miliony korun. V porovnání s možnými vzniklými škodami je ovšem toto řešení velice levné. [6]

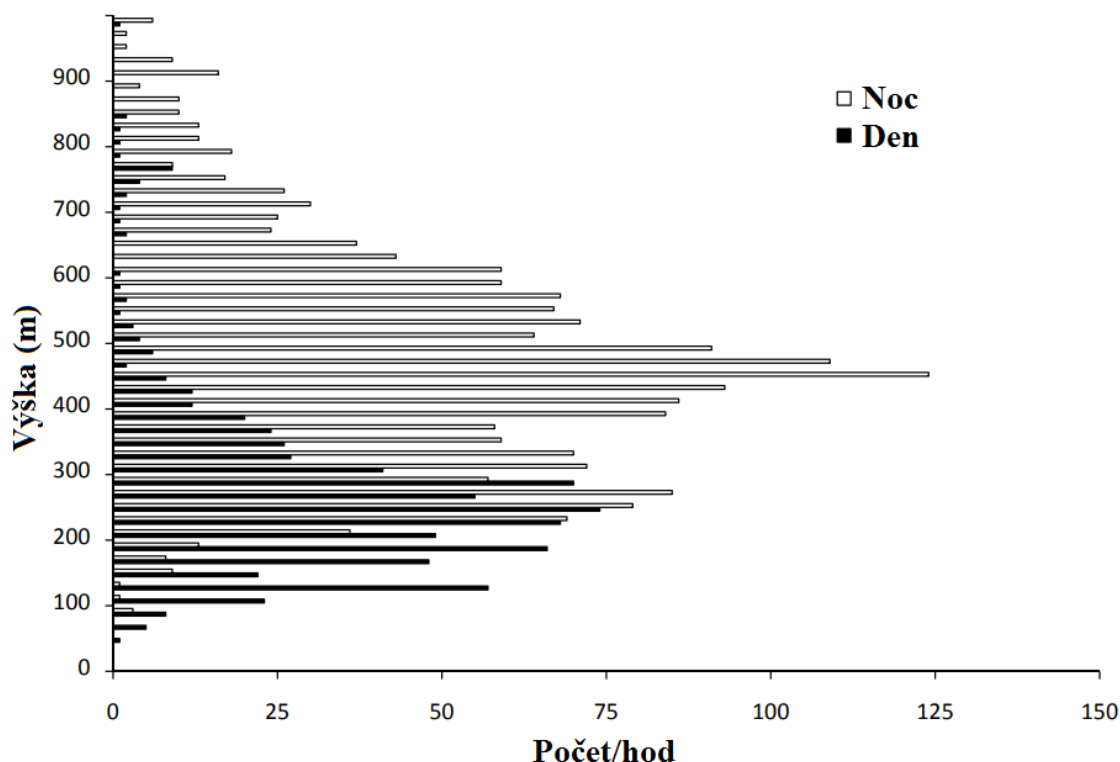
3 Rozbor střetů s letadly a jejich důsledků

Nejčastěji k incidentům mezi letadly a ptactvem dochází při vzletu, přistání či při letech v nízkých nadmořských výškách, a to hlavně v letních měsících (květen až říjen), přičemž k nejvíce srážkám dochází v měsíci září. Většina incidentů bývá zaznamenána ve dne – od úsvitu do soumraku. Na konci léta, konkrétně v září a říjnu, se také významně zvyšuje počet kolizí v nočních hodinách. To vše vyplývá z Graf 2 – Aktivita ptáků během části dne a měsíce [7]



Graf 2 – Aktivita ptáků během části dne a měsíce [7]

Studie z Kingsville v Texasu, z roku 2011, uvádí, že druhy ptáků žijících v noci mají tendenci létat ve vyšších nadmořských výškách než ti denní, jak ukazuje Graf 3 – Závislost aktivity denního a nočního ptactva na nadmořské výšce. Zároveň tato studie zjistila, že nocturnální ptáci (aktivní v noci) jsou mnohem menší než ptáci diurnální (aktivní ve dne), a způsobují tak mnohem menší riziko. [9] [8]



Graf 3 – Závislost aktivity denního a nočního ptactva na nadmořské výšce [8]

Ke kolizi však může dojít i ve velmi vysokých nadmořských výškách. Například husy indické byly viděny v nadmořských výškách přesahujících deset kilometrů. V roce 1973 byl zaznamenán střet se supem krahujovým ve výšce 11 300 metrů nad mořem. [1]

90 % veškerých srážek se odehraje v bezprostřední blízkosti letišť. Velice důležitý je sběr dat, a to kvůli nalezení možných lokací zvýšeného rizika střetu a zároveň pochopení celé podstaty problému. Proto jsou ostatky zvířat zasílány do specializovaných center, kde je provedena forenzní analýza k rozpoznání daného druhu. Získané informace jsou pak dále užitečné pro výrobce konstrukcí, trupů, křídel či výrobce motorů, kteří mohou upravit své výrobky tak, aby byly nárazuvzdorné. I to je jedním z důvodů, proč je sběr dat v této oblasti velmi podstatný a také značně ceněný. [10] [11]

Srážka s ptákem může vést k vážné škodě na letadle, například ke zničenému čelnímu sklu – Obrázek 3 – Čelní sklo vrtulníku Sikorsky UH-60 Black Hawk po srážce s jeřábem , jež může zranit piloty, poruše motorů – Obrázek 2 – Pumpáž proudového motoru po nasátí ptáka do motoru , ucpání přívodů vzduchu, zlomení Pitotovy trubice, poškození brzdného systému, vytvoření díry, nebo promáčkliny na nose – , trupu či křídlech. V případě helikoptér pak může poškodit listy rotoru. Je důležité zmínit, že šance na přežití ptáka jsou mizivé. [14]



Obrázek 1 – Airbus A319 po čelní srážce ptákem [13]

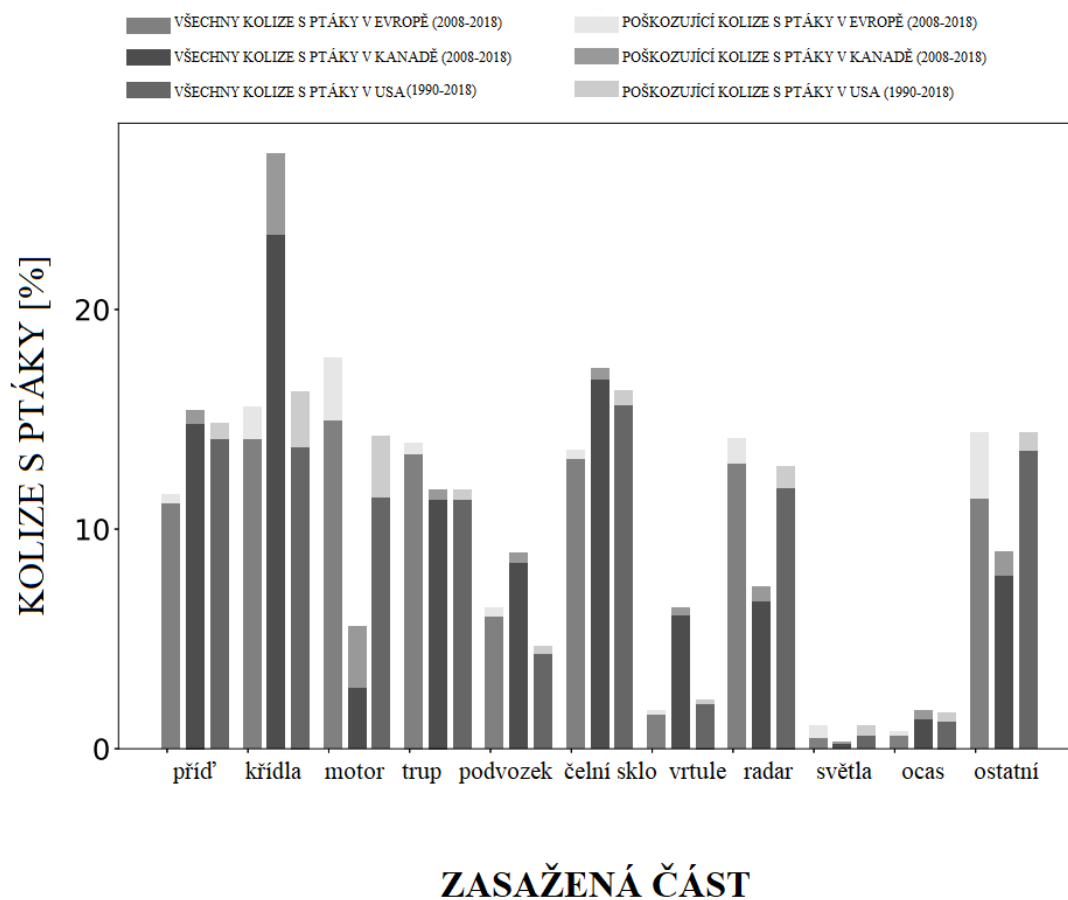


Obrázek 2 – Pumpáž proudového motoru po nasátí ptáka do motoru [12]



Obrázek 3 – Čelní sklo vrtulníku Sikorsky UH-60 Black Hawk po srážce s jeřábem [17]

Graf 4 – Celkový počet kolizí v poměru s kolizemi, které zapříčinily poškození napříč jednotlivými částmi letadla ukazuje, kolik procent kolizí zasáhlo jednotlivé části letadla. Nejčastější oblastí nárazu jsou křídla, čelní sklo, příď a trup.



Graf 4 – Celkový počet kolizí v poměru s kolizemi, které zapříčinily poškození napříč jednotlivými částmi letadla [15]

Dopad srážky na poškození letadla se může diametrálně odlišovat. U velkých dopravních letadel je riziko kompletní ztráty velice malé. Dle FAA vyústí pouze 15 % ze všech střetů k poškození letadla, dle ICAO je to dokonce pouze 11 %. Toto riziko by ovšem nemělo být přehlíženo. U menších letadel a vrtulníků nejsou čelní skla dimenzována na velké zátěže a mohou se tak snadno roztrít. Obecně platí, že čím vyšší rychlost a čím větší hmotnost ptáka, tím větší následné škody. [16]

V sousedním Německu figurují ve 30 % případů všech kolizí ptáků s letadly vlaštovky a rorýsi. Dravci (sokoli, poštolky a káňata) tvoří dalších 15 % nejčastěji zastoupených druhů v incidentech s letadly. Ve více než polovině případů ovšem není druh ptáka identifikován, jedná se tedy pouze o odhad. [14]

Ve Spojených státech amerických jsou hlavními oběťmi střetu s letadlem ptáci z čeledi kachnovitých (30 %), rackové (22 %), dravci (20 %) a holubovití (7 %). Z těchto dvou zdrojů [14] [17] jasně vyplývá, že složení je velmi závislé na geografické poloze daného letiště. [17]

Velkým nebezpečím mohou být také velké skupiny ptáků pohromadě, což může vyústit k mnohačetné kolizi s letadlem, které se při fázích nízkého letu, vzletu či přistání nemusí včas z daných škod zotavit a může tak vést k vážné nehodě. Nejznámějším případem je let US Airways č. 1549, při němž motory letounu Airbus A320 nasály hejno hus (bernešek velkých) a došlo k pumpáži obou motorů – jejich úplnému selhání. Kapitán Chesley Sullenberger byl tak v newyorské metropoli nucen přistát na řece Hudson, což lze vidět na Obrázek 4 – Airbus A320 na řece Hudson po nouzovém přistání po střetu s hejnem hus [18]



Obrázek 4 – Airbus A320 na řece Hudson po nouzovém přistání po střetu s hejnem hus [18]

Dalším bezpečnostním rizikem mohou být vedle ptactva savci žijící na zemi. V Severní Americe dochází ročně průměrně ke 40 srážkám jelena s letadlem, většinou se jedná o soukromé lety s malým letadlem na letištích, kde není zajištěná dostatečná ochrana perimetru před vniknutím divoké zvěře. V Evropě dochází oproti Severní Americe nejčastěji ke srážkám s liškami. Na pražském Letišti Václava Havla se v minulosti řešil problém s drobnými savci (zejména zajíci), kde hrozilo nebezpečí, že by byli živočichové při vzletu letadla, a tudíž při maximálnímu tahu motorů, nasáti do jejich nitra. [19] [20]

Speciálním případem jsou netopýři, kteří jsou jakožto jediní létající savci podobným nebezpečím jako ptáci. Létají zpravidla pouze od soumraku do úsvitu. Netopýři dělíme do dvou základních skupin – na menší hmyzožravé a větší býložravce. Jejich aktivita se odvíjí od počasí a výskytu potravy. Býložraví netopýři tak nezpůsobují velké riziko, jelikož jejich přirozená potrava se v blízkosti letišť obvykle nevyskytuje. Hmyzožraví netopýři ovšem často létají i za lehkých dešťů či bouřek, za nichž by byla srážka s ptákem spíše nepravděpodobná. Díky jejich malé velikosti a hmotnosti nepředstavují velkou bezpečnostní hrozbu, navíc střety s těmito tvory jsou spíše ojedinělé, ba až vzácné. [19]

4 Podrobný popis nástrojů používaných pro biologickou ochranu letišť

K předcházení srážek ptáků s letadly slouží různé metody. Dělíme je na čtyři hlavní segmenty – konstrukce nárazuvzdorných letadel, změnění kurzu mimo trasu zvířat a vyhnání ptáků mimo trasu stroje – pasivní a aktivní.

4.1 Design letadel

Současné motory dopravních letadel jsou konstruovány, aby se po „vcucnutí“ ptáka vážícího až 1,8 kg bezpečně vypl. Není kladen požadavek, aby motor mohl být poté dále používán. Okna kokpitu by měla být navrhována tak, aby také zvládla náraz až 1,8 kg vážícího živočicha bez prohnutí či popraskání.

V současnosti se k testování jednotlivých struktur využívá převážně počítačová simulace, finální testy se ale bez reálného fyzického testu neobejdou. V minulosti byl použit tzv. Chicken gun. Jedná se o dělo, které vrhá zmražená těla kuřat do motorů letadel, čelních částí, oken kokpitu apod. První bylo představeno už během druhé světové války v roce 1942 Američany. Později se k testování začaly využívat bloky želatiny, představující podobnou hustotu jako zvíře. [21]

4.2 Vyhýbání se ptákům letadly

Piloti by se přirozeně měli vyhýbat jiným létajícím objektům včetně zvířat. Zároveň by se měli vyhýbat migračním trasám, přírodním rezervacím a jiným místům, kde je pravděpodobný větší výskyt ptactva. K dalšímu předcházení srážek musí při vzletu co nejrychleji vystoupat nad výškovou hranici 3000 ft (910 m), jelikož v ní se právě většina srážek odehrává. Zároveň by se při konfrontaci s ptáky měl pilot pokusit o snížení rychlosti, aby minimalizoval energii srážky a minimalizoval tak i možné škody na stroji. Tato úvaha vychází ze vzorce pro kinetickou energii $E_k = \frac{1}{2}mv^2$, ze kterého lze jasně vidět, že rychlost srážky hraje větší roli než hmotnost samotného objektu.

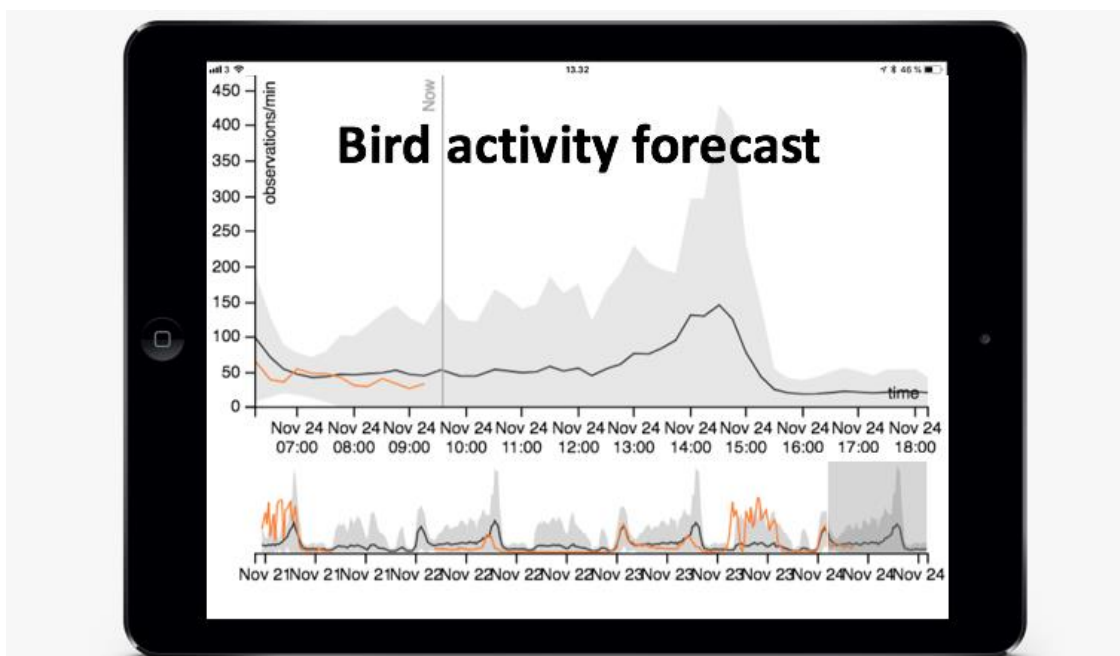
V AIP, v části Enroute, kapitole jedna se nachází sekce věnovaná informacím o ptačích koncentracích v daných oblastech a migračním trasám v daném státě. Zároveň jsou vydávána doporučení ohledně ptáky oblíbených lokalit. Všichni piloti by se měli před letem důkladně informovat o možných nebezpečných úsecích cesty. Doplnkově by si také měli vždy zkontrolovat zprávy typu NOTAM, kvůli aktuálnímu nebezpečí, týkajících se srážek s ptactvem. Zprávy tohoto typu mohou být také nazývány BIRDTAM. Takovéto zprávy mohou

dále obsahovat podstatné informace týkající se sezónní migrace či znepokojivě vyhlížejících skupin ptáků ať už na letišti, kde se zrovna letadlo nachází, nebo na letišti v cílové destinaci. [14]

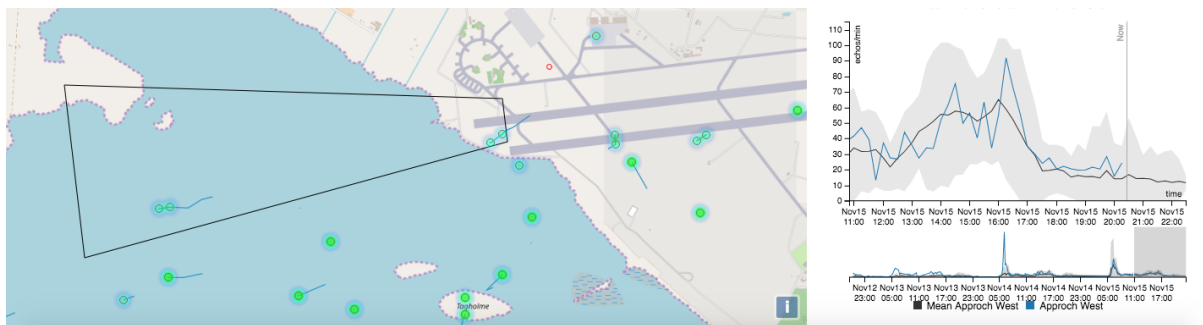
Avionické radary fungující na principu Dopplerova jevu na letištích jsou důležitým nástrojem při vyhýbaní se velkým hejnům ptáků. Mají dosah až do dálky 10 km, výšky 4,5 km a pokrývají okolí 360°. Na výstupním zobrazovacím zařízení probíhá úprava hodnot v reálném čase, takže lze vidět souřadnice, rychlost a směr jednotlivých ptáků v jakýkoliv moment. Data z těchto systémů mohou být využita pro akutní varování před možnými hrozbami a zároveň do historických analýz zachycující pohyb ptactva v daném místě a čase.

Společnost Robin Radar tvrdí, že díky jejich radaru, používaného například na amsterdamském letišti Schiphol, je možné identifikovat klíčová území přímo na letišti i mimo něj, kde ptáci odpočívají, krmí se, ukrývají se a zimují. Jejich radary také zaznamenávají data těsných minutů, hustotu ptactva a přelety nad ranvejemi. [22]

Dle společnosti AxcendXYZ je s vyšším počtem zaznamenaných dat možné s vysokou přesností předvídat počty a místa budoucích aktivit ptáků. Předpověď a aktuální stav je pak možné sledovat v aplikaci, jak lze vidět na Obrázek 5 – Předpověď aktivity ptactva v daném čase v aplikaci a Obrázek 7 – Detekce ptáků v oblasti odletů/přistání [23]



Obrázek 6 – Předpověď aktivity ptactva v daném čase v aplikaci [23]



Obrázek 7 – Detekce ptáků v oblasti odletů/přistání [23]

4.3 Pasivní vyhánění ptáků mimo trasu letadel

V první řadě je důležité provádět preventivní opatření ústící k omezení výskytu ptactva na letišti. Tím, že živočichům zamezíme nalezení úkrytu v dané oblasti, se místo stává méně atraktivní a tím pádem se teoreticky mohou snížit počty jednotlivých druhů. Toho je docíleno například sečbou vysokých trav, vedoucí k zamezení hnízdění, nocování na dané ploše a také k redukci možné potravy. Také sem patří vyjednávání s majiteli zemědělské půdy ve vnitřním ornitologickém pásmu o osevním plánu a zajištění, aby se v něm nenacházela úroda atraktivní pro živočichy. Odstraňování a případné ošetření vodních ploch je dalším pasivním způsobem, jak předejít výskytu ptactva v dané oblasti.

4.4 Aktivní vyhánění ptáků mimo trasu letadel

K aktivnímu odklánění ptáků mimo trasu letadel se využívá hned několik různých metod:

1. Pyrotechnická
2. Akustická
3. Biologická
4. Chemická
5. Řízené modely
6. Plynová děla
7. Lasery

Nelze blíže určit, že by byla jedna účinnější než druhá. Jde o to vybrat správnou kombinaci všech metod zmíněných níže, na které se podílí pracovníci biologické ochrany daného letiště, kteří jsou obeznámeni s problematikou jejich konkrétní letištní plochy. [24] [25]

4.4.1 Pyrotechnická

Pyrotechnika na ptáky působí okamžitě, díky rychlému záblesku a hlasitému zvuku. To je donutí ihned opustit danou lokaci a přesunout se jinam. Existuje mnoho odlišných druhů

pyrotechniky emitující všechny možné zvuky a světla: od klasických petard, kde při explozi dojde k hlasité ráně, přes světlice, až po střelné zbraně, jakými jsou brokovnice využívající signální šrapnelové, nebo slepé náboje, jako zde Obrázek 8 – Pracovník letiště s brokovnicí nabitou slepými náboji. Různí ptáci různě reagují a někteří dokonce útočí na auto pracovníka Biologické ochrany. FAA uvádí tuto metodu jako nejrozšířenější na celém světě. Pro použití vhodné pyrotechniky pro danou situaci je nutnost znalosti daného druhu živočichů a jejich návyky vůči daným prostředkům. Občasným odstřelem několika ptačích jedinců se zvyšuje efektivita této metody. [24] [5] [27]

Výhody: okamžitá reakce subjektů

Nevýhody: vyšší pořizovací náklady; znečištění runwaye; možnost vzniku požáru; rušení klidu



Obrázek 8 – Pracovník letiště s brokovnicí nabitou slepými náboji. [26]

4.4.2 Akustická

Zvuková zařízení vydávají hlasy nejrůznějších ptačích druhů v tísni či naopak zvuky dravců. Reprodukory mohou být jak stacionární, tak mobilní. Připevněné na střeše vozidla biologické ochrany Obrázek 9 – Auto vybavené reproduktory na Letišti Václava Havla v Praze jsou pak velmi účinné, zejména při změně polohy, kdy má zpravidla kýžený efekt na dané ptactvo. Dle

Jiřího Gallata, pracovníka biologické ochrany letiště, se na Letišti Leoše Janáčka v Ostravě akustická metoda nechytila, jelikož měla zcela opačný účinek, než výrobce proklamoval. [5] [27] [25]

Výhody: Pro vybrané druhy ptáků ideální, ptáci odletí od zdroje zvuku, jelikož je považován za nebezpečí.

Nevýhody: při málo časté obměně daných akustických signálů přestává být plašič účinný a ptáci si na něj přivyknou; funkční pouze na vybrané druhy; může mít zcela opačný následek, a naopak ptáky přilákat



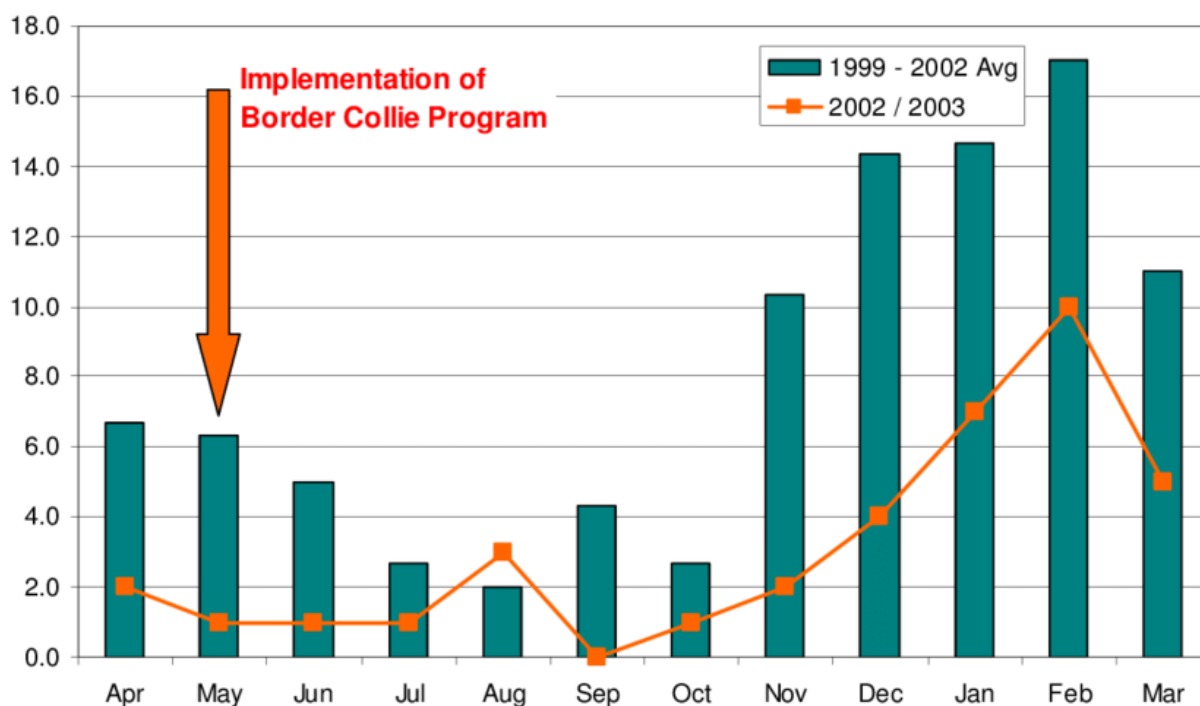
Obrázek 9 – Auto vybavené reproduktory na Letišti Václava Havla v Praze [20]

4.4.3 Biologická (psi)

Použití loveckých psů bývávalo hodně vyžíváno v minulosti, kvůli skvělým schopnostem psa nalézt zvířata ve vysoké trávě. Zároveň je pro ptáky přirozeným predátorem, a vzbuzuje tak „respekt“. V současné době se od něj ale spíše upouští i díky legislativě ukládající letišťům povinnost, aby výška travnatého porostu nepřesahovala 25 cm. Ve světě se k tomuto úkolů využívají border kolie, která je díky dlouhodobým testům a studiím ideální psem pro tuto práci. Je inteligentní, lehce ovladatelná, vysoce aktivní a má silný lovecký pud. Toto tvrzení potvrzuje i studie z Jihoafrické republiky Graf 5 – Viditelný úbytek srážek ptáků s letadly po nasazení Border Kolií v Jihoafrické republice, kde lze zpozorovat výrazně pozitivní trend úbytku srážek ptáků s letadly v 11 ze 12 měsíců v roce. Nicméně v našich končinách se hojně využívají především ohaři. [28] [25]

Výhody: Velmi účinné na sedící ptáky a jinou nelétavou zvěř.

Nevýhody: Logicky nelze používat na létající zvěř.



Graf 5 – Viditelný úbytek srážek ptáků s letadly po nasazení Border Kolií v Jihoafrické republice [28]

4.4.4 Biologická (draví ptáci)

Využití loveckých dravců je další z možností, jak předejít výskytu nechtěných zvířat na letištních plochách. Používají se již od 50. letech 20. století a jedná se tak o jednu z nejstarších metod plašení zvěře na letištích a v českých krajinách je velmi zažitá. Co se týče využívaných dravců u nás, jsou jimi orli Obrázek 10 – Pracovník Biologické Ochrany letiště s orlem na Letišti Leoše Janáčka v Ostravě, kánata, sokoli, jestřábi, krahujci, nebo také rarozi. Stejně jako u psů, dravci jsou přirozeným predátorem plašených ptáků. Je důležité, aby dravci využíváni k této činnosti byli cvičeni pro lov a jen „nelétali kolem“. Plašený druh si dokáže rychle přivyknout na přítomnost dravce, pokud jej zrovna neloví. Sokolník by pak sám měl určit, jakého dravce zvolí, protože každý je vhodný pro lov jiné kořisti. [5] [20] [24]

Výhody: vysoká účinnost díky přirozenému strachu ptáků ze svého predátora

Nevýhody: vysoká pořizovací cena, výcvik pouze na určité druhy, nelze využívat v noci a za nepříznivého počasí, je vyloučeno používat dravce v blízkosti vzletových a přistávacích ploch, osoba vypouštějící dravce musí být oprávněna k lovu a mít náležitě zkušky z lovu a myslivosti



Obrázek 10 – Pracovník Biologické Ochrany letiště s orlem na Letišti Leoše Janáčka v Ostravě [5]

4.4.5 Chemická

Různá řada chemikálií se využívá ať už k likvidaci vegetace a jistých složek fauny, které by mohly být potenciálním zdrojem potravy pro ptáky či k vyložení odpuzování jednotlivých druhů ptáků. Zároveň všechny používané látky musí být nejdříve registrované a schválené daným státem.

Polybuteny jsou chemikálie v tekuté či pastovité formě. Po aplikaci na dané místo se vytvoří lepkavá vrstva znepříjemňující ptákům sezení a nabádá je to tak ke změně místa. Aby fungovaly efektivně, musí být ošetřeny veškeré plochy v okolí, jinak by zvířata zamířila pouze na nejbližší neošetřený povrch. Za normálních podmínek se předpokládá účinnost těchto repelentů 6 až 12 měsíců, v prašných prostředích tato doba může být značně snížena. Po ztrátě účinnosti je potřeba povrch vyčistit a aplikovat novou vrstvu.

Antrachinony a **methyl anthraniláty** jsou látky v tekuté formě používající se pro postřik trávy. Zvěři, jež pozře jídlo ošetřené touto látkou, se nejdříve udělá nevolno a poté si vytvoří post-trávící averzi na danou potravu. Díky ní není třeba ošetřit celou plochu letiště, stačí pouze místa s vysokým rizikem kolize – v blízkosti vzletových a přistávacích ploch, anebo v místech sloužících pro pastvu. Obecně se prokázalo, že látky fungující na principu averze fauny vůči dané potravě mají dlouhodobější efekt než repelenty fungující na principu zápachu.

Methyl anthraniláty se dále hodí k ošetření vodních ploch se stojatou vodou, jež mají odrazovat od jejich budoucího pití a koupání se v nich.

Zároveň existují další chemické primární repelenty, které vytvářejí pro živočichy nepříjemný zápach. Toto řešení je vhodné na migrující přelétávající ptactvo, jelikož není třeba vyvinout dlouhodobý efekt, pouze okamžitý účinek. Jsou zde ještě další sekundární repelenty, které mají na ptáky projímavý efekt. To je naopak účinné na ptáky hnízdící v nedalekých oblastech. [25]

Výhody: snížený výskyt ptáků, vysoká variabilita

Nevýhody: účinná metoda pouze na konkrétní druh ptactva, nutné ošetření veškerých ploch u daných látek

4.4.6 Řízené modely

Jsou zaznamenány pokusy odpuzovat nechtěná zvířata na letištních plochách radiově řízenými modely, připomínající vzhledem dravce, jako je vidět na Obrázek 11 – Robotický model dravce na dálkové ovládání . Zařízení je dálkově ovládáno vyškoleným personálem pro lety s modelem. Lze ho přesně navigovat ve směru od ploch, na kterých si ptáky nežadáme. Krom vizuálního aspektu je ve hře akustické i pyrotechnické plašení, jelikož model může být osazen buď reproduktory vydávající různé tísňové hlasy ptáků, ale jak již bylo řečeno v části 4.4.2, to může mít i opačný efekt a subjekty namísto vyplašení přivábí. Použití pyrotechnických metod na modelu může mít přínos v podobě ušetřené vzdálenosti, kterou by jinak personál musel urazit ať už pěšky či vozidlem.

Názory na tuto metodu se různí. Jedni udávají, že se náklady dramaticky sníží (jak za pořízení dravého ptáka, tak za proškolený personál s náležitými zkouškami) a účinnost je téměř totožná s využitím živých dravců. Na druhé straně jsou tací, kteří tomuto způsobu nevěří a tvrdí, že modely nelze srovnávat s živými dravci a že jsou vhodné jen jako doplňkový způsob, jak řešit tento problém. [30]

Výhody: levnější na pořízení než opravdový dravec, na obsluhující personál nejsou kladeny tak vysoké požadavky, jako na klasické sokolníky, k provozu stačí drobná údržba

Nevýhody: účinné pouze v těsné blízkosti ptáků, obtížné použití na delší vzdálenosti a za nepříznivého počasí, výdrž baterie

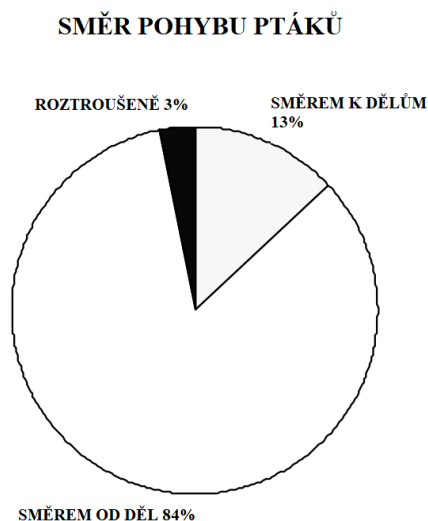


Obrázek 11 – Robotický model dravce na dálkové ovládání [29]

4.4.7 Plynová děla

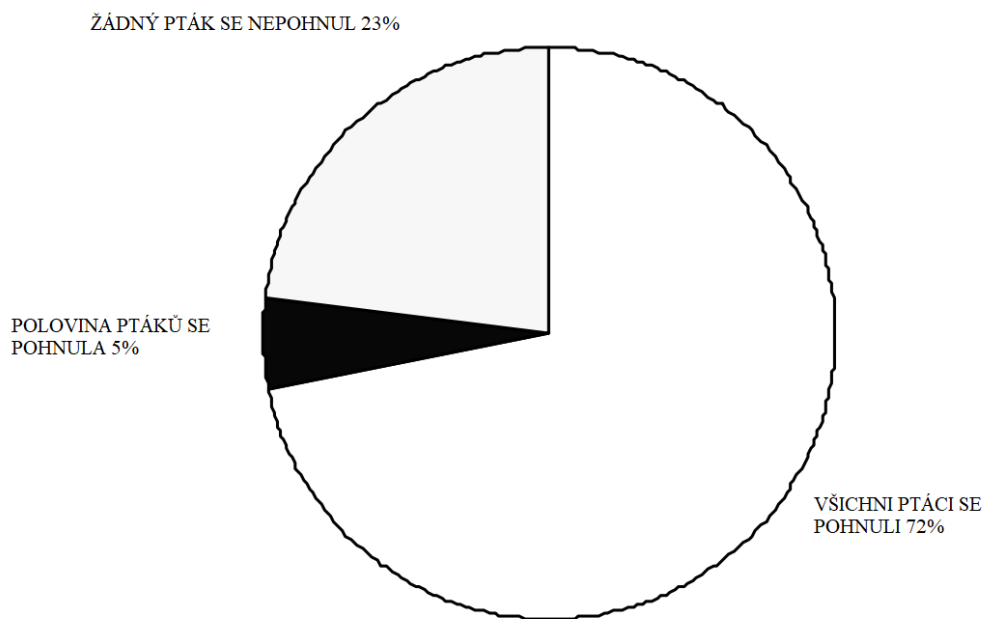
Ačkoliv plynová děla patří do akustických metod, byly zařazeny do samostatné kategorie díky svým odlišným vlastnostem. Funguje na principu výbuchu vzníceného plynu, jímž učiní hlasitou ránu, která má v teorii ptáky vyplašit. Dle výrobce děla lze dosáhnout akustického tlaku až 146 dB. Dále také uvádí, že na 17 000 výbuchů spotřebuje dělo jen 20 l propan-butanové směsi, tudíž náklady na provoz nejsou velké. [31]

Z níže uvedených grafů – Graf 6 (27) a Graf 7 (28) vidíme, že v 72 % případů ptáci reagovali na plynové dělo, z toho 84 % se rozletělo směrem od něj. Dále v 23 % případů se ptáci nehnuli vůbec a v 5 % případů se zvedli jen někteří. Pouze v 16 % případů ptáci neletěli výhradně pryč od děla (ve 13 % směrem k dělu, ve 3 % roztroušeně všemi směry). Z čehož vyplývá že zhruba 60 % ze všech přítomných ptáků se po aktivaci děla vydalo směrem pryč. [32]



Graf 6 – Směr pohybu ptactva po použití plynového děla [32]

POČET POHNUVŠÍCH SE PTÁKŮ PO POUŽITÍ PLYNOVÝCH DĚL



Graf 7 – Počet ptáků pohnuvší se v reakci na plynové dělo [32]

Po delším používání si ptáci na plynová děla, bohužel i jako na jiné metody, zvykají. Vyšší efektivity lze docílit např. střídáním zapojením děl, a to pouze v době, kdy se narušitelé vyskytují v hlídaných prostorech. Plynová děla mohou být také spárována s akustickou metodou, jak je vidno z Obrázek 12 – Plynové dělo používané na letišti Ronalda Reagana ve Washingtonu což v teorii má nejdříve plašené subjekty nalákat k bezprostřední blízkosti děla, které se po přiblížení aktivuje a ptáky zažene. Občasné usmrcení pár živočichů brokovnicí může také zdvihnout efektivitu, podobně jako u pyrotechnické metody. Opět se nám zde potvrzuje fakt, že žádná metoda sama o sobě účinná není, nýbrž jde o to vhodně doplnit další aktuálně dostupné metody. [32] [5] [25]

Výhody: použitelnost v prostorách omezených svou přístupností pro pracovníky biologické ochrany letiště, pokrytí velké plochy, levný provoz, nízká cena na zařízení

Nevýhody: malá mobilita, vysoký hluk – nelze používat v noci, ptáci si při častém používání zvyknou a exploze poté ignorují



Obrázek 12 – Plynové dělo používané na letišti Ronalda Reagana ve Washingtonu [33]

4.4.8 Lasery

Další možností jsou lasery. Princip je prostý, stačí namířit ruční laser na nechtěného živočicha, který dle teorie odletí. (Obrázek 13 – Pracovník biologické ochrany letiště s laserem) Tato metoda se osvědčila jako velmi účinná na jednotlivé ptáky, na větší hejna je tato metoda nevhodná. Při optimálních podmínkách mají lasery dosah až 2500 m. U nás se zatím nepoužívá, ale na zahraničních letištích bývá občas součástí výbavy tamního personálu. V britském Southamptonu je používán automatizovaný systém, který sám dokáže rozpoznat živočicha v daném perimetru, zaměřit ho a automaticky na něho „posvítit“ zeleným laserovým paprskem. Systém je vybavený bezpečnostní pojistkou tzv. Kill Switch. Také mu lze softwarově zabránit ve svícení do nechtěných úhlů. Obrázek 14 – Automatizovaný systém používající laser k plašení ptactva [34]

Výhody: okamžitý účinek na zvíře, lze navést živočicha námi požadovaným směrem, velmi levný provoz, nemá žádný negativní efekt na životní prostředí, ptáci si na laser nedokáží zvyknout, vysoká efektivita i za špatných světelných podmínek, tichý provoz

Nevýhody: legislativa neumožňující tuto metodu, riziko oslnění pilotů letadel, účinek na dané ptáky pouze při správné vlnové délce světla, nízká efektivita při slunečném počasí



Obrázek 13 – Pracovník biologické ochrany letiště s laserem [34]



Obrázek 14 – Automatizovaný systém používající laser k plašení ptactva [35]

5 Možnost použití RPAS pro biologickou ochranu letišť

Za cíl této práce je považována možnost nahlédnout na řešení problematiky za pomoci dálkově ovládaných bezpilotních prostředků RPAS neboli lidově dronům. Nové metody, které by kombinovaly stávající formy plašení ptáků s využitím bezpilotních prostředků, by do budoucna mohly být velkým přínosem pro letiště jak z hlediska účinnosti, tak z hlediska ekonomického.

S aktuálním technickým vývojem existuje mnoho prvků schopných obohatit současný stav biologické ochrany letiště. Cílem této práce se naopak nepovažuje kompletní nahrazení dnešních metod, nýbrž pouze jejich možné vylepšení a doplnění do arsenálu pracovníků letiště. Jak již bylo zmíněno několikrát výše, ke kvalitní biologické ochraně letiště je třeba různé způsoby vhodně kombinovat a nepoužívat stále ty stejné, jelikož si zvířata mohou po čase na metodu přivyknout a ta již nebude nadále účinná.

Nasazení dronů s sebou nese také spoustu rizik. Pokud by se dron ocitl v kolizi s letadlem, mohlo by dojít k větším škodám, než které by nastaly po klasické kolizi s ptákem, jak tvrdí studie FAA. Výzkumní pracovníci se pokusili počítačově nasimulovat a následně analyzovat dopady srážky dronů s různými letadlovými komponenty. Pro simulace byly použity kvadrokoptéry vážící 1,2 kg a 1,8 kg a drony s pevným křídlem vážící 1,8 kg a 3,6 kg. Jelikož jsou povětšinou konstruovány z tvrdých plastů a na palubě často nosí kamery a baterie, tak byly zjištěny po simulacích větší škody, než které by se udály po srážce s ekvivalentně hmotným ptákem s měkkou tkání. [36]

Nasazení RPAS by se krom biologické ochrany letiště dále hodilo ke kontrole provozních ploch, nebo také k ostraze perimetru. Navrch toto zařízení dává zaměstnancům letiště perfektní přehled o situaci díky kameře na palubě. Z legislativního hlediska se zároveň toto řešení nejeví jako nepřekonatelná překážka. K provozu je třeba „pouze“ pár povolení a doprovodná zařízení pro zajištění vysoké bezpečnosti. Nad rámec legislativy by drony byly vybaveny pojistnými systémy zabráňující jim ve vlétnutí do rizikových míst, třeba runway. Tady je nutno si uvědomit patřičné riziko spojené s vypouštěním dalších objektů do vzdušného prostoru. Pokud by se zařízení tohoto typu s vysokou hmotností dostalo do kolizního kurzu s letadlem, mohla by se z užitečného nástroje kvapně stát potenciální hrozba.

Další využití pro bezpilotní prostředky by se na letišti jistě našlo také. Jako zásadní se jeví například kontrola provozních ploch, kterou by pracovníci letiště nemuseli vykonávat v automobilech jako dnes a vše by probíhalo z pohodlí kanceláře a zasahovali by tak jen v případě potřeby. Kromě kontroly ploch by současně zvládaly kontrolovat i stav další letištní

infrastruktury a také ostrahu perimetru. Civilní drony se v poslední době těší velké oblibě především z důvodů vysoké dostupnosti. Občas si jejich uživatelé neuvědomují, že musí dodržovat jistá pravidla vyžadována legislativou, a tak, ať už neúmyslně či cíleně, narušují ochranné prostory letiště. I na takové by se RPAS operovanými pracovníky letiště mohli zaměřit. Některé metody zkombinované s bezpilotními prostředky by mohly být aplikovány i proti narušitelským dronům.



5.1 Drony a legislativa

Jakékoliv civilní využívání vzdušného prostoru a provoz letadel podléhá v ČR zákonu č. 49/1997 Sb. o civilním letectví. Dle jeho §2 odst. 2 se pro účely tohoto zákona nepovažuje za letadlo model letadla, jehož MTOM (maximální vzletová hmotnost) nepřesahuje 25 kg.

Provoz modelů letadel tak podléhá především občanskému zákoníku a z něj vyplývající odpovědnost pilota byla a je zcela dostačující. 1.3.2012 vešel v platnost Doplněk X předpisu L2 dle ustanovení § 102 odst. 2 zákona o civilním letectví, který zavedl pojmy jako je například, mimo jiné, „bepilotní letadlo“. Tento doplněk tak oddělil pouhé modelářské létání od komerčně koncipovaných aktivit s drony. Další názvy, jakými jsou: autonomní bepilotní prostředek, UAV, UA, RPAS a také dron jsou de facto synonyma a v Doplněku X pro ně platí stejná definice. Doplněk X stanovil pravidla pro všechny bepilotní prostředky s maximální vzletovou hmotností (MTOM) nad 25 kg. Omezení z něj vyplývající pro modely s nižší MTOM jsou pouze doporučením. Dohled nad veškerým provozem ve vzdušném prostoru ČR, nad letadlovou technikou a piloty má na starost Úřad pro civilní letectví ČR (ÚCL), jenž byl zřízen Ministerstvem dopravy. [37]

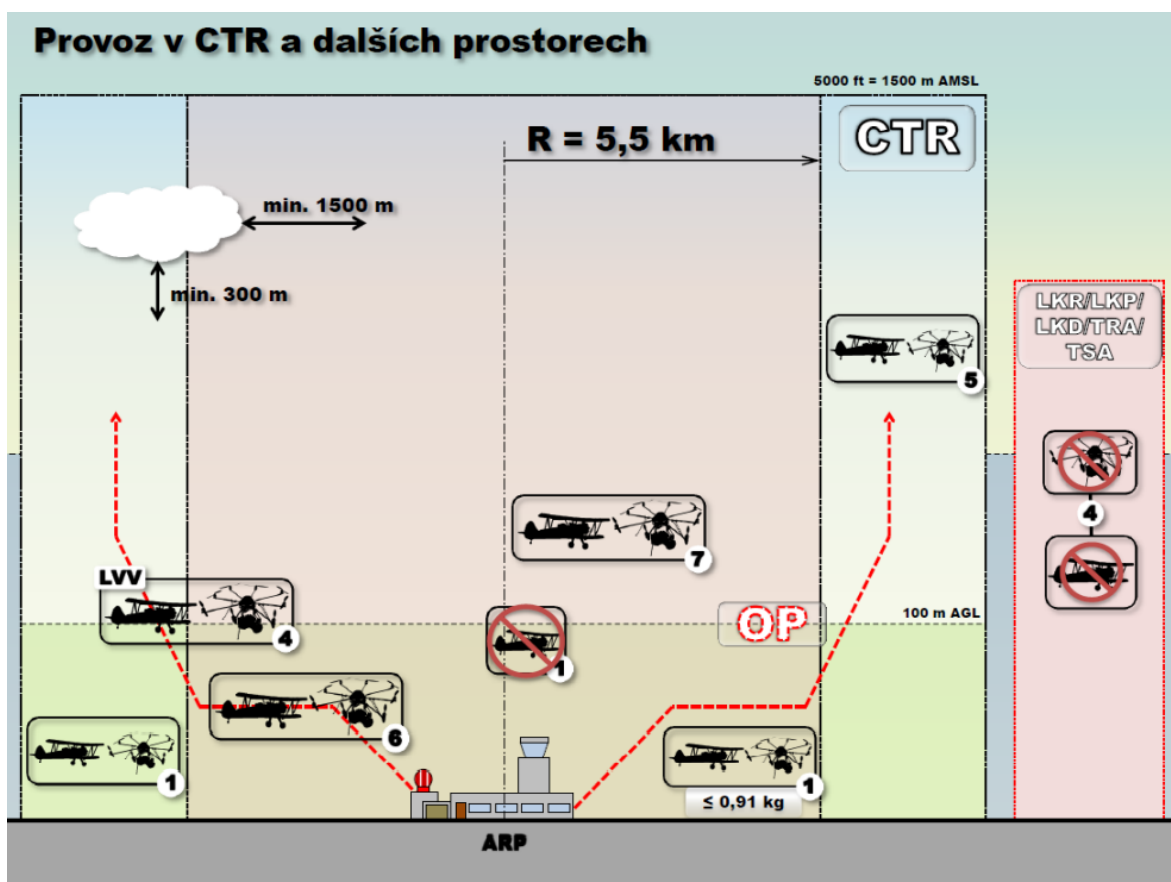
Nepovolí-li ÚCL jinak, smí být let bepilotního letadla a/nebo modelu letadla prováděn jen v následujících prostorech: v řízeném okrsku (CTR a MCTR) letiště do výšky 100 metrů nad zemí, s výjimkou povolení příslušného stanoviště řízení letového provozu a v horizontální vzdálenosti větší než 5 500 m od vztažného bodu řízeného letiště, s výjimkou, kdy tak povolí ÚCL nebo v případě leteckých prací a leteckých veřejných vystoupení na základě koordinace s příslušným stanovištěm řízení letového provozu a provozovatelem letiště. Let bepilotního letadla a/nebo modelu letadla s maximální vzletovou hmotností do 0,91 kg může být prováděn v řízeném okrsku bez koordinace i v menší vzdálenosti od letiště, avšak pouze do výšky 100 metrů nad zemí a mimo ochranná pásma daného letiště viz Obrázek 15 – Provoz v CTR a dalších prostorech . [38]

Legenda k obrázkům 1 a 2:

	Modely letadel s maximální vzletovou hmotností do 25 kg		
	Bezpilotní letadla (tj. včetně modelů letadel s maximální vzletovou hmotností nad 25 kg)		
CTR	Řízený okresek letiště	LKR	Omezený prostor
ATZ	Letištní provozní zóna neřízeného letiště	LKP	Zakázaný prostor
OP	Ochranná pásma letišť	LKD	Nebezpečný prostor
G / E	Označení třídy vzdušného prostoru	TSA	Dočasně vyhrazený prostor
ARP	Vztažný bod letiště	TRA	Dočasně vymezený prostor
AMSL	Nadmořská výška	AGL	Nad úrovní země

- 1 Lety bez koordinace
- 2 Splnění podmínek provozovatele letiště (PL) + koordinace s letištní informační službou (AFIS)
- 3 Splnění podmínek PL + koordinace s AFIS
- 4 Souhlas/povolení ÚCL
- 5 Letové povolení příslušného stanoviště řízení letového provozu (ŘLP). ŘLP může dále požadovat: stálé obousměrné spojení a odpovídač sekundárního radaru
- 6 Povolení ÚCL (nebo v případě leteckých prací (LP) koordinace s ŘLP + koordinace s PL). ŘLP může dále požadovat: stálé obousměrné spojení a odpovídač sekundárního radaru
- 7 Povolení ÚCL (nebo v případě LP koordinace s ŘLP + koordinace s PL) + letové povolení ŘLP. ŘLP může dále požadovat: stálé obousměrné spojení a odpovídač sekundárního radaru

Tabulka 1 – Legenda k Obrázek 15 – Provoz v CTR a dalších prostorech [38]



Obrázek 15 – Provoz v CTR a dalších prostorech [39]

5.2 Ochrana zvířat a legislativa

V následující části je výňatek ze zákona o ochraně zvířat č. 246/1992 Sb. V jeho znění je nejdříve zmíněno proč se jedná o riziko, různé činnosti a povinnosti, na které musí letiště dbát a dodržovat. Jsou v něm také zmíněny postupy o shromažďování důkazů o střetech s letadly. Přítomny jsou i opatření, jež musí být přijata pro snížení nebezpečí srážky.

O ochraně zvířat pojednává zákon č. 246/1992 Sb. Výskyt zvěře (ptáků a jiných zvířat) na letišti a v jeho blízkosti znamená vážné ohrožení provozní bezpečnosti letadel.

9.4.1 Nebezpečí střetů se zvěří na letišti nebo v jeho okolí musí být zhodnoceno: a) stanovením národních postupů pro zaznamenávání a hlášení střetů letadel se zvěří; b) sběrem informací od provozovatelů letadel, personálu letiště apod. o výskytu zvěře na letišti nebo v jeho okolí vytvářejícím potenciální nebezpečí pro provoz letadel; a c) průběžným hodnocením nebezpečí střetu se zvěří kvalifikovaným personálem. Poznámka: Viz Předpis L 15, Hlava 5.

9.4.2 Informace o střetech letadel se zvěří musí být Ústavem pro odborné zjišťování příčin leteckých nehod shromažďovány a postupovány ICAO pro zahrnutí do databáze ICAO Bird Strike Information System (IBIS). Poznámka: ICAO Bird Strike Information System (IBIS) je určen ke sběru a rozšiřování informací o střetech letadel se zvěří. Informace o tomto systému jsou uvedeny v dokumentu ICAO Manual on the ICAO Bird Strike Information System (IBIS).

9.4.3 Pro snížení nebezpečí pro provoz letadel musí být přijata opatření pro snížení pravděpodobnosti střetu letadel se zvěří. Poznámka: Postupy týkající se řízení nebezpečí souvisejících se zvěří na letištích a v jejich blízkosti, včetně stanovení program řízení nebezpečí souvisejících se zvěří (WHMP), hodnocení rizik souvisejících se zvěří, řízení využití krajiny a výcviku personálu, jsou stanoveny v dokumentu PANS Aerodromes (Doc 9981), Part II, Chapter 1 a 6. Další poradenský materiál je uveden v dokumentu Airport Services Manual (Doc 9137), Part 3.

9.4.4 Úřad musí přijmout taková opatření, která omezí nebo znesnadní zakládání skládek odpadů nebo jakýchkoliv jiných takových zdrojů, které mohou přitahovat zvěř na letiště, pokud příslušná analýza nebezpečí střetu se zvěří neukazuje, že je nepravděpodobné, že by vytvářely problém nebezpečí střetů se zvěří. Tam, kde odstranění takových zdrojů není možné, musí Úřad ve spolupráci s dalšími subjekty

zajistit, aby veškerá rizika pro letadla z nich plynoucí byla posouzena a snížena na minimum.

*9.4.5 Úřady místní samosprávy musí zohlednit požadavky na bezpečnost letectví v rámci územního rozvoje v blízkosti letišť, který může přitahovat ptactvo/zvěř. [40]
[41]*

5.3 Vybavení RPAS

Požadované RPAS by mělo být konstruováno tak, aby zvládlo unést i větší množství techniky a vydržet v co pokud možno nejstabilnější poloze i za nepříznivého počasí. I z toho důvodu bych se přikláněl ke stabilnějšímu produktu z pravidla s vyšší pořizovací cenou, jenž zvládne odolat dešti, sněhu, nebo třeba silnému větru. Zároveň musí dokázat přeletět celou letištní plochu tam a zpět s časovou rezervou na samotné plašení, jež se může dle jednotlivých způsobů lišit.

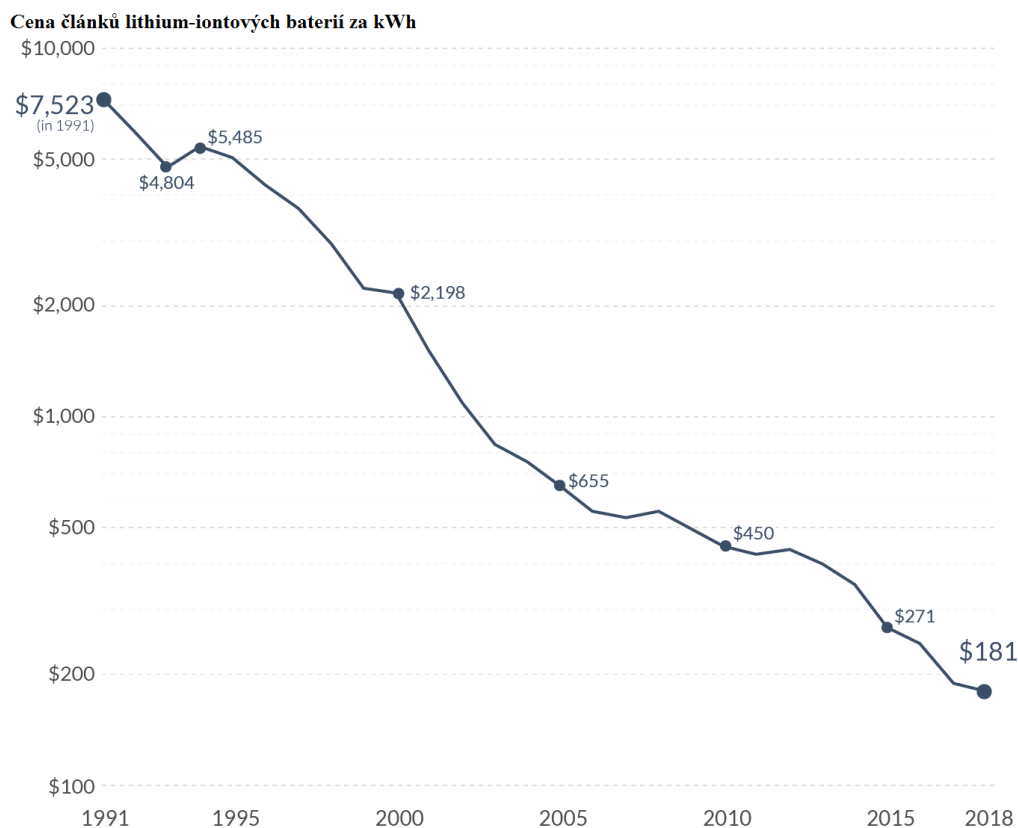
Samozřejmostí je kamera s vysokým rozlišením a stabilizátorem, díky které by pracovník získal přehled o aktuální situaci v reálném čase a mohl tak dron navigovat i na velké vzdálenosti mimo dohled. Poloha RPAS poté bude nepřetržitě zaznamenávána díky GPS lokátoru. Poté by bylo ještě, z legislativní povinnosti, do výbavy zahrnuto obousměrné spojení s ŘLP a odpovídač sekundárního radaru. Z ohledu na bezpečnost celého systému by byl zabudován tzv. Kill Switch, podobně jako na automatickém laserovém systému z podkapitoly Lasery. Pokud by pracovník zaznamenal např. potenciální riziko srážky dronu s letadlem, zmáčkl by příslušné tlačítko na ovladači a RPAS by okamžitě bezpečně přistál na místě. V neposlední řadě je možné v softwaru nastavit tzv. Failsafe návrat domů, což v praxi znamená, že v případě ztráty spojení s ovladačem se sám vrátí do námi definovaných souřadnic.

5.4 Nákladovost RPAS

Ohledně nákladovosti řešení RPAS by se dalo dlouze polemizovat, protože záleží na mnoha faktorech. Nejlevnější drony se dají dnes pořídit v rozmezí od několika set korun, za které lze dostat produkty spadající do kategorie dětských hraček, až po statisíce, kde lze za vynaložené finance získat profesionální zařízení vyrobené z nejkvalitnějších materiálů, s nejmodernějšími technologiemi a mnohonásobně kvalitněji zpracované.

Celkově lze ovšem do budoucna počítat se zlevněním těchto zařízení, díky masovému růstu využívání RPAS v mnoha dalších komerčních odvětvích, jako je například doručování poštovních zásilek, nebo jídla z restaurací. Tomuto faktu dopomáhá i dnešní raketově rychlý

vývoj v oblasti baterií, na který je uvíjen tlak především z prostředí automobilového a elektronického průmyslu. Ceny baterií klesly od roku 1991 do roku 2018 o 97 % jak dokazuje Graf 8 – Cena baterií klesla v letech 1991-2018 o 97 % .



Graf 8 – Cena baterií klesla v letech 1991-2018 o 97 % [42]

Co se týče ceny za vybavení na palubě, lze opět pouze spekulovat. Dá se předpokládat, že cena vybavení by ale několikanásobně přesáhla pořizovací cenu samotného dronu z prostých důvodů – v současnosti se jedná o neprobádané území a sestavení takového komplexního zařízení na míru stojí nemalé částky. Jako konkrétní příklad zde lze uvést plamenometný modul zmíněný v RPAS osazené plamenometem. Ten samotný totiž vychází na 1500 USD, v přepočtu s dnešním kurzem¹, se jedná přibližně o 32 400 Kč. Pokud k celkové ceně za jedno zařízení ještě připočteme kameru, GPS lokátor, odpovídač sekundárního radaru, plašící prostředky, software pro ovládání a sestavení takového zařízení, pohybujeme se v částkách kolem vyšších statisíců za jedno zařízení.

Údržba a provoz jsou další položky, které mohou navýšit celkovou pořizovací cenu. Při rekreačním využití bývají drony vcelku levné na opravu, jelikož nejčastěji dochází k poškození laciných součástí, jako jsou vrtule, nebo přistávací nožičky. U komplexnějšího a

¹ Kurz 4.8.2021 1 USD = 21,47 Kč

nákladnějšího zařízení je logicky riziko poškození vícera drahých součástí pravděpodobnější. V porovnání pak s ročními náklady na biologickou ochranu letiště, jež např. na Letišti Václava Havla v Praze vyjde na 3 miliony korun za rok, se jeví vynaložení takových finančních prostředků jako velice neadekvátní, ovšem pokud by využití RPAS nahradilo některé ze stávajících metod, mohlo by to velkou část současných nákladů snížit či úplně zrušit. Poté už jde jen o míru integrace mezi současné metody a teoretické omezení například cestování automobilem z důvodu kontroly ploch, nebo biologické ochrany. Pokud by se zařízení osvědčilo, bylo by možné zimplementovat více jednotek, jež by spolu navzájem komunikovaly a mohly fungovat například ve dvojicích a možná tak i zvýšit svou efektivitu. [6]

5.5 Rozbor vhodnosti jednotlivých technik pro použití v kombinaci s RPAS

V této podkapitole je nastíněno, které nové metody jsou vhodné k vyzkoušení v kombinaci s bezpilotními prostředky. Za vhodné byly považovány ty metody, jež by teoreticky nemuselo být složité implementovat do fungování s drony.

5.5.1 Pyrotechnická + RPAS

Jednou z vhodných metod se jeví spojení s pyrotechnickou metodou. V teorii by tohoto mohlo být využito tak, že by RPAS vybavený zapalovačem a mechanismem, jenž by dokázal upustit předmět, jakým disponují například zásilkové drony používané dnes v Severní Americe, byl personálem naveden například do míst mezi RWY a dané hejno ptáků, kde by spustil pyrotechnický balíček s již zapálenou zápalnou šňůrou, který by po výbuchu ptáky zahnal směrem pryč. Jako velký přínos této techniky hodnotím vysokou rychlost provedení, díky okamžité reakci subjektů a rychlosti navedení dronu na dané místo, což by za běžných okolností trvalo podstatně déle. Další výhodou je velká variabilita, kdy se pracovník může rozhodnout, která „munice“ bude pro danou situaci adekvátní a nemusí tak vždy brát nejsilnější kalibr. Obecně lze říct, že trh s výbušninami a pyrotechnikou je velice pestrý a dalo by se zde hodně experimentovat s prostředky všech různých velikostí, emitovaných barev a zvuků. Co se týče nevýhod pyrotechnických metod, mezi nimiž jsou například: vyšší pořizovací náklady, znečištění ploch, možnost vzniku požáru a rušení klidu, tak ty bohužel využití na dronu nijak neeliminuje. Celkově lze ale říct, že by systém mohl mít přínos pro okamžité nasazení v situacích, kdy je třeba bezprostředního zásahu, jelikož dron se na potřebné místo může dostat „mrknutím oka“ a nemuselo by se čekat na příjezd vozidla s pracovníkem biologické ochrany.

5.5.2 Akustická + RPAS

Další vhodnou metodou pro kombinaci s RPAS je bezpochyby metoda akustická. Jednou z nevýhod statických reproduktorů je to, že se nepohybují. Ptáci zprvu odletí, ale po chvíli si přivyknou a bez většího stresu zvuky ignorují, jelikož pro ně nepředstavují žádnou hrozbu. To v normálním případě eliminují plašiče přimontované na střeše automobilu, který v pohybu přeci jen představuje pro přítomné ptactvo zdvižený prst. Automobil ale také nemůže dojet všude, kde je ho potřeba, a proto bych zde viděl přínos bezpilotních prostředků, jež můžeme navigovat ve vysoké rychlosti na různá místa, nevšímajíc si pozemních překážek. Mobilita je zde doopravdy klíčová. Rapidní změny směru zařízení umožňují jednotlivé skupiny ptáků pronásledovat či je naopak navést pryč od nechtěného území. Vše zde závisí na druhu ptáků a jejich reakci na akustické podněty, jelikož dle vícero studií se výsledky různí. Někteří jedinci oblast se zvukem urychleně opustí, jiní naopak budou následovat jeho zdroj. Poté je to jen na pracovnících biologické ochrany letiště, aby vyhodnotili přínosy, jež tato metoda skýtá a použili je dle potřeby.

5.5.3 Plynová děla + RPAS

Užívání plynových děl samo o sobě je vcelku účinná metoda. Její největší nevýhodou je malá mobilita vyúsťující k časem nižší efektivitě. Pokud by byly drony osazeny plynovými děly, tato okolnost by nám teoreticky kompletně odpadla. Ptákům by děla zase začala vzbuzovat obavy, a to nejen v blízkém okolí děl, jako u statických pozicí, ale po celém chráněném území. Z technického hlediska by se zároveň nemělo jednat o nepřekonatelnou úlohu. Jak již bylo zmíněno v podkapitole 4.4.7 na 17 000 výbuchů je třeba 20l propan-butanové směsi. Pokud by na RPAS bylo nainstalované plynové dělo s nádrží o objemu například půl litru, stále by to vystačilo na přijatelných 425 detonací. V závislosti na době letu lze pak říct, zdali je tato kapacita dostačující. Pokud je vzata v potaz současná výdrž RPAS v závislosti na hmotnosti, výkonu, a hlavně kapacity akumulátorů, pohybuje se kolem 15 minut při kapacitě 15000mAh a TOW 9,5kg. V tomto případě by dělo mohlo vystřelit každých 2,1 s. Je proto více než zřejmé, že by tato kapacita měla stačit a RPAS by byl limitován pouze svým doletem, nikoli kapacitou nošeného plynu. Po vyplývání by pracovník biologické ochrany letiště jednoduše vyměnil prázdnou nádrž za novou. [43]

5.5.4 RPAS osazené plamenometem

V neposlední řadě by měla být zmíněna možnost na RPAS nainstalovat zařízení chrlící oheň. Pokusila se o to například společnost vyrábějící plamenometry Throwflame. Jejich produkt TF-19 WASP je modul určený pro připevnění na dron s nosností alespoň 2,2 kg původně určený

k čištění vysokonapěťových vedení, likvidaci obtížně dostupných hmyzích úlů, hnízd a jiných škůdců, ale vhodně využít jej mohou paradoxně také hasiči, kteří s ním mohou dálkově zakládat kontrolované požáry. Disponuje nádrží s obsahem jednoho galonu, tedy zhruba 3,7 litru, která v praxi vystačí na 100 sekund aktivního používání před potřebou doplnit nádrž. Dokáže metat oheň až do vzdálenosti přibližně 7,6 metru, jak je vidno na Obrázek 16 – Dron značky DJI s modulem TF-19 WASP .

K využití na letištních plochách by byla nejdříve potřeba zřízení závlahového systému, kvůli vysokému riziku požáru a možných následků. Zároveň by oheň neměl být využíván přímo na živočichy, pouze do jejich bezprostředního okolí, aby bylo zabráněno poranění či usmrcení plašených živočichů. Jistě by bylo záhodné ho používat s velkou rozvahou a jen v krajních případech nouze, předcházejíce tak možným problémům. Toto řešení by mohlo přinést kýžený efekt z důvodů podobných jako u pyrotechnické metody. Pokud je v dostatečné blízkosti směrem k danému ptactvu vypálena salva ohně, zcela určitě nezůstane nečinně sedět na místě a do příště si raději dobře rozmyslí, kde se bude zdržovat. [44]



Obrázek 16 – Dron značky DJI s modulem TF-19 WASP [44]

6 Zhodnocení využití RPAS

V této kapitole bude vyhodnoceno použití RPAS na letištích a porovnáno se současnými praktikami. Kapitola je završena SWOT analýzou Tabulka 2 – SWOT analýza, ve které jsou zmíněny silné, a naopak slabé stránky metod, ve kterých je součástí řešení RPAS.

Silné stránky skýtají především všeobecnou rychlost bezpilotních prostředků. Pokud se zaměříme na klasické metody provádění biologické ochrany letiště, lze si povšimnout, že téměř ke všem je třeba automobilu, který nejdřív pracovníka letiště doveze na požadované místo a ten až poté začne vykonávat svou práci. S dálkově ovládanými drony toto odpadá, protože při dostatečné výdrži mohou doletět všude, a to i na místa, kam by se vozidlem dalo zajet jen s obtížemi, anebo nedalo zajet vůbec. To vše z pohodlí kanceláře. Zároveň by byl ušetřen čas, díky skvělé akceleraci a vysokým rychlostem, jakých lze s RPAS dosáhnout. Při pořízení více jednotek by bylo možné jejich rozložení v nabíjecích stanicích kolem letištní plochy v pravidelných vzdálenostních intervalech. Při nahlášení výskytu ptactva v rizikových oblastech by se aktivovaly vždy jen zrovna nejbližší jednotky a k zásahu by docházelo v bezprostřední době. Tím by bylo vyžadováno uražení ještě kratších vzdáleností, než kdyby se létalo z jedné základny a bylo by tak docíleno i delší výdrži ve vzduchu.

Mezi **slabé stránky** se řadí dnes vysoká pořizovací cena, ať už za různé systémy z podkapitoly 5.5 či řídicí software. Jinou nevýhodou je třeba skutečnost, že ke vzdálenosti 300 km by při průměrné rychlosti 60 km/h a průměrné výdrži baterie 15 minut dron musel být 20krát dobíjen. Z dalších nevýhod je fakt, že provoz za nepříznivého počasí, jakým je například silný vítr či husté sněžení, je v podstatě nemožný. Legislativní stránka věci se dá též považovat za slabinu, kvůli potřebným povolením nutností osadit RPAS potřebnými systémy.

Jakožto možné **příležitosti** a přínosy do budoucna bych vyzdvihl ušetření značných prostředků vyžadovaných k biologické ochraně letiště, ale tak i kontrole letištních plotů či ostraze perimetru. Pokud by se nový systém uchytil a časem etabloval do arsenálu používaných metod, zcela určitě by se náklady časem a se získanými zkušenostmi ještě více snížily. Toto tvrzení jde navíc ruku v ruce s celosvětovým rozšiřováním pole působnosti, vývojem a s následným zlevňováním techniky konkrétně např. baterií., jak bylo zmíněno v 5.4.

Do kategorie **hrozby** se řadí stále přetrvávající nebezpečí kolize s letadly. Celý přínos by se tak mohl vypařit a za využitím RPAS k biologické ochraně letiště by se vytvořila jedna velká černá tečka.

Silné stránky	Slabé stránky
<ul style="list-style-type: none"> • Rychlost zásahu • Přesnost provedení • Vysoká mobilita • Absence pozemních překážek • Nízká provozní cena 	<ul style="list-style-type: none"> • Vysoká pořizovací cena • Nutnost častého dobíjení • Legislativa • Nelze využívat za nepříznivého počasí
Příležitosti	Hrozby
<ul style="list-style-type: none"> • Optimalizace plašících metod • Snížení nákladů spojených s biologickou ochranou letiště • Lze využívat k dalším činnostem spojených s provozem letiště • Do budoucna možná automatizace 	<ul style="list-style-type: none"> • Nebezpečí kolize s letadly • Riziko zmocnění se dronů neoprávněnými osobami • Možné poranění plašené zvěře

Tabulka 2 – SWOT analýza

Navrhované řešení pro eliminaci hrozeb a slabých stránek

Vysoká pořizovací cena je vyvážena relativně nízkou provozní cenou, což v porovnání se současnými praktikami je evidentní. V textu výše bylo zmíněno, že pracovníci na letištní ploše denně urazí autem až 300 km. Při započtení průměrné spotřeby paliva současného automobilu a ceně pohonných hmot přijde na vysoké částky, oproti tomu jsou náklady spojené s provozem u řešení s RPAS zanedbatelné. Náklady, jakými jsou amortizace vozu, cena provozních kapalin, cena za nové pneumatiky, různé servisní prohlídky apod. nebyly brány v potaz, a to z důvodu, že servis a náhradní díly kromě automobilů potřebují i bezpilotní prostředky. Cena se navíc může lišit s každým individuálním automobilem a dronem.

Nevýhoda v podobě častého nabíjení. Díky již výše zmíněným depům, by se výdrž ve vzduchu požadována k zásahu jistě zmenšila, v současné době se ale stejně kvůli omezení týkajících se kapacity akumulátorů soustavnému nabíjení nelze vyhnout. Problém by mohl být částečně zmírněn, při nákupu více než jednoho akumulátoru. Pokud by byla potřeba delšího zásahu, než je výdrž baterie, pracovník letiště by jí vyměnil za jinou předpřipravenou a vybitý akumulátor by opět dal nabíjet.

Legislativní část pro provoz RPAS v blízkosti provozních ploch ukládá povinnost získat náležitá povolení od ÚCL, ŘLP a také vybavení bezpilotního prostředku odpovídacem

sekundárního radaru, nebo stálým obousměrným spojením. Po vyřízení příslušných povolení a osazení dronu náležitými systémy, nejedná se již o slabinu.

S dnešní pokročilou technikou a systémy lze tvrdit, že by se dalo riziku kolize s letadly zcela zamezit. Například za pomoci softwarem vymezených ploch, kde se dron může pohybovat. Nemohlo by se tak tedy stát, že by zařízení zaletělo do míst s výskytem letadel. I pokud by se tak stalo, systémové opatření Kill Switch by dokázalo zabránit nejhoršímu a vybraný stroj by ihned přistál na místě. To samé v případě ztráty spojení a softwarovým řešením Failsafe, kdy by RPAS zamířil např. zpátky do své stanice odkud vyletěl. S pokročilejšími technologiemi by časem bylo možné celý systém zautomatizovat, podobně jako v podkapitole 4.4.8 automatický laserový systém. Za pomoci algoritmů by se vyhodnotil aktuální stav pohybu zvěře v okolí letištních ploch a bylo by vyhodnocena nejvhodnější metoda k vytlačení nechtěných živočichů pryč.

7 Závěr

Jednoznačná odpověď na otázku z úvodu: „Je využití RPAS doopravdy skutečným řešením problému?“ pravděpodobně neexistuje.

Z historických grafů je možné vyvodit, že problém týkající se kolizí, který je tu od počátků letectví nijak neustává, ba naopak s přibývajícím počtem letadel se nadále prohlubuje.

V části věnované rozboru střetů a jejich důsledků bylo zjištěno, že většina srážek se odehrává v nízkých nadmořských výškách do 900 m, zejména pak v blízkosti letišť. Při čemž u většiny srážek nedochází k poškození samotného letadla. Nicméně může vést až k leteckým neštěstím, a proto by nemělo být podceňováno. Z kapitoly také vyplývá, které konkrétní druhy ptáků jsou pro srážky nebezpečné. Dále jsou zde zmíněna velká hejna jakožto možná hrozba pro piloty letadel.

Po analýze současných metod je evidentní, že žádná technika plašení není vůči ostatním výhodnější či účinnější. Každá má své pro a proti, ale žádná zaručeně nezajistí, že se ptáci s letadlem nesrazí. Je vhodné různé praktiky kombinovat pro co největší efektivnost. Z kapitoly je patrné, že některé metody vyžadují velkou zkušenost personálu letiště pro jejich provádění. Například pro sokolnictví je vyžadováno mnoho sokolnických zkoušek z myslivosti a lovu.

V kapitole zabývající se využití RPAS k biologické ochraně je zřejmé, že k uskutečnění tohoto nápadu je zapotřebí spoustu věcí. Počínaje náležitými povoleními, přes výběr vhodného bezpilotního prostředku až po osazení základního dronu nejrůznějšími součástkami sloužící jak pro bezpečnost celého systému, tak k plašení zvěře. Kromě „plamenometné“, která je vysoce nebezpečná a k její realizaci by byla třeba ještě závlahového systému, se jeví všechny popsané metody jako uskutečnitelné. Jejich skutečný přínos se zjistí až časem.

Pokud jsou vzaty v potaz veškeré předložené informace, dá se usuzovat, že využití RPAS na letištích by mohlo být řešením a mělo by být důkladně zváženo příslušnými orgány. Je možné, že se za relativně nízkou cenu můžeme dobrat pozitivních výsledků v oblasti prevence kolizí s ptactvem, minimálně v porovnání s možnými škodami, jak na lidských životech, tak na materiálním poškození. Při každoročním rostoucím počtu srážek je finanční posílení v segmentu biologické ochrany letišť nevyhnutelné. Z ohledu na potenciální ušetřené finance za provoz nahrazovaných metod by to dotčené subjekty ale vůbec nemuselo mrzet a časem by se tato investice mohla jevit i jako zisková oproti provozování stávajících praktik.

Pořizovací cena se velmi odvíjí na základě cen pořízených částí – od základní kostry, přes jednotlivé plašící nástroje, až po software nutný ke správnému chodu celého systému.

V dnešní době „chytrých“ technologií a jejich bleskovém růstu není pochyb o tom, že by jako mnohá jiná odvětví, mohla dostat biologická ochrana letiště modernější vybavení, než kterým disponuje dnes. Prostřednictvím spárování bezpilotních prostředků neboli RPAS (lidově drony) s roky prověřenými fungujícími metodami lze vyvinout zařízení zbavené původních nevýhod, jakými jsou nízká dynamičnost a žádná, nebo nedostačující mobilita.

Do budoucna by se možné nové techniky zmíněné v této práci mohly dále posunout za pomoci znalých a zkušených pracovníků biologické ochrany. Nasazení bezpilotních prostředků by se navíc nehodilo jen k odstrašování zvířat, ale svou úlohu by našlo i v dalších částech provozu letiště, jako již zmíněné ostraze perimetru, kontrole ploch a další infrastruktury. Pokud je třeba, lze jej jednu minutu používat například jako donáškový dron a druhou jako odstrašující monstrum s přimontovaným plamenometným modulem. Tolik k univerzálnosti těchto strojů. S masovým rozšířením dronů po celé planetě se mohou objevit nové nápady na vylepšení či zcela jiné použití, každý den.

Použití mnoha zařízení najednou by mohlo být ještě o celou úroveň efektivnější než při používání pouhých jednotlivců. K využití více jednotek RPAS je třeba zase více operátorů, při zvýšené efektivitě a úbytku srážek s letadly není důvod toto řešení při nejmenším vyzkoušet. V delším výhledu do budoucna je teoreticky možné docílit biologické ochrany v autonomním režimu. K tomu je třeba vyvinout software, který by zakomponoval do systému veškeré bezpečnostní prvky a dokázal by navigovat vícero dronů naráz. Dnes se toto jeví jako nepředstavitelný úkol, ale je důležité si uvědomovat na jaké úrovni byly systémy samořídících automobilů před 10 lety a kde jsou dnes.

Seznam obrázků

Obrázek 1 – Airbus A319 po čelní srážce ptákem [13].....	17
Obrázek 2 – Pumpáž proudového motoru po nasátí ptáka do motoru [12].....	17
Obrázek 3 – Čelní sklo vrtulníku Sikorsky UH-60 Black Hawk po srážce s jeřábem [17]	17
Obrázek 4 – Airbus A320 na řece Hudson po nouzovém přistání po střetu s hejnem hus [18]	17
Obrázek 5 – Předpověď aktivity ptactva v daném čase v aplikaci [23].....	20
Obrázek 6 – Detekce ptáků v oblasti odletů/přistání [23]	21
Obrázek 7 – Pracovník letiště s brokovnicí nabitou slepými náboji. [26].....	22
Obrázek 8 – Auto vybavené reproduktory na Letišti Václava Havla v Praze [20]	23
Obrázek 9 – Pracovník Biologické Ochrany letiště s orlem na Letišti Leoše Janáčka v Ostravě [5]....	25
Obrázek 10 – Robotický model dravce na dálkové ovládání [29]	27
Obrázek 11 – Plynové dělo používané na letišti Ronalda Reagana ve Washingtonu [33].....	29
Obrázek 12 – Pracovník biologické ochrany letiště s laserem [34]	30
Obrázek 13 – Automatizovaný systém používající laser k plašení ptactva [35]	30
Obrázek 14 – Provoz v CTR a dalších prostorech [39].....	33
Obrázek 15 – Dron značky DJI s modulem TF-19 WASP [44].....	39

Seznam grafů

Graf 1 – Počet nahlášených srážek letadel s ptáky od roku 1990 až po rok 2018 v USA [2]	11
Graf 2 – Aktivita ptáků během části dne a měsíce [7].....	13
Graf 3 – Závislost aktivity denního a nočního ptactva na nadmořské výšce [8].....	14
Graf 4 – Celkový počet kolizí v poměru s kolizemi, které zapříčinily poškození napříč jednotlivými částmi letadla [15]	17
Graf 5 – Viditelný úbytek srážek ptáků s letadly po nasazení Border Kolií v Jihoafrické republice [28]	24
Graf 6 – Směr pohybu ptactva po použití plynového děla [32].....	29
Graf 7 – Počet ptáků pohnuvší se v reakci na plynové dělo [32]	29
Graf 8 – Cena baterií klesla v letech 1991-2018 o 97 % [42]	37

Seznam tabulek

Tabulka 1 – Legenda k Obrázek 14 – Provoz v CTR a dalších prostorech [38]	33
Tabulka 2 – SWOT analýza	41

Seznam použité literatury

- [1] When Birds Strike. *History Net* [online]. 2016 [cit. 2021-07-12]. Dostupné z: <https://www.historynet.com/when-birds-strike.htm>
- [2] Planes strike birds more than 40 times a day, FAA data show. *USA Today* [online]. [cit. 2021-07-12]. Dostupné z: <https://eu.usatoday.com/story/news/nation/2019/02/06/bird-strikes-airplanes-wildlife-federal-aviation-administration-data-sully-sullenberger/2613893002/>
- [3] Evaluating cost, risks of bird strike. *Aviation Metric* [online]. 2021 [cit. 2021-07-12]. Dostupné z: <https://aviationmetric.com/evaluating-cost-risks-of-bird-strike/>
- [4] Regulators Mandate More Inspections for 737NG Fan Blades. *AIN online* [online]. 2018 [cit. 2021-08-02]. Dostupné z: <https://www.ainonline.com/aviation-news/air-transport/2018-10-01/regulators-mandate-more-inspections-737ng-fan-blades>
- [5] Dravci ve službě aneb Jak se na letišti v Mošnově plaší ptáci. *Deník.cz* [online]. 2016 [cit. 2021-07-12]. Dostupné z: <https://moravskoslezsky.denik.cz/na-vlastni-kuzi/dravci-ve-sluzbe-aneb-jak-se-na-letisti-v-mosnove-plasi-ptaci-20161019.html>
- [6] Nahradí dravce na letištích drony? Nápad českého vědce slaví úspěch. *Aktuálně.cz* [online]. 2015 [cit. 2021-07-12]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/domaci/nahradi-dravce-na-letistich-drony-napad-ceskeho-vedce-slavi/r~aca458d086e011e5bd0a002590604f2e/>
- [7] *Improving Airplane Safety: Tableau and Bird Strikes* [online]. 2014 [cit. 2021-07-12]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/228640043_Improving_Airplane_Safety_Tableau_and_Bird_Strikes
- [8] *Using radar cross-section to enhance situational awareness tools for airport avian radars* [online]. 2011 [cit. 2021-07-12]. Dostupné z: doi:10.26077/sgas-w455
- [9] Bird Strike Statistics. *Scarecrow* [online]. 2018 [cit. 2021-07-12]. Dostupné z: <https://www.scarecrow.eu/bird-strike-statistics/>
- [10] Bird Strike Reporting. *Skybrary Aero* [online]. 2021 [cit. 2021-07-13]. Dostupné z: https://www.skybrary.aero/index.php/Bird_Strike_Reporting
- [11] What Happens After a Bird Strike?. *Alpa* [online]. 2018 [cit. 2021-07-13]. Dostupné z: <https://www.alpa.org/news-and-events/air-line-pilot-magazine/the-landing-after-a-bird-strike>
- [12] Terrifying video shows airplane engine on fire after bird strike. *New York Post* [online]. 2019 [cit. 2021-07-13]. Dostupné z: <https://nypost.com/2019/09/12/terrifying-video-shows-flames-burst-from-airplane-engine-after-bird-strike/>
- [13] Delta flight from Florida with 43 passengers on board makes an emergency landing at JFK after bird strike completely caves in the nose of the plane. *Daily Mail* [online]. 2020 [cit. 2021-07-13]. Dostupné z: <https://www.dailymail.co.uk/news/article-8498523/Delta-flight-makes-emergency-landing-JFK-bird-strike.html>
- [14] *Bird strike, a European risk with local specificities* [online]. 2013 [cit. 2021-07-13]. Dostupné z: https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/EGAST_GA6-bird-strikes-final.pdf

- [15] METZ, Isabel, Joost ELLERBROEK, Thorsten MÜHLHAUSEN, Dirk KÜGLER a Jacco HOEKSTRA. The Bird Strike Challenge. *Aerospace* [online]. 2020, 7(3) [cit. 2021-07-13]. ISSN 2226-4310. Dostupné z: doi:10.3390/aerospace7030026
- [16] Bird Strike. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2021-07-13]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Bird_strike
- [17] *Bird Strike Comittee USA* [online]. 2020 [cit. 2021-07-13]. Dostupné z: <http://www.birdstrike.org/wildlife-strikes-mitigation/>
- [18] US Airways flight 1549. *Britannica* [online]. 2021 [cit. 2021-07-13]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/topic/US-Airways-Flight-1549-incident>
- [19] Non Avian Wildlife Hazards to Aircraft. *Skybrary* [online]. [cit. 2021-07-13]. Dostupné z: https://www.skybrary.aero/index.php/Non_Avian_Wildlife_Hazards_to_Aircraft
- [20] Ruzyňští dravci chrání letiště už čtyřicet let. *Novinky.cz* [online]. 2019 [cit. 2021-07-13]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/koktejl/clanek/ruzynsti-dravci-chrani-letiste-uz-ctyricet-let-40292118>
- [21] BHEEMREDDY, V. a K. CHANDRASEKHARA. Study of Bird Strikes Using Smooth Particle Hydrodynamics and Stochastic Parametric Evaluation. *Journal of Aircraft* [online]. 2012, 49(5), 1513-1520 [cit. 2021-07-14]. ISSN 0021-8669. Dostupné z: doi:10.2514/1.C031827
- [22] Bird Hazard Management at Airports. *Robin Radar Systems* [online]. 2021 [cit. 2021-07-14]. Dostupné z: <https://www.robinradar.com/bird-drone-detection-radar-aviation-airport>
- [23] Radar detection of birds. *AscendXYZ* [online]. 2021 [cit. 2021-07-14]. Dostupné z: https://ascendxyz.com/radar-detection-of-birds/?gclid=CjwKCAjwieuGBhAsEiwA1Ly_nTIkt5f3ll_1KtQQYYxM0OoMse2OYIE2sfmki vb1H-2htxGuujTRCBoCjGoQAvD_BwE
- [24] *Www.biologicka-ochrana-letist.cz/* [online]. 2009 [cit. 2021-07-14]. Dostupné z: <http://biologicka-ochrana-letist.cz/nase-cinnost-s2>
- [25] CLEARY, Edward a Richard DOLBEER. *Wildlife hazard management at airports: A manual for airport personnel USDA* [online]. 2005 [cit. 2021-07-15]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/284759210_Wildlife_hazard_management_at_airports_A_manual_for_airport_personnel_USDA#pf87
- [26] Airports use cannons, dogs, guns to scare birds. *The San Diego Union Tribune* [online]. 2009 [cit. 2021-07-26]. Dostupné z: <https://www.sandiegouniontribune.com/sdut-plane-splashdown-bird-strikes-011609-2009jan16-story.html>
- [27] SOJKA, Petr. *Problematika Srážek s Ptáky v Letecké Dopravě* [online]. 2011 [cit. 2021-07-15]. Dostupné z: <https://pdfslide.tips/reader/f/problematika-srazek-s-ptaky-v-letecke-doprave-v3>
- [28] *THE SUCCESSFUL IMPLEMENTATION OF A BORDER COLLIE BIRD SCARING PROGRAM AT DURBAN INTERNATIONAL AIRPORT, SOUTH AFRICA* [online]. 2003 [cit. 2021-07-14]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/267413908_THE_SUCCESSFUL_IMPLEMENTAT

ION_OF_A_BORDER_COLLIE_BIRD_SCARING_PROGRAM_AT_DURBAN_INTERNATIONAL_AIRPORT_SOUTH_AFRICA

- [29] Robotic raptors look and fly like the real thing. *New Atlas* [online]. 2014 [cit. 2021-07-15]. Dostupné z: <https://newatlas.com/flying-robot-raptor-birds-deter-nuisance-flocks/33563/>
- [30] *Beyond falconry between tradition and modernity: a new device for bird strike hazard prevention at airports* [online]. 2008 [cit. 2021-07-15]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/272434995_Beyond_falconry_between_tradition_and_modernity_a_new_device_for_bird_strike_hazard_prevention_at_airports
- [31] The Zon Mark 4 Propane Cannon. *Sutton Ag Enterprises* [online]. 2021 [cit. 2021-07-17]. Dostupné z: https://www.suttonag.com/zon_mark4_cannon.html
- [32] *Effectiveness of Gas Cannons on the Bir eness of Gas Cannons on the Bird Community at Sydney Airport* [online]. 2001 [cit. 2021-07-15]. Dostupné z: <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1010&context=birdstrike2001>
- [33] That's my job: Firing the bird cannons at Reagan National Airport. *The Washington Post* [online]. 2017 [cit. 2021-07-15]. Dostupné z: <https://www.washingtonpost.com/express/wp/2017/06/05/thats-my-job-firing-the-bird-cannons-at-reagan-national-airport/>
- [34] 5 Reasons Why Airports Use Laser Bird Deterrents to Prevent Bird Strikes. *Bird Control Group* [online]. 2021 [cit. 2021-07-15]. Dostupné z: <https://www.birdcontrolgroup.com/laser-bird-deterrents-prevent-bird-strikes/>
- [35] Aerolaser / Bird Strike Prevention and Avoidance. *Airport Suppliers* [online]. 2021 [cit. 2021-07-15]. Dostupné z: <https://www.airport-suppliers.com/supplier/bird-control-group/>
- [36] *For airplanes, drone collisions a greater hazard than bird strikes: FAA study* [online]. 2017 [cit. 2021-07-18]. Dostupné z: <https://www.safetyandhealthmagazine.com/articles/16546-for-airplanes-drone-collisions-a-greater-hazard-than-bird-strikes-faa-study#comments-container>
- [37] *Drony*. 1. Brno: Computer Press, 2016. ISBN 978-80-251-4680-4.
- [38] Letecký předpis L2 - Doplněk X. *Letecká infromační služba* [online]. 2021 [cit. 2021-07-27]. Dostupné z: <https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-2/index.htm>
- [39] *Letecký předpis L2 - Doplněk X* [online]. 2021 [cit. 2021-07-27]. Dostupné z: <https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-2/index.htm>
- [40] *Zákon České národní rady na ochranu zvířat proti týrání*. In: . 1992, ročník 1992, číslo 246. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-246#cast1>
- [41] Letecký předpis L14. *Letecká infromační služba* [online]. 2021 [cit. 2021-07-27]. Dostupné z: <https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-14/index.htm>
- [42] The price of batteries has declined by 97% in the last three decades. *Our world in data* [online]. 2021 [cit. 2021-07-28]. Dostupné z: <https://ourworldindata.org/battery-price-decline>
- [43] Spreading Wings S1000. *Dji* [online]. 2021 [cit. 2021-07-27]. Dostupné z: <https://www.dji.com/cz/spreading-wings-s1000/spec>

- [44] TF-19 WASP Flamethrower Drone Attachment. *Throwflame* [online]. 2021 [cit. 2021-07-27].
Dostupné z: <https://throwflame.com/products/flamethrower-drone-kit/>