



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

Bc. Petr Líkař

VYUŽITÍ RPAS V PROVOZU LETIŠTĚ

Diplomová práce

2016



K621..... Ústav letecké dopravy

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Petr Líkař

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

N 3710 – PL – Provoz a řízení letecké dopravy

Název tématu (česky): **Využití RPAS v provozu letiště**

Název tématu (anglicky): Use of RPAS in Airport Operations

Zásady pro vypracování

Při zpracování diplomové práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Aktuální stav využití RPAS na letištích
- Analýza procesů na Letišti Praha
- Zhodnocení možností pro implementaci RPAS do procesů
- Definování úkolů a struktury flotily
- Vyhodnocení aplikace

Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího diplomové práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: Unmanned Aircraft Systems : UAV Design, Development and Deployment
Sense and Avoid in UAS : Research and Applications (2nd Edition)
Defense, Security and Strategies : Unmanned Aircraft Systems : Strengths and Weaknesses

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Peter Vittek**
Ing. David Hůlek

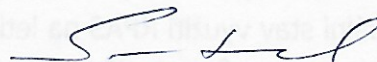
Datum zadání diplomové práce: **30. července 2015**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce: **1. června 2016**

- 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



doc. Ing. Stanislav Szabo, PhD. MBA
vedoucí
Ústavu letecké dopravy



prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. h. c.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.



Bc. Petr Líkař
jméno a podpis studenta

V Praze dne.....30. července 2015

Prohlášení

Nemám závažný důvod proti užívání tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

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.

V Praze dne 30. května 2016



Petr Líkař

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

VYUŽITÍ RPAS V PROVOZU LETIŠTĚ

diplomová práce

květen 2016

Bc. Petr Líkař

Abstrakt

Tato práce se zabývá možnostmi využití bezpilotních prostředků (RPAS) v provozu letiště. Zvoleny byly procesy ostrahy perimetru, biologické ochrany letiště a kontroly povrchu pohybových ploch. První část je věnována analýze vybraných procesů na mezinárodním letišti Václava Havla v Praze. Ve druhé části jsou zhodnoceny možnosti pro implementaci RPAS do procesů, definovány úkoly a způsob jejich provádění. Dále se práce věnuje procesu ostrahy perimetru, u kterého jsou jednotlivé úkoly podrobněji rozepsány, a je mu přiřazena také flotila bezpilotních prostředků. V závěru práce je provedeno vyhodnocení aplikace a stanovení nejvhodnější způsob využití RPAS.

Klíčová slova

Bezpilotní letadlo, Bezpilotní prostředek, Letiště Václava Havla Praha, Provoz letiště, RPAS, UAV

Abstract

This thesis addresses a possible use of Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS) in airport operations. The following processes are of interest: the perimeter surveillance, biological protection, and surface inspection of movement areas. The first part is devoted to the analysis of selected processes at the international airport Václav Havel Airport Prague. In the second part the implementation of RPAS into the processes is evaluated along with defining tasks and ways of their integration. Further is the paper devoted to the perimeter surveillance process and more detailed analysis of its individual tasks as well as to a RPAS fleet assignment. Finally, an application evaluation is performed and the most suitable way of RPAS use is determined.

Key words

Unmanned Aircraft, Unmanned Aerial Vehicle, Václav Havel Airport Prague, Airport Operations, RPAS, UAV

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mě během psaní této práce podporovali. Zvláštní poděkování si pak zaslouží oba moji vedoucí, Ing. Peter Vittek a Ing. David Hůlek, především za trpělivost a poskytování cenných rad a připomínek.

Obsah

	Seznam použitých zkratk	8
1	Úvod	10
2	Aktuální stav využití RPAS	12
2.1	Legislativa	13
2.2	Využití RPAS na letištích	15
2.2.1	Biologická ochrana letiště	15
2.2.2	Ostraha perimetru	16
2.2.3	Kontrola pohybových ploch	18
2.3	Použití RPAS v dalších odvětvích	21
2.3.1	Letecké snímkování	22
2.3.2	Zemědělství	22
2.3.3	Policejní dohled	23
2.3.4	Energetika	24
3	Analýza procesů na Letišti Praha	26
3.1	Kontrola stavu pohybové plochy	26
3.1.1	Pracoviště Řízení provozu ploch	27
3.1.2	Popis pohybové a manipulačních ploch na LKPR	28
3.1.3	Kontroly provozuschopnosti ploch	29
3.1.4	Zhodnocení současné podoby provádění kontroly ploch	34
3.2	Biologická ochrana letiště	35
3.2.1	Pracoviště Biologická ochrana letiště	35
3.2.2	Preventivní a průběžná opatření	36
3.2.3	Způsoby aktivního plašení zvěře	37
3.2.4	Spolupráce BOL s ostatními složkami	39
3.2.5	Zhodnocení současné podoby biologické ochrany	40
3.3	Ostraha perimetru	40
3.3.1	Ostraha letiště (OLE)	40
3.3.2	Vymezení perimetru	42
3.3.3	Způsoby provádění ostrahy perimetru	42
3.3.4	Zhodnocení současné podoby ostrahy perimetru	44
4	Zhodnocení možností pro implementaci RPAS do procesů	45
4.1	Využití RPAS při kontrole ploch	45
4.1.1	Technologické vybavení pro kontrolu ploch	46
4.1.2	Způsob začlenění RPAS do letištního provozu	50
4.1.3	Využití RPAS pro konkrétní typy inspekci	51

4.1.4	Shrnutí.....	54
4.2	Využití RPAS při biologické ochraně letiště.....	55
4.2.1	Technologické vybavení pro biologickou ochranu	56
4.2.2	Způsob začlenění RPAS do letištního provozu.....	56
4.2.3	Shrnutí.....	58
4.3	Využití RPAS při ostraze perimetru.....	58
4.3.1	Technologické vybavení pro ostrahu perimetru.....	59
4.3.2	Začlenění RPAS do procesu ostrahy perimetru	60
5	Definování úkolů a struktury flotily pro ostrahu perimetru	62
5.1	Způsoby provádění letu RPAS	62
5.1.1	Manuální režim letu	62
5.1.2	Automatický režim letu.....	64
5.2	Uvažované parametry RPAS.....	65
5.2.1	Doba letu.....	65
5.2.2	Rychlost letu	65
5.2.3	Výška letu	65
5.3	Určení úkolů pro RPAS.....	65
5.3.1	Hlídková činnost	66
5.3.2	Lokalizace narušitele při poplachovém stavu	70
5.3.3	Střežení vymezeného prostoru na letištní ploše	71
5.3.4	Podpora při mimořádné události	72
5.4	Struktura flotily	72
5.4.1	Počet RPAS ve flotile	72
5.4.2	Vhodný typ RPAS.....	73
6	Vyhodnocení aplikace.....	76
7	Závěr	79
	Seznam příloh	81
	Seznam použitých zdrojů.....	82

Seznam použitých zkratek

3D	3 Dimensional
A-SMGCS	Advanced Surface Movement Guidance and Control System
BED	Bezpečnostní dispečink
BOL	Biologická ochrana letiště
CCTV	Closed-circuit television
CDP	Centrální dispečink provozu terminálů
CTR	Controlled Traffic Region
ELZ	Elektrozařízení
FAA	Federal Aviation Administration
FOD	Foreign Object Debris
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
HZS	Hasičský záchranný sbor
ILS	Instrument Landing System
KPT	Dozor a koordinace provozu terminálů
LIS	Letecká informační služba
LKPR	Letiště Praha/Ruzyně
LP	Letiště Praha
LVO	Low Visibility Operations
MU	Mimořádná událost
NOTAM	Notice To Airmen
OLE	Ostraha letiště
OP	Odbavovací plocha
PČR	Policie České republiky
POL	Provoz ostrahy letiště
RESA	Runway End Safety Area
RET	Rapid Exit Taxiway
RPAS	Remotely Piloted Aircraft System
RPP	Řízení provozu ploch
RWY	Runway

ŘLP	Řízení letového provozu
SNOWTAM	NOTAM týkající se projevů zimního počasí
SRA	Security Restricted Area
SZZ	Světelné zabezpečovací zařízení
TLOF	Touchdown and Lift-Off Area
TSN	Technická správa nemovitostí
TWR	Tower
TWY	Taxiway
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
ÚCL	Úřad pro civilní letectví
UPL	Údržba ploch
ÚZPLN	Ústav pro odborné zjišťování příčin leteckých nehod
VDGS	Visual Docking Guidance System
VPD	Vzletová a přistávací dráha
WDI	Wind Direction Indicator

1 Úvod

Bezpilotní prostředky, lidově nazývané drony, se v posledních létech těší značnému zájmu veřejnosti. Především díky malým, cenově dostupným modelům roste počet amatérských pilotů, kteří tyto prostředky využívají k rekreačnímu létání. Ne každý z nich si však uvědomuje, že provoz jakýchkoli létajících zařízení podléhá určitým pravidlům, jejichž porušení může mít vliv na bezpečnost leteckého provozu.

S rostoucí dostupností dálkově řízených modelů se tak množí i případy, kdy jsou tyto prostředky provozovány v těsné blízkosti řízených letišť, a dokonce v blízkosti přistávajících letadel. Takové jednání však představuje pro leteckou dopravu značné bezpečnostní riziko. Někteří odborníci se tak zabývají možnostmi, jakými by bylo možné udržet tyto prostředky v bezpečné vzdálenosti od letišť.

Tato práce se však zabývá zcela opačným problémem, a sice začleněním bezpilotních prostředků do letištního provozu. Vzhledem ke složitosti této problematiky však není možné zacházet do přílišných podrobností. Cílem práce tedy je obecné zhodnocení možností využití těchto prostředků, návrh konkrétních úkolů a potřebných technologií, a způsob jejich plnění v letištním provozu.

Pro získání obecného přehledu o dostupných možnostech a zavedených řešeních je první část práce věnována současnému stavu využití bezpilotních prostředků, a to jak v letištním prostředí, tak i mimo něj. Také bude nahlédnuto do Leteckého předpisu L2, který stanovuje pravidla pro provoz nejen bezpilotních letadel.

Další část se bude zabývat analýzou vybraných letištních procesů, přičemž jako model poslouží letiště Václava Havla v Praze. Konkrétně bude rozebrán proces kontroly stavu povrchu pohybových ploch, biologická ochrana letiště a ostraha perimetru. U každého z nich budou popsány konkrétní činnosti a způsob jejich provádění. Tento krok je důležitý nejen pro pochopení celého procesu, ale také pro odhalení případných nedostatků, které by bylo možné zlepšit zavedením nové technologie.

Zjištěné nedokonalosti v procesech následně poslouží jako základ pro definici úkolů, které by měl bezpilotní prostředek plnit. K tomu bude nutné nastínit technologické možnosti, které jsou v současné době dostupné. Jakmile budou stanoveny úkoly i možné nástroje, může být navržena podoba začlenění bezpilotního letadla do procesu.

Na základě podnětu od Letiště Praha bude zvláštní pozornost věnována procesu ostrahy perimetru, u kterého bude návrh implementace popsán podrobněji. Součástí přitom bude také struktura flotily s možnou podobou nasazení jednotlivých strojů na konkrétní úkoly.

V závěru práce pak bude vyhodnocena efektivita jednotlivých aplikací se stanovením nejvíce smysluplného způsobu využití bezpilotních prostředků pro výkon činností v letištním provozu.

2 Aktuální stav využití RPAS

Bezpilotní prostředek je někdy označován jako *UAV (Unmanned Aerial Vehicle)*. To je však spíše americký výraz, přičemž v evropských zemích se používá zkratka *RPAS (Remotely Piloted Aircraft System)*. O těchto prostředcích se začalo hovořit ve velkém měřítku teprve před několika lety, kdy došlo k jejich masivnímu rozšíření mezi veřejnost v podobě cenově dostupných modelů pro volnočasové létání. V obdobném provedení, v jakém je známe dnes, však začaly plnit pracovní úkoly již koncem minulého století. Ovšem pouze v odvětvích, kde se provoz RPAS nedostává do konfliktu s již zavedeným civilním leteckým provozem.

Prolínání provozu pilotovaných a nepilotovaných letounů je zatím striktně doménou vojenského letectví. Civilní sektor v tomto směru značně zaostává, a to především vinou legislativních problémů, jejichž řešení je oproti vojenskému odvětví nesrovnatelně obtížnější a potrvá ještě dlouhou dobu. Této problematice je věnována samostatná kapitola.

Výzkum využitelnosti bezpilotních prostředků neprobíhá pouze ve státech, kde už s jejich provozem mají jisté zkušenosti. V České republice v reakci na náhlý rozmach těchto prostředků vzniklo během krátkého období několik firem, které se zaměřují na konstrukci a technologii bezpilotních letadel pro nejrůznější způsoby využití. A pozadu nezůstávají ani vysoké školy a výzkumné ústavy. [1]

Příkladem může být společnost *Robodrone Industries s.r.o.*, která sídlí v Jihomoravském inovačním centru. Ta se zabývá využitelností RPAS v celé řadě oborů, od horské záchranné služby přes geodézii a inspekci liniových staveb až po zemědělství. Spolupracuje přitom s Leteckým ústavem Vysokého učení technického v Brně, který pro ni připravuje studie proveditelnosti. Dále nabízí stáže nejen pro studenty brněnského VUT, ale i pražského ČVUT, ČZU a dalších vysokých škol. Kromě vývoje a stavby vlastních strojů firma *Robodrone* přímo provádí dílčí letecké práce spojené s pořizováním leteckých záběrů či termovizním snímkováním, a také poskytuje výcvik pilotů pro bezpilotní systémy *Robodrone*, i pro systémy jiných výrobců. [2]

Stejně pole působnosti jako *Robodrone* má i společnost *Vertical Images s.r.o.*, která se rovněž zabývá stavbou a prodejem RPAS, prováděním leteckého snímkování i školením pilotů. Třetí firmou podnikající v oboru bezpilotních prostředků je *EURO UAV Systems, a.s.* Ta se však nezabývá výrobou vlastních strojů, ale zaměřuje se pouze na poskytování služeb, tedy výkonu leteckých prací a školení operátorů. [3] [4]

2.1 Legislativa

Provoz bezpilotních prostředků je řešen jak na národní, tak na mezinárodní úrovni. Mezinárodní legislativní rámec vytváří Mezinárodní organizace pro civilní letectví (ICAO) prostřednictvím standardů (Annexů), které musejí být zapracovány do národní legislativy každého z členských států ICAO. Annexy jsou v České republice po úpravě pro použití v místních podmínkách vydávány Ministerstvem dopravy ČR jako letecké předpisy řady L. Problematiku létání s bezpilotními stroji řeší předpis *L2 – Pravidla létání*, konkrétně *Doplněk X – Bepilotní systémy*. [5]

Doplněk X rozlišuje v souvislosti s bezpilotními prostředky několik základních pojmů:

Autonomní letadlo – Bepilotní letadlo, které neumožňuje zásah pilota do řízení letu.

Bepilotní letadlo (UA) – Letadlo určené k provozu bez pilota na palubě.

Bepilotní systém (UAS) – 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.

Model letadla – 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. [5]

Dále je Doplněkem X uložena povinnost létat s bepilotním prostředkem bezpečně, tedy tak, aby nedošlo k ohrožení bezpečnosti létání ve vzdušném prostoru, osob a majetku na

zemí a životního prostředí. Odpovědnost za bezpečné provedení letu přitom nese pilot, tedy osoba, která bezpilotní letadlo řídí.

Provoz bezpilotního letadla smí být prováděn pouze ve vzdušném prostoru třídy G, v letištní provozní zóně ATZ v koordinaci se stanovištěm *AFIS* nebo *RADIO*, a v řízeném okrsku letiště (CTR nebo MCTR) do 100 m nad zemí a v horizontální vzdálenosti minimálně 5 500 m od vztažného bodu řízeného letiště. Provoz v jiných prostorech může být proveden pouze pokud tak povolí *Úřad pro civilní letectví (ÚCL)* a případně také místní stanoviště *Řízení letového provozu (ŘLP)*.

Dále jsou mimo jiné stanoveny čtyři základní kategorie bezpilotních letadel dle jejich maximální vzletové hmotnosti. Na základě těchto kategorií a účelu použití předpis ukládá další povinnosti, které musí pilot i letadlo splňovat pro legální provoz. Pro účely této práce budou uvedeny pouze požadavky pro provoz letadel v kategorii „>0,91 a <7 kg“ a s účelem použití jiným než rekreačně sportovním.

Takové bezpilotní letadlo, stejně jako jeho pilot, podléhá evidenci ÚCL. Podmínkou evidence pilota je prokázání základní schopnosti bezpečně řídit bezpilotní letadlo a také prokázání teoretických znalostí v rozsahu, který stanoví ÚCL. Bzpilotní systém může být provozován pouze s platným povolením k létání, které vydává ÚCL a které nahrazuje doklad o osvědčení letové způsobilosti. Toto povolení obsahuje i seznam evidovaných pilotů a nahrazuje tak průkaz způsobilosti pilota. K jeho vydání je však nutné předložit provozní příručku. Dále je nutné získat povolení k provozování leteckých prací a leteckých činností pro vlastní potřebu, jsou-li tyto činnosti zamýšleny.

Bezpilotní letadlo navíc musí být označeno ohnivzdorným identifikačním štítkem se jménem a telefonním číslem provozovatele, případně i poznávací značkou, pokud mu byla přidělena. Také musí být vybaveno vestavěným bezpečnostním systémem „failsafe“, který při selhání řídicího a kontrolního spoje provede ukončení letu. Provozovatel musí mít rovněž sjednáno pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem bezpilotního letadla, a to v minimální výši dle nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 785/2004. [5]

2.2 Využití RPAS na letištích

Využití bezpilotních prostředků v ostrém provozu letiště je zatím teprve ve fázi výzkumu. Přesto se v poslední době začínají objevovat instituce a společnosti, které se usilovně snaží o začlenění bezpilotních prostředků do letištního prostředí. Některé mají zatím pouze nápad, jiné však už praktickými ukázkami na základě výjimek a povolení od úřadů získávají své první zakázky. Konkrétní příklady budou podrobněji rozebrány v následujících podkapitolách.

2.2.1 Biologická ochrana letiště

Koncem roku 2015 byl na letišti v Plané u Českých Budějovic představen projekt bezpilotního prostředku určeného k odhánění ptactva v blízkosti letiště. Autorem projektu je Ing. Ladislav Bartuška, akademický a výzkumný pracovník z Katedry dopravy a logistiky Vysoké školy technické a ekonomické v Českých Budějovicích (VŠTE), který se svým nápadem zvítězil v národním kole soutěže European Satellite Navigation Competition 2015. [6]

Projekt nazvaný *Biologická ochrana letiště za pomoci dronů* kombinuje moderní technologii RPAS s doposud používanými způsoby biologické ochrany letišť k odehnání ptáků a zvěře z prostorů, ve kterých jim hrozí kolize se vzlétajícími či přistávajícími letouny. Biologická ochrana musí být dle předpisu L14 určitým způsobem prováděna na každém letišti, neboť případná srážka zvířete s letounem může kromě zcela jistého usmrcení živočicha způsobit i značné škody na letadle, a tím ohrozit bezpečnost cestujících na palubě. [7]

Dle autora projektu by v provozu mělo být nasazeno několik kvadrokoptér, které budou při výkonu biologické ochrany navzájem spolupracovat. To by měl umožnit software v palubním počítači každého stroje z flotily, který bude na základě údajů z GNSS systému pracovat s vlastní polohou a s polohou všech ostatních bezpilotních prostředků zapojených do plnění úkolu. Tím by mělo být zaručeno, že se stroje během letu navzájem nesrazí. Rovněž tak bude možné přednastavit prostory, do kterých RPAS nesmí vlétnout, pokud nemají předem definovanou výšku potřebnou k přeletění statických objektů, jakými jsou letištní budovy nebo lesy v okolí. Dále se počítá s vymezením vzdušných koridorů,

v kterých se tyto prostředky budou moci pohybovat, aniž by jakkoli narušily bezpečnost letového provozu. Pokud by z nějakého důvodu došlo k vybočení mimo předepsaný koridor, řídicí počítač by se strojem neprodleně přistál.

Samotné odhánění ptactva by mělo probíhat na základě akustické metody, kdy jsou zvukovým zařízením vysílány různé ptačí zvuky imitující dravce nebo naopak drobného ptáka v tísní. Tato metoda se v praxi na letištích používá už dlouho, avšak vždy jde o pozemní vysílač, který se během vysílání nepohybuje. Nově by však byl vysílač umístěn přímo na palubě bezpilotního prostředku, čímž by bylo umožněno jeho efektivní použití vždy přímo v blízkosti ptactva a v takové pozici vůči letišti, aby bylo hejno odháněno směrem od letiště.

Na palubě každého stroje by rovněž měla být umístěna kamera, prostřednictvím které by bylo možné monitorovat další bezpečnostní parametry na letišti či v jeho okolí. Podle Ing. Bartušky by tak mělo být možné dokonce i zamezit narušení letového provozu jinými civilními RPAS, s kterými by jejich majitelé chtěli létat v blízkosti letiště. Podrobnosti ke způsobu, jakým by takové zamezení bylo prováděno, však autor projektu neuvádí. [8] [9]

2.2.2 Ostraha perimetru

V březnu roku 2014 byla v anglickém hrabství Sussex realizována první praktická část studie, jejímž cílem bylo kriticky zhodnotit možnosti využití technologie bezpilotních prostředků pro účely policie. Místní policejní oddělení tehdy k testování obdrželo první z celkem pěti dodaných kvadrokoptér *SkyRanger* od společnosti *Aeryon Labs Inc.* V provozu byla sledována využitelnost strojů při plnění širokého spektra policejních činností, včetně úkolů spojených s ostrahou mezinárodního letiště Gatwick. [10] [11]

Právě letištní prostředí bylo vybráno jako první testovaná lokalita, která zároveň představovala i největší výzvu. Bepilotní prostředek byl začleněn do letištního útvaru, jehož úkolem je chránit perimetr letiště a vzdušný prostor vzletové a přistávací dráhy. Stroj se tak velmi často pohyboval v relativně těsné blízkosti přistávajících či vzlétajících letadel, což je považováno za velmi rizikové. *SkyRanger* však již během prvního týdne vykazoval tak dobré manévrovací a naváděcí schopnosti, že si s ním operátor dovolil létat i za deštivé noci pouhých 100 metrů od aktivní dráhy a ve větru přesahujícím 40 km/h.

Během každého letu byl stroj od operátora vzdálen maximálně 500 metrů a vždy v jeho přímém dohledu. [10]

Testování RPAS v ostrém provozu letiště probíhalo pod přísným dohledem hned několika institucí, které jeho nasazení musely předem schválit. Kromě *Gatwick Air Traffic Control* a *Civil Aviation Authority*, které mají na starosti řízení letového provozu a civilní letectví jako takové, sledovali průběh zkušebního provozu i národní protiteroristická centrála *National Counter Terrorism Policing Headquarters* či *Information Commissioner's Office*, zabývající se ochranou osobních údajů.

Pozornost byla věnována nejen schopnosti bezpečného a spolehlivého provozu RPAS, ale i možným provozním úsporám policejního oddělení, plynoucím ze zvýšené efektivity při výkonu práce. V neposlední řadě byl vyhodnocován také přínos v oblasti bezpečnosti, a to jak z pohledu veřejnosti, tak z pohledu samotných strážců zákona nasazených do akce.

Tabulka 1: Parametry stroje *Aeryon SkyRanger* [12]

	Aeryon SkyRanger
Rozměry (složený)	102 x 24 cm (50 x 25 cm)
Váha bez vybavení	2,4 kg
Doba letu s vybavením	50 min
Akční rádius v autonomním režimu	až 5 km
Dostup (v autonomním režimu)	450 m (4500 m)
Odolnost vůči větru (v nárazech)	65 km/h (90 km/h)
Teplota prostředí	od -33°C do 50°C
Frekvence	900 MHz, 2,4 GHz, jiné
Síť pro přenos dat	AES 256 bit šifrování

Stroje *SkyRanger* byly pro tuto studii vybrány pro jejich výkony (viz. tabulka 1), které nejvíce odpovídaly zadaným požadavkům. Vyžadován byl denní i noční provoz, odolnost vůči nepříznivému počasí, schopnost rychlého nasazení do akce, efektivní sběr dat a obrazu a ekonomická obhajitelnost provozu. Firma *Aeryon Labs* nabídla produkt, který zadané parametry v mnohém dokonce převyšoval. Je schopný létat za silného deště či sněžení, v širokém rozmezí teplot ovzduší a dokáže čelit i silnému a nárazovému větru.

Stroj je dodáván s transportním kufrem, který obsahuje vše potřebné pro nasazení do akce. Díky tomu je možné tento RPAS snadno převážet v zavazadlovém prostoru libovolného vozidla, a tak jej lze bez problému dopravit přímo na místo zásahu. [12]

Samotná příprava bezpilotního prostředku k letu pak trvá méně než tři minuty. Nespornou výhodou je i ovládání stroje prostřednictvím pultu s dotykovou obrazovkou, jejíž obsluhu zvládne jeden člověk. Systém ovládání letu je totiž natolik zjednodušený, že nevyžaduje tolik pozornosti jako jiné, joysticky ovládané RPAS, a tak se operátor může soustředit i na ovládání palubní kamery. Ta může být jak optická, tak infračervená, a pořizovaný obraz je v reálném čase přenášen na obrazovku ovládacího pultu. Dále je možné obraz sdílet a přehrávat ho i na dalších zařízeních, například na chytrém telefonu. Samozřejmostí je ukládání pořizovaného záznamu pro potřeby pozdějšího vyhodnocení, nebo pro použití jako důkazní materiál. [10] [13] [14]

2.2.3 Kontrola pohybových ploch

Německá společnost *airsight GmbH* přišla na trh s novým způsobem provádění pravidelných kontrol stavu pohybových ploch na letištích. *NextGen Airfield Inspections*, jak se její služba nazývá, využívá bezpilotních prostředků s palubním fotoaparátem k pořízení snímků povrchu libovolné pohybové plochy. Na základě těchto snímků je následně identifikováno a klasifikováno poškození povrchu a zvažena potřeba a rozsah opravy. [15]

Hlavní výhody použití této metody oproti konvenčnímu způsobu provádění kontroly povrchu jsou pro přehlednost uvedeny v tabulce 2 a podrobněji rozvedeny dále v této kapitole. Údaje pochází z případové studie provedené společností *airsight* v reálném provozu na nejmenovaném mezinárodním letišti.

Tabulka 2: Porovnání konvenčního způsobu kontroly ploch s metodou NEXTGEN [16]

	Konvenční způsob	NEXTGEN
Doba trvání kontroly RWY	6-8 hodin	30 minut
Doba trvání kontroly TWY	30 hodin	2 hodiny
Počet kontrolovaných úseků	17	2
Rozsah práce	136 člověkohodin	32 člověkohodin
Doba pro vyhodnocení dat	15 člověkodní	15 člověkodní
Reprodukovatelnost výsledků	Ne	Ano
Potenciál pro pozdější využití dat	Ne	Ano
Dohledatelnost nálezů	Ne	Ano

Největší výhodou nové metody je časová úspora. Bezpilotní prostředek při jednom letu po předem promyšlené trase systematicky zdokumentuje plochu o rozloze 57 000 m² během jedné hodiny. Konvenčním způsobem, kdy skupina inspektorů fyzicky prochází po celé kontrolované ploše a hledá nedostatky, by kontrola stejně velké oblasti trvala kolem patnácti hodin.

Vzhledem k nárokům na světelné podmínky se takové kontroly provádí výhradně za dne. V Evropských zeměpisných šířkách by tedy teoreticky bylo možné tuto plochu zkontrolovat během jediného dne, avšak pouze za předpokladu, že by inspektoři pracovali na směny. Tím by se ale zdvojnásobil počet potřebných pracovníků, čímž by vzrostly náklady. Je tedy pravděpodobné, že by se kontrola rozdělila do dvou pracovních dní.

Během kontroly je plocha samozřejmě uzavřena pro veškerý provoz. Tím vznikají komplikace nejen pilotům a řídicím letového provozu na daném letišti, ale i samotnému provozovateli letiště, kterému z uzavírky často plynou i finanční ztráty. Zásadní zkrácení doby potřebné pro kontrolu plochy je tedy velmi vítané. S využitím RPAS je navíc možné rozdělit inspekci na několik kratších úseků, kdy kontrola každého z nich potrvá například pouhých 10 minut. Je tedy možné nasnímat povrch jednoho úseku během časového okna ve slabší hodině, kdy na letišti není žádný provoz.

Pořízené snímky jsou následně vyhodnocovány inspektory obdobně, jako by byly vyhodnocovány záznamy z kontroly provedené konvenčním způsobem. Zde sice použití nové metody nepředstavuje žádnou časovou úsporu, ale přináší jiné výhody. Automaticky

pořízené snímky jsou v počítači poskládány tak, aby tvořily ucelený obraz celé kontrolované plochy. Každý snímek má navíc značku s údajem o přesné pozici, a tak lze snadno a jednoznačně určit, v kterém místě byl pořízen.

Dále je zde možnost převést snímky do dalších digitálních formátů, jako je *CAD*, *GIS*, nebo *PMS*, s kterými může letiště dále pracovat. Data mohou být opětovně používána pro jakékoli další potřeby, ať už v oblasti údržby, při stavebních pracích, plánování rozvoje či pro potřeby auditu. Výsledky inspekce včetně provedené analýzy jsou kdykoli zpětně dohledatelné a umožňují reprodukovatelnost vyhodnocení škod i sledování jejich vývoje v čase.

V roce 2015 proběhly první ostré inspekce pohybových ploch za použití RPAS na letištích *Hamburg Finkenwerder Aerodrome* a *Berlin Brandenburg Airport*. Základní údaje o obou provedených kontrolách jsou pro přehlednost a porovnání uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 3: Základní informace o kontrolách provedených metodou NEXTGEN [16]

	Hamburg Finkenwerder	Berlin Brandenburg
Kontrolovaná plocha	Odbavovací plocha	Pojezdová dráha
Rozloha plochy	130 000 m ²	72 000 m ²
Řízený okrssek	CTR Hamburg	CTR Berlin
Výška letu	20 m	25 m
Vzdálenost od okolního provozu	20 m	1 300 m
Čistá letová doba	2x 2,5 h	1,25 h
Rozlišení snímků	2,4 mm/px	2,8 mm/px

Letiště *Hamburg Finkenwerder* je součástí výrobního areálu společnosti *Airbus* a je využíváno především pro firemní lety za účelem dopravy zaměstnanců a přepravy součástí letadel mezi dalšími výrobními areály. Rovněž se z letiště uskutečňují testovací a dodávací lety nově postavených letounů. Provoz je zde oproti veřejnému mezinárodnímu letišti *Hamburg Fuhlsbüttel* zanedbatelný, typicky kolem patnácti pohybů za den.

Kontrolována byla hlavní odbavovací plocha s betonovým povrchem o rozloze 130 000 m², na které parkují letouny z rodiny Airbus A320. Během inspekce létal bezpilotní prostředek v řízeném vzdušném prostoru řízeného okrsku Hamburg CTR na základě povolení od provozovatele letiště i řízení letového provozu.

Vzhledem k přítomnosti parkujících letounů na kontrolované ploše byla inspekce rozložena do dvou částí, přičemž každá z nich představovala čistou letovou dobu zhruba 2,5 hodiny. Uskutečněné lety probíhaly v pracovní výšce 20 metrů nad povrchem a ve vzdálenosti minimálně 20 metrů od okolo stojících letounů. Fotoaparát umístěný na palubě RPAS pořídil ze zvolené výšky snímky s rozlišením 2,4 mm na 1 pixel, což je pro potřeby detekce trhlin v povrchu zcela dostačující.

Letiště *Berlín Brandenburg*, které vzniká rozšiřováním letiště *Schönefeld*, využilo služby společnosti *airsight* pro inspekci části nedávno postavené pojezdové dráhy v rámci nároků na záruku. Jednalo se o kontrolu 1,6 km dlouhého úseku betonové dráhy, přilehlých asfaltových zpevněných okrajů a světelného vybavení.

Plocha o celkové rozloze 72 000 m² byla nasnímána za pouhé dvě hodiny, během kterých se uskutečnilo šest letů bezpilotního prostředku, vždy v délce lehce přes deset minut. Pracovní výška letu byla 25 metrů a pořízené snímky měly rozlišení 2,8 mm na pixel.

Inspekce probíhala v koordinaci se službou řízení letového provozu, neboť RPAS létal v řízeném okrsku Berlin CTR. Protože se však jednalo o kontrolu plochy v dosud nepoužívané části letiště, nebylo nutné nijak omezovat provoz, a bezpilotní prostředek se ke startujícím či přistávajícím letounům nepřiblížil na méně než 1 300 metrů. [16] [17]

2.3 Použití RPAS v dalších odvětvích

V některých odvětvích se bezpilotní prostředky používají již řadu let. Často přitom bez velkého zájmu médií nahradily do té doby používaná pilotovaná letadla, jejichž provoz vzhledem k technologickým pokrokům v oblasti RPAS přestal být efektivní. Užívání pilotovaných strojů pro určité činnosti najednou začalo být zbytečně náročné na zázemí, složité na údržbu, finančně nákladné ve všech směrech, nebo neúnosně rizikové pro

posádku. V následujících podkapitolách budou stručně zmíněny některé oblasti, ve kterých se bezpilotní prostředky úspěšně uchytily, byť jejich použití zatím není příliš rozšířeno.

2.3.1 Letecké snímkování

Bezpilotní prostředky vykazují významné benefity při použití pro pořizování fotografií či natáčení videozáznamu z ptačí perspektivy. Využívají se jak ve filmovém průmyslu, tak v geodézii, na stavbách, pro posuzování technického stavu historických budov, mostních konstrukcí, věží, atd. Na rozdíl od pilotovaných strojů kromě levnějšího provozu také mnohem méně narušují prostředí, ve kterém se pohybují. Díky svým kompaktním rozměrům a přesnému navigačnímu vybavení jsou schopny pořizovat detailní záběry vybraného objektu téměř z jakéhokoli úhlu. Z bezpečnostních důvodů však RPAS v tomto odvětví naráží na řadu legislativních omezení, která připouští provoz pouze malých strojů a v bezpečné vzdálenosti od lidí. [18]

2.3.2 Zemědělství

Průkopníkem v použití bezpilotního prostředku pro zemědělské práce bylo Japonsko. V roce 1989 byl do provozu nasazen první rádiem ovládaný vrtulník určený pro chemický postřik zemědělských plodin. Vývoj stroje s názvem *RMAX* probíhal v továrně strojírenského podniku *Yamaha Motor* od roku 1983 a po nasazení do ostrého provozu se rychle začaly ukazovat jeho silné stránky. Ty spočívají především v možnosti pokrytí hůře přístupných lokalit, přesnější aplikaci účinné látky a dále ve snížení zátěže pracovníků a zvýšení bezpečnosti. Pilot již nemusí manévrovat s velkým strojem v malé výšce ve členitém terénu, ani není vystaven přítomnosti nebezpečných chemikálií na palubě. [19]

Nová technologie se postupně šířila po celém Japonsku, a to i přes to, že původní model musel být po celou dobu letu manuálně ovládán pilotem ze země. V *Yamaha Motor* však vývoj pokračoval a začátkem roku 1998 byl představen novější model se zabudovanými GPS senzory, který byl schopný autonomního letu. Pilot tak stroj přímo ovládal pouze při vzletu a přistání, a samotný let již probíhal automaticky po předem zvolené trajektorii. Jeho mediální úspěch se dostavil v roce 2000, kdy byl využíván pro pozorování sopečné aktivity hory Usu.

Větší, výkonnější, ale také mnohem dražší alternativou se stal model *RPH 2* od *Fuji Heavy Industries*. Ten byl schopný kromě autonomního letu i zcela automatického vzletu a přistání, a mohl nést až 100 kg užitečného zatížení, oproti 31 kg u modelu *RMAX* od *Yamahy*. Kromě systému pro postřik plodin je v nabídce také zařízení pro setí semen. O tom, že se bezpilotní prostředky v Japonsku těší značné oblibě, svědčí fakt, že jejich počet v zemědělském oboru v roce 2010 překročil hranici 1500 strojů. [18] [19]

2.3.3 Policejní dohled

Ve službách policie je možné bezpilotní prostředky používat nejen pro odhalování zločinů a potírání kriminality, ale i pro pátrání po pohřešovaných osobách. Hlavní předností pro tyto činnosti je schopnost přenášet obraz situace z ptačí perspektivy, aniž by si toho sledovaný objekt všiml. Policisté tak mohou získat mnohem lepší představu o místě zásahu a následně lépe naplánovat celou akci.

Spolu se schopností nasazení RPAS ve velmi krátkém čase a přímo v místě zásahu tak policejní složky získávají lepší a mnohem méně nákladnou pomoc, než jaké se jim dostává při povolání pilotovaného vrtulníku. To však neznamená, že by v blízké budoucnosti bezpilotní prostředky nahradily ty pilotované. Každý z nich totiž najde uplatnění v odlišných typech zásahu.

Jak již bylo zmíněno v kapitole o ochraně perimetru letišť, použití RPAS pro policejní účely je v současné době testováno ve Velké Británii. Zkušební provoz v hrabství Sussex probíhá již dva roky a policejní oddělení je s dosavadními výsledky velmi spokojeno. Pro provoz bezpilotních strojů dle požadavků britského úřadu pro civilní letectví bylo zatím vyškoleny celkem 38 operátorů. Stroje jsou samotnými příslušníky policie od začátku testování vnímány jako doplněk ke stávajícímu vybavení, nikoli jako náhrada některého z nich. [13] [18]

Na podzim roku 2009 obdrželo policejní oddělení regionu Mesa County v americkém Coloradu jeden RPAS typu *Dragonflyer X6* od společnosti *Dragonfly Innovations Inc.*, aby vyzkoušelo možnosti využití této technologie při vymáhání práva. Po prvním roce provozu, kdy směl bezpilotní prostředek létat pouze v prostoru schváleném FAA o rozloze jedné čtvereční míle, se policejnímu oddělení podařilo vyjednat oprávnění k letům na

celém území Mesa County (8650 km²) za denního světla. Prostředek s výdrží kolem 15 minut byl využíván k pořizování leteckých snímků dopravních nehod, nebo ve spolupráci s hasičským sborem, kdy pomocí infračervené kamery mapoval ohniska požárů budov. V lednu 2012 byl policejnímu oddělení poskytnut další RPAS, tentokrát typu *Falcon* od firmy *Falcon Unmanned*. *Falcon* má na rozdíl od *X6* pevné křídlo a výdrž okolo 60 minut, což umožňuje jeho využití při pátracích a záchranných operacích či pro monitorování přírodních požárů. Dodnes se bezpilotní prostředky zúčastnily více než 82 misí a nalétaly přes 300 letových hodin. [20] [21] [22]

2.3.4 Energetika

Energetické společnosti rovněž začínají objevovat potenciál bezpilotních prostředků. Lze je totiž úspěšně využívat pro kontrolu elektrického vedení, které často vede vysoko nad zemí a přes množství překážek, a jeho kontrola tak jinak než ze vzduchu není možná. Donedávna prováděli inspekce lezci, kteří se pohybovali přímo po drátech elektrického vedení. To byla velice zdoluhavá a samozřejmě velmi nebezpečná činnost, neboť kromě pádu při šplhání po stožáru hrozil v některých případech i úraz elektrickým proudem. V některých zemích se vedení při inspekci neodpojovalo, protože by tím přišlo o elektřinu velké množství lidí, a energetická společnost by zaznamenala značné ztráty. Lezci si tak museli dávat pozor, aby se dotýkali vždy pouze drátů se stejnou fází, které mají stejný elektrický potenciál. [23]

Dnes jsou kontroly prováděny posádkou pilotovaného vrtulníku, která vedení prohlíží pomocí dalekohledu a termovizní kamery. Tímto způsobem sice lze provést inspekci dlouhého úseku vedení v relativně krátkém čase a odhalit případná poškození či spálené izolátory, ovšem není to zcela bez rizika. Pilot se musí s vrtulníkem přiblížit dostatečně blízko k vedení, aby ho bylo možné prohlédnout, ale zároveň musí udržovat bezpečnou vzdálenost, aby nedošlo k elektrickému výboji, který by mohl poškodit stroj a ohrozit posádku. To je však značně složité, neboť vzduch, ve kterém se vrtulník snaží udržet svou pozici, se neustále hýbe všemi směry, a zkoumané dráty vedení se vlivem proudícího vzduchu rovněž pohybují. Provoz pilotovaných vrtulníků je navíc velmi nákladný a představuje nezanedbatelnou hlukovou zátěž pro životní prostředí. [24]

Bezpilotní prostředky mohou v tomto odvětví způsobit skutečnou revoluci. Nejen že je dle provedených studií jejich provoz z ekonomického hlediska zhruba třetinový oproti dosud používaným způsobům kontroly vedení. Navíc nikterak neohrožuje pracovníky provádějící inspekci a životní prostředí zatěžuje jen minimálně. Vliv elektromagnetického pole na palubní systémy stroje lze účinně eliminovat, což bylo demonstrováno na modelu *Sprite* od *Ascent AeroSystems*. [25]

Díky automatickým systémům je RPAS schopný samostatně letět podél vedení a přitom udržovat ideální vzdálenost od drátů. Výborné manévrovací schopnosti pak umožňují jeho nasazení i za takových meteorologických podmínek, při kterých by pilotovaný vrtulník nebylo možné využít. Inspektor má přitom možnost sledovat obraz z palubní kamery v reálném čase, a v případě potřeby manuálně navést stroj do takové pozice, jakou pro prohlídku potřebuje. Data z kamery jsou navíc ukládána pro potřeby pozdějšího použití, a samozřejmostí je i možnost kontroly vedení termokamerou. [25]

3 Analýza procesů na Letišti Praha

Účelem této kapitoly je rozebrat procesy a stručně popsat současnou podobu konkrétních úkolů v provozu letiště, při kterých by v budoucnu mohly být využívány bezpilotní prostředky. Pro potřeby této práce bylo jako modelový vzor zvoleno Letiště Václava Havla Praha, které díky své velikosti a mezinárodnímu provozu tvoří dostatečně komplexní prostředí. Zároveň však disponuje určitým prostorem pro případné zkoušení nových technologií.

Letištních procesů, do kterých by z technického hlediska bylo možné zakomponovat bezpilotní stroje, je celá řada. Na základě diskuze s vědeckými pracovníky na Ústavu letecké dopravy ČVUT v Praze Fakulty dopravní a po konzultaci s bezpečnostním specialistou Letiště Praha Ing. Pavlem Dadákem byly vybrány tři oblasti, ve kterých se budoucí využití RPAS jeví jako nejreálnější. Jedná se o oblast kontroly stavu pohybových ploch, biologickou ochranu letiště a ostrahu perimetru. Správnost výběru potvrzují i dva příklady z praxe, uvedené v předchozí kapitole, které dokládají již realizované nasazení těchto strojů do ostrého provozu.

3.1 Kontrola stavu pohybové plochy

Povinnost kontrolovat a pravidelně sledovat stav povrchu všech pohybových ploch ukládá provozovateli letiště předpis *L14 – Letiště*. Pravidelné i nepravidelné kontroly jsou chápány jako součást preventivního a nápravného programu údržby letiště, jehož cílem je zamezit nebo alespoň snížit výskyt uvolněných předmětů, které by mohly způsobit poškození letadel nebo mít negativní vliv na provoz jejich systémů. [7]

Na letišti Václava Havla Praha se stavem pohybových ploch zabývá pracoviště *Řízení provozu ploch (RPP)*. Jeho odpovědnosti a pravomoci upravuje Postup "Výkon služby Řízení provozu ploch", z kterého je v této kapitole čerpáno pro rozbor a popis jednotlivých činností spojených s kontrolou ploch. [26]

3.1.1 Pracoviště Řízení provozu ploch

Za provozuschopnost pohybové plochy letiště je na LKPR zodpovědný dispečer oddělení *Řízení provozu ploch (RPP)*. Ten provádí kontrolní činnost, a v případě, že zjistí odchylku od platných řídicích dokumentů či předpisů, musí stanovit nezbytná opatření pro zajištění provozní bezpečnosti na letišti. Toho může docílit vydáním příkazů kterékoli vnitřní organizační jednotce společnosti i ostatním externím subjektům, které se nacházejí v areálu letiště. Pokud není možné zajistit okamžitou nápravu stavu, je dispečer RPP oprávněn rozhodnout o uzavření kterékoli části, případně celé pohybové plochy. V případě, že dojde k uzavření části pohybové plochy, která je pro letištní provoz klíčová, a její znovuotevření v krátké době není pravděpodobné, doporučí dispečer RPP dle Letištního pohotovostního plánu odpovědné osobě úplné zastavení provozu letiště.

Kromě kontroly stavu pohybové plochy má dispečer RPP na starost i kontroly světelných zabezpečovacích zařízení (SZZ), světelného vytýčení pohybové plochy a světlených překážkových návěstidel objektů uvnitř SRA, které nevlastní provozovatel letiště. Při zahájení přípravy provozu v podmínkách nízkých dohledností (tzv. *Low Visibility Operations, LVO*) je na dispečerovi, aby posoudil provozní stav příslušného SZZ. Dále předává Letecké Informační Službě ŘLP podklady pro zprávy NOTAM. V zimních měsících provádí řízení a koordinaci zimních úklidových prací, měření brzdných účinků na pohybové ploše a vytváří zprávy SNOWTAM.

Pracoviště RPP, sídlící ve spojovací budově mezi terminály T1 a T2, musí být obsazeno nepřetržitě po celou provozní dobu letiště. Každá směna musí být obsazena minimálně dvěma dispečery, přičemž jeden z nich zároveň vykonává funkci vedoucího směny RPP. Vedoucí směny by měl být po celou dobu přítomen na svém pracovišti. V době pracovní přestávky musí určit svého zástupce, který jej bude zastupovat po dobu jeho nepřítomnosti na pracovišti. I tehdy však musí vedoucí směny zůstat v dosahu mobilního telefonu či radiostanice pro případ řešení nestandardní nebo mimořádné situace. [26]

3.1.2 Popis pohybové a manipulačních ploch na LKPR

Pohybová plocha na letišti Václava Havla Praha je tvořena dráhovým systémem a odbavovacími plochami. Dráhový systém se skládá ze tří vzletových a přistávacích drah (VPD, RWY), které jsou propojeny s odbavovacími plochami (OP) sítí pojezdových drah (TWY). Všechny pohybové plochy jsou pro názornost vyznačeny na mapě letiště v příloze č. 1.

Hlavní vzletová a přistávací dráha má označení 06/24, délku 3715 m, šířku 45 m, betonový povrch, a je vybavena systémem pro přesné přiblížení ILS kategorie I pro RWY 06 a kategorie II/III pro RWY 24. Druhá dráha má označení 12/30, délku 3250 m, šířku 45 m, betonový povrch, a z obou stran ILS kategorie I. Třetí dráha 04/22 s asfalto-betonovým povrchem o rozměrech 2120 x 60 m je trvale uzavřena pro vzlety i přistání a používá se pouze pro pojiždění a parkování letadel.

Pojezdové dráhy jsou označeny písmeny A-H, J-N, P, R, S, T, Z, AA, FF a RR, a mají asfaltový nebo betonový povrch. Standardně jsou široké 22,5 m, kromě části dráhy P, která má v úseku mezi RWY 12/30 a RWY 04/22 šířku 40 m. Na TWY P, S a RR jsou vyhrazená místa pro přistání vrtulníků, takzvané TLOF (Touchdown and lift-off area), označené TLOF H2 - H4.

Odbavovací plochy jsou rozděleny do čtyř částí. Největší z nich je OP SEVER, z které je odbavována většina běžných letů. Tu tvoří celkem 51 regulérních stojánek, z nichž některá mohou být využita jako alternativní stání pro dva menší letouny zároveň. Odbavovací plocha JIH slouží především k odbavování soukromých letů, tedy VIP klientely a letů kategorie všeobecného letectví. OP JIH zahrnuje celkem 22 stání, přičemž některá z nich opět mají i alternativní parkovací pozice. K odbavování cargo letů slouží OP VÝCHOD, kterou tvoří 7 stání. Poslední plochou je OP BELL HELICOPTER, poskytující 3 stání pro potřeby společnosti *Bell Helicopter Pague, a.s.* [27] **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

Dále jsou na letišti rozlišovány ještě manipulační plochy, určené k odstavování letadel za účelem jejich parkování, údržby a oprav. Typicky tyto plochy navazují na vrata letištních hangárů. Nejsou však součástí pohybové plochy letiště a je na nich zakázán pohyb letadel na vlastní pohon. [26]

3.1.3 Kontroly provozuschopnosti ploch

Pravidelné kontroly provozuschopnosti pohybové plochy provádí výhradně dispečer RPP, přičemž jsou rozlišovány dva druhy kontrol: běžná a podrobná. Kromě rozsahu činností se od sebe liší i časovými intervaly, ve kterých musí být prováděny. Zatímco podrobná kontrola se provádí pouze jednou během denní směny, běžných pravidelných kontrol musí být provedeno minimálně pět za 24 hodin. K tomu se uskutečňují ještě nepravidelné kontroly a plánované podrobné kontroly ve spolupráci s Technickou správou nemovitostí.

Způsob provádění kontrol

Vlastní kontrola plochy probíhá následovně. Dispečer RPP jede vozidlem po zkoumané ploše a přitom svým zrakem sleduje, zda se na kontrolované ploše nevyskytují volné předměty, nebezpečné trhliny, výtluky či jiné závady. Pohyb po ploše je řízen stanovištěm Řízení letového provozu, se kterým je dispečer ve spojení pomocí vysílačky. Vozidlo je rovněž vybaveno odpovídačem sekundárního radaru a jeho pohyb tak pracovník ŘLP může sledovat na příslušné obrazovce.

Pokud dispečer během jízdy zaznamená možnou překážku, přesvědčí se o její závažnosti zpomalením nebo úplným zastavením vozidla, případně i výstupem z vozidla na plochu. Nalezenou závadu pak dle jejího charakteru příslušným postupem odstraní. V praxi tento způsob kontroly znamená značnou zátěž dispečera, neboť je nutné provést kontrolu důkladně a svědomitě, ale zároveň dostatečně rychle, aby nedocházelo ke zdržení leteckého provozu. [26]

Frekvence provádění kontrol

Seznam prováděných pravidelných kontrol je spolu s jejich frekvencemi uveden v tabulce 4.

Tabulka 4: Frekvence provádění jednotlivých typů pravidelných kontrol [26]

Typ kontroly	Frekvence kontroly
Běžná pravidelná kontrola	min. 5x za den
Podrobná kontrola	1x za den
Kontrola SZZ	1x za den
Podrobná pravidelná kontrola (TSN)	1x za 3 týdny
Kontrola překážkových návěstidel externích subjektů	1x za měsíc

Stanovené frekvence běžných pravidelných kontrol jednotlivých částí pohybové plochy na LKPR jsou pro přehlednost uvedeny v tabulce 5. Přesný čas provedení kontroly však vždy závisí na aktuálním provozu.

Tabulka 5: Interval běžných pravidelných kontrol jednotlivých částí pohybové plochy na LKPR [27]

Část pohybové plochy	Interval kontrol
Vzletové a přistávací dráhy	4-6 hodin
Pojezdové dráhy	4-6 hodin
Odbavovací plocha SEVER	2 hodiny
Odbavovací plocha JIH	4-6 hodin
Odbavovací plocha VÝCHOD	4-6 hodin

Vzletové a přistávací dráhy 06/24 a 12/30 jsou kontrolovány každých 4–6 hodin v časových intervalech 3.00–6.00, 7.00–10.00, 12.00–14.00, 17.00–19.00 a 22.00–1.00 h místního času. Při kontrole RWY 06/24 se rovněž sleduje i funkčnost osových návěstidel pojezdových drah pro rychlé odbočení RET (Rapid Exit Taxiway) D a RET L, a to v úseku od osy RWY až po stop-příčku dané TWY.

Se stejnou frekvencí a ve stejných časových intervalech jako RWY jsou prováděny i kontroly pojezdových drah, odbavovací plochy VÝCHOD a OP JIH, při které se kontroluje i OP BELL HELICOPTER a část RWY 04/22. OP SEVER se jako jediná kvůli velkému vytížení kontroluje každé 2 hodiny. V hodinách silného provozu je dokonce doporučen nepřetržitý pobyt dispečera RPP, pokud mu to jeho ostatní pracovní povinnosti dovolují.

Kontrola manipulačních ploch se provádí pouze jednou za 24 hodin, a to kdykoli v průběhu denní směny. Zahrnuje plochy před hangáry A, B, C, E, F a N, prostor pro kompenzování kompasových systémů letadel a zbylou část RWY 04/22, která není kontrolována v rámci OP JIH. [26]

Pravidelné kontroly

Při běžné pravidelné kontrole se dispečer RPP soustředí na stavební stav povrchu ploch, stav vodorovného značení, výskyt cizích předmětů (FOD) a celkovou čistotu povrchu. Dále zkoumá povrch z hlediska meteorologických jevů, které by mohly mít vliv na koeficient tření a snižovat brzdný účinek letadel. Kromě samotné kontrolované plochy je sledován i výskyt nepovolených překážek na okolních plochách, typicky v pásu RWY, v koncové bezpečnostní ploše (RESA) či v předpolí. Pozornost je věnována také technickému stavu ukazatelů směru větru (WDI) poblíž každého konce RWY, a řádnému označení a osvětlení dočasných překážek na letišti. Ve spolupráci s pracovníky Biologické ochrany letiště (BOL) se sleduje také možný výskyt ptáků nebo volně žijících zvířat v blízkosti pohybové plochy. Výsledky běžné kontroly se zapisují do Směnového výkazu činnosti.

Podrobná kontrola pohybové plochy musí být provedena během každé denní směny. Svým rozsahem zahrnuje všechny body běžné kontroly, ke kterým se navíc přidává kontrola viditelnosti a neporušenosti veškerých znaků na ploše. Také se zkouší funkčnost zobrazovacích jednotek parkovacího systému VDGS (Visual Docking Guidance System), kde se sleduje správné zobrazování údajů jak pro obsazené tak neobsazené stání. V některých případech provozní situace neumožní provést podrobnou kontrolu bez přerušení. Dispečer RPP si proto tuto kontrolu může rozdělit do několika dílčích částí, které provede s časovými přestávkami. Žádnou z dílčích kontrol však nesmí delegovat na jiného dispečera. Výsledky této kontroly se zaznamenávají do Checklistu kontroly provozuschopnosti pohybové plochy.

Jedenkrát za směnu je nutné provést kontrolu světelného zabezpečovacího zařízení. Tato kontrola se však provádí prostřednictvím počítačového systému AMS.3, nikoli fyzickou inspekcí osvětlení.

Dispečer RPP je dále povinen provést jedenkrát za měsíc kontrolu překážkových návěstidel na objektech a zařízeních, která jsou umístěna v areálu letiště, ale nejsou v majetku Letiště Praha. Nález nefunkčního překážkového návěstidla zaznamená dispečer do Checklistu kontroly a majiteli příslušného objektu zašle žádost o nápravu stavu. Za funkčnost překážkových návěstidel na objektech v areálu letiště, jejichž vlastníkem je Letiště Praha, zodpovídá organizační jednotka *Elektrozařízení (ELZ)*. [26]

Další pravidelné podrobné inspekce ploch pořádá organizační jednotka *Technická správa nemovitostí (TSN)*. V souladu s postupem "Podrobná pravidelná kontrola stavebně technického stavu pohybových ploch LKPR" se těchto kontrol účastní také dispečer RPP. Inspekce vzletových a přistávacích drah probíhá v intervalu 3 týdny, vždy v době mezi 13.00 a 15.00 h, kdy zpravidla bývá slabší letecký provoz. Průběh kontroly je naplánován tak, aby nebylo nutné blokovat dráhu déle než 2 hodiny. Pojezdové dráhy a odbavovací plochy jsou předmětem podrobné inspekce pouze jedenkrát za rok. Účelem těchto kontrol je včasné zjištění začínajících poruch a sledování vývoje již evidovaných nedostatků povrchu plochy. Výsledky inspekce jsou důležitým podkladem pro následné včasné plánování oprav a investičních akcí, které povedou ke zvýšení bezpečnosti leteckého provozu na LKPR. [26]

Nepřavidelné kontroly

Kromě pravidelných kontrol pohybové plochy jsou prováděny i kontroly nepřavidelné. Ty mohou být uskutečněny na základě žádosti od některé z dalších organizačních složek LP či jiného provozovatele leteckých činností, nebo přímo při podezření dispečera RPP, že došlo ke změně stavu pohybové plochy.

Obyčejně se nepřavidelné kontroly provádějí po opravách či úklidu plochy, nebo při změně povětrnostních podmínek. Rovněž se uskutečňují při vyhlášení Přípravy na provoz za nízkých dohledností a před přiletem státně důležitého letu. Nepřavidelnou kontrolu plochy si může vyžádat také *Úřad pro civilní letectví (ÚCL)* či *Ústav pro odborné zjišťování příčin leteckých nehod (ÚZPLN)*.

Při nepřavidelné kontrole se pozornost soustředí především na konkrétní prvek, který vyvolal podezření, nicméně může být zkontrolována i celá provozní či odbavovací plocha.

Nepřavidelná kontrola však v žádném případě nenahrazuje běžnou ani podrobnou pravidelnou kontrolu. Výsledky inspekce jsou zaznamenány ve Směnovém výkazu činnosti dispečera RPP. [26]

Odstraňování závad

Pokud dispečer RPP při kontrole plochy naleznе závadu nebo shledá stav plochy jako nebezpečný pro letecký provoz, musí provést několik kroků, které zajistí bezpečnost provozu a odstranění závady. Tyto kroky jsou schematicky znázorněny na obrázku 1.



Obrázek 1: Postup při odstraňování závad z pohybové plochy [26]

Prvním krokem je uzavření dotčené části provozní nebo odbavovací plochy. S tím je dle závažnosti závady spojeno omezení nebo úplné zastavení provozu na ploše. O celé situaci tak musí být neprodleně informováno stanoviště ŘLP - Věž, které bude následně směřovat letecký provoz mimo zasaženou plochu.

Pokud je zřejmé, že se závadu nepodaří odstranit v řádu několika minut od jejího zjištění, musí být o provozním omezení dopředu informovány i posádky letadel, které se chystají dané letiště využít. Dispečer RPP za tímto účelem předá *Letecké informační službě (LIS)* ŘLP podklady pro zprávu NOTAM. Jestliže závada na ploše vznikla působením

meteorologických podmínek v zimním období, je dispečer povinen informovat letové posádky o aktuálním stavu vydáním zprávy SNOWTAM.

Dalším krokem je zahájení organizace odstranění závady. Dispečer RPP předá požadavek na odstranění závady na předepsaném formuláři v digitální podobě odbornému útvaru LP, do jehož kompetence oprava spadá. Tím může být podle charakteru závady buď TSN, nebo ELZ. Vyžaduje-li stav plochy urgentní opravu, může vedoucí směny RPP podat žádost i telefonicky. S příslušným útvarem je vždy dohodnut termín odstranění závady a následně koordinován postup při provádění oprav.

Žádost o odstranění závady z pohybové plochy je v kopii odeslána i na pracoviště *Dozor a koordinace provozu terminálů (KPT)*, *Centrální dispečink provozu terminálů (CDP)*, *Bezpečnostní dispečink (BED)* a na společnou e-mailovou adresu inspektorů, kteří se zabývají provozní bezpečností (*SAFETY*). Tímto způsobem jsou uvedené složky informovány o vzniklé situaci a mohou tak přizpůsobit svou činnost provoznímu omezení. Zpráva o odstranění závady je pak rovněž rozeslána i na tyto pracoviště.

Posledním krokem je kontrola plochy po opravě. Při té dispečer RPP fyzicky zkontroluje, že popsaná závada byla odstraněna, a že během opravy nevznikly na ploše jiné závady, které by měly vliv na bezpečnost. Na základě této kontroly rozhodne o opětovném uvedení plochy do provozu. [26]

3.1.4 Zhodnocení současné podoby provádění kontroly ploch

Současná podoba provádění inspekcí pohybové plochy sestává z minimálně pěti běžných a jedné podrobné kontroly denně. Při průměrném počtu 350 pohybů za den tak je vzletová a přistávací dráha zkontrolována zhruba po každém 60. letadle, což z hlediska provozní bezpečnosti není příliš příznivý údaj. Běžné kontroly jsou navíc prováděny pohledem dispečera z vozidla jedoucího značnou rychlostí, a je zde tedy určitý prostor pro přehlédnutí cizího předmětu ležícího na dráze. [28]

Proces kontroly pohybové plochy je možné zlepšit dvěma způsoby. První možností je zvýšení frekvence provádění inspekcí, což však při zachování současné metody naráží na

omezení v podobě hustoty leteckého provozu. Častější kontroly by znamenaly snížení kapacity VPD, která již dnes zejména v letních měsících není dostatečná.

Druhou možností jak zlepšit tento proces je úprava současné metody provádění kontroly tak, aby bylo minimalizováno riziko přehlédnutí FOD. Toho je možné dosáhnout implementací vhodných technologií, které jsou schopny zajistit spolehlivou detekci cizích předmětů na pohybové ploše.

Podrobné kontroly by pak rovněž mohly být prováděny efektivněji. Jak dokládá příklad v kapitole 2.2.3, použitím vhodné technologie lze výrazně zrychlit proces samotné inspekce plochy a tím zkrátit dobu, po kterou musí být daná plocha uzavřena. Také je možné zlepšit způsob dokumentace zjištěných závad a uchovávání záznamů pro pozdější využití.

3.2 Biologická ochrana letiště

Účelem biologické ochrany letiště je snižování atraktivity letiště z hlediska výskytu ptactva a volně žijících zvířat, která by při srážce s letadlem mohla způsobit škody leteckým dopravcům. Prevence střetů letadel s ptáky a jinými divokými zvířaty je vyžadována jednak závazným předpisem *L14*, a dále dobrovolným členstvím v různých sdruženích, například *International Bird Strike Comitee (IBSC)*. [7] [6] [29]

Na letišti Václava Havla Praha je za tímto účelem zřízen tým *Biologická ochrana letiště (BOL)*, který organizačně spadá pod jednotku *Řízení provozu ploch (RPP)*. Činnosti BOL na území LKPR a v přilehlém biologickém ochranném pásmu jsou určeny postupem "*Ochrana letadel před střety s ptáky a volně žijícími zvířaty*". [30]

3.2.1 Pracoviště Biologická ochrana letiště

Činnost pracoviště BOL je organizována manažerem RPP. Ten zodpovídá jak za zaměstnance - sokolníky, tak za materiální vybavení Stanice biologické ochrany letiště, která se nachází v Areálu JIH. Pracovní doba BOL musí pokrývat čas minimálně od východu do západu slunce, typicky pak mezi 6.00 a 18.00 h místního času v zimním období, respektive 5.00 až 21.00 h v letní sezóně.

Vybavení stanice zahrnuje různé druhy dravců vycvičené pro lov a plašení zvěře v prostoru letiště, výstrojní součásti pro tyto dravce a pracovní pomůcky pro sokolníky. Dále musí být stanice vybavena dostatečným množstvím krmiva pro dravce, které musí být čerstvé a z veterinárního hlediska nezávadné. Denní příděl krmiva pro jednoho dravce je přitom 150 až 200 g masa, přičemž se používají jednodenní kuřata vyřazená z líhní, myši či drůbeží hlavy a krky.

Samotné plašení a odchyt zvěře provádí zaměstnanec BOL. Ten musí splňovat určité kvalifikační předpoklady, kterými jsou kromě středoškolského vzdělání a řidičského oprávnění skupiny B také zkoušky spojené s lovem zvěře. Konkrétně jsou vyžadovány myslivecké a sokolnické zkoušky, lovecký lístek a samozřejmě zbrojní průkaz.

Pro výkon biologické ochrany má zaměstnanec BOL k dispozici terénní vozidlo, se kterým se smí pohybovat jak po provozní ploše, tak po nezpevněném povrchu letištního pozemku. Dále je vybaven přenosnou radiostanicí, díky které může koordinovat svou činnost s pracovištěm ŘLP/TWR. Nezbytnou součástí výbavy pracovníka BOL je lovecká zbraň, kterou si při nástupu do směny přebírá od zbrojáře Ostrahy letiště (OLE) a na konci směny ji zase vrací. Lovecké náboje jsou uloženy v trezoru na stanici BOL, odkud je zaměstnanec BOL odebírá a jejich spotřebu zapisuje do evidenční knihy. [30]

3.2.2 Preventivní a průběžná opatření

Preventivní opatření prováděná pracovištěm BOL v souvislosti s biologickou ochranou letiště spočívají v organizaci zemědělských prací v areálu letiště. Ve spolupráci se specialistou z pracoviště Údržba ploch (UPL) zpracovávají zaměstnanci BOL plán činností, který kromě termínů jarních prací či sečení travnatých ploch specifikuje i použité druhy travních směsí v pásech VPD, režim jejich obhospodařování, nebo technologii údržby travnatých ploch. Cílem je nevytvářet podmínky, které by vedly ke zvýšenému výskytu ptáků a další volně žijící zvěře v areálu letiště a především v blízkosti pohybové plochy.

V rámci průběžných opatření zaměstnanci BOL kontrolují a sledují výskyt ptactva a volně žijících zvířat jak přímo v areálu letiště, tak i v blízkosti letištních pozemků. Průběžné

kontroly probíhají kontinuálně v době od východu do západu slunce. Kvůli absenci ptačího radaru však není v silách zaměstnanců monitorovat celý letištní prostor najednou, a tak je sledována vždy jen jeho část.

Kontroly jsou rozděleny na pravidelné a nepravidelné. Zatímco ty pravidelné respektují předem stanovený plán kontrol jednotlivých úseků prostoru letiště, nepravidelné kontroly se provádějí při aktuálním podezření na výskyt zvěře v dané části areálu. Podnět k nepravidelné kontrole nejčastěji přichází z pracoviště ŘLP/TWR, a to buď na základě vlastního pozorování, nebo zprostředkovaně od posádek letadel. Výskyt ptactva a jiné zvěře hlásí zaměstnancům BOL také pracovníci RPP, kteří kontrolují pohybové plochy, a samozřejmě i další zaměstnanci LP či uživatelé letiště, kteří tuto skutečnost zaregistrují.

V případě, že je zjištěn výskyt ptáků nebo volně žijících zvířat v oblasti, kde hrozí konflikt s leteckým provozem, je nutné provést okamžitý zásah přímo na místě. Zásah může mít v zásadě dvě podoby. První z nich je plašení, kdy se zvěř pouze odežene do oblasti, ve které již neohrožuje bezpečnost leteckého provozu. Druhou formou zásahu je odstřel, při kterém je zvěř zabita a následně odstraněna z plochy letiště. Každý zabitý kus musí být identifikován, zapsán do příslušné evidenční knihy a uskladněn v kafilerním boxu na stanici BOL. V případě, že se jednalo o chráněný živočišný druh, musí být jeho ostatky zamrazeny a předány orgánu ochrany přírody. [30]

3.2.3 Způsoby aktivního plašení zvěře

Na letišti Václava Havla Praha je využívána celá řada způsobů, kterými lze aktivně odplašit ptáky a jiná volně žijící zvířata. Jednotlivé možnosti jsou pro přehlednost uvedeny v tabulce 6 a stručně popsány níže.

Tabulka 6: Způsoby aktivního plašení zvěře [30]

Způsob plašení	Cíl
Sokolnický vedený dravec	Jednotliví ptáci i hejna Menší volně žijící zvěř
Lovecký pes	Volně žijící zvěř
Střelba z lovecké zbraně	Jednotliví ptáci i hejna Volně žijící zvěř
Střelba šrapnelů	Ptačí hejna

Nejelegantnějším způsobem plašení je využití sokolnický vedeného dravce. Ten představuje přirozeného nepřitele všech ptáků a mnoha dalších volně žijících zvířat, a jeho pravidelný výskyt v areálu letiště tak snižuje atraktivitu tohoto prostředí pro další zvěř. Letištní dravci jsou cvičeni k lovu pernaté i srstnaté zvěře a případně i k lovu konkrétního druhu kořisti, například jiných, menších dravců.

Dále se k biologické ochraně letiště používají lovečtí psi, převážně kontinentální nebo angličtí ohaři. Zaměstnanci BOL tyto psy cvičí na úroveň podzimních zkoušek ohařů, při kterých pes musí prokázat určité schopnosti. Mezi ty patří aktivní vyhledávání živé zvěře, přičemž ohař na zvěř musí pouze upozornit, nikoli jí štvát. Zkouší se také dohledání střelených kusů, aport, a celková poslušnost psa ve specifickém prostředí letiště.

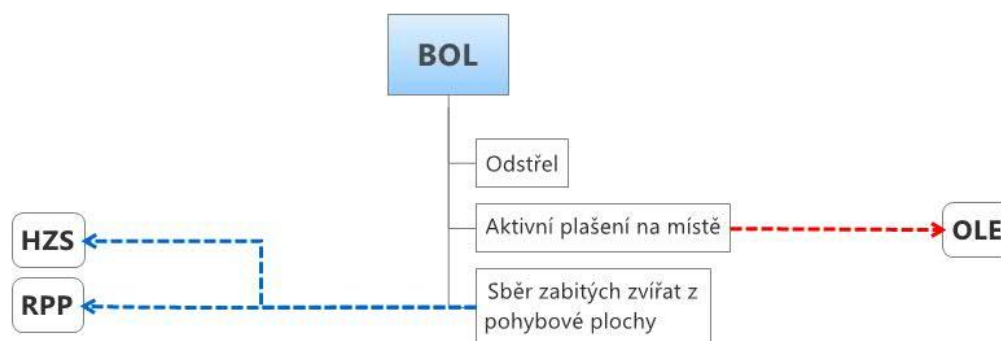
Velmi rychlým a účinným způsobem plašení je střelba z loveckých zbraní. Zbraně lze použít jak proti hejnům, tak proti jednotlivým ptákům, případně dalším zvířatům. Díky vysoké přesnosti lovecké pušky se pracovník BOL může rozhodnout, zda daný kus zastřelí, nebo využije pouze zvukového efektu výstřelu k zaplašení zvěře. Střelbu mohou provádět pouze zaměstnanci BOL, kteří mají platné zbrojní průkazy, lovecké lístky a zákonem požadované pojištění.

Posledním, hojně užívaným způsobem plašení je střelba tzv. šrapnelů, což jsou náboje, které v určitém okamžiku po vystřelení explodují. Při explozi dochází k záblesku a hlasitému zvukovému projevu, který účinně vyplaší celé ptačí hejno. Hlavní předností tohoto způsobu je právě posunutí zdroje zvuku co nejbližší k plašeným ptákům. Šrapnelové náboje však lze použít pouze k plašení, nikoli k lovu.

Pro efektivní výkon biologické ochrany letiště je nezbytné vhodně kombinovat všechny výše uvedené způsoby plašení, včetně občasného odstřelu. Zvěř a především ptáci si totiž mohou na některé metody přivyknout, pokud v nich nevidí bezprostřední ohrožení života. [30]

3.2.4 Spolupráce BOL s ostatními složkami

Pracovní doba BOL je vázána na dobu od východu do západu slunce, tedy na dobu, kdy lze předpokládat aktivitu denních živočichů. Vlivem letištního provozu však může dojít k vyplašení již spící zvěře i po setmění, například při změně dráhy v používání. Pro tyto případy je stanovena spolupráce BOL s dalšími letištními složkami. Rozdělení funkcí mezi konkrétní složky v mimopracovní době BOL je schematicky znázorněno na obrázku 2.



Obrázek 2: Rozdělení funkcí mezi další složky v mimopracovní době BOL

Pracovníci Ostravy letiště (OLE) se na biologické ochraně v denní době obvykle podílí pouze výjimečně na vyžádání zaměstnance BOL. Po skončení pracovní doby BOL však výkon funkce plašení ptáků a další zvěře přechází právě na členy OLE, kteří na pokyn letištní řídicí věže nebo pracoviště RPP provádí zásah v terénu. Plašení může vykonávat pouze proškolený zaměstnanec OLE, a to použitím signální pistole nebo střelbou šrapnelových nábojů.

Úklid zabíjených zvířat z pohybové plochy pak v mimopracovní době BOL provádí zaměstnanci oddělení RPP nebo jemu podřízeného pracoviště *Údržba pohybových ploch (UPL)*. Pakliže ani jedna z těchto složek není schopna v danou chvíli úklid provést, jsou o tento úkol požádáni zaměstnanci Hasičského záchranného sboru (HZS) LP. Ostatky

zvířete jsou uloženy v plastovém pytli a následující ráno jsou předány pracovníkům BOL ve směně. [30]

3.2.5 Zhodnocení současné podoby biologické ochrany

Proces biologické ochrany letiště v současné podobě funguje velmi dobře. Zaměstnanci BOL efektivně využívají všechny metody plašení zvěře a na základě zkušeností a znalosti prostředí dokážou v každé situaci zvolit ten správný prostředek pro zamezení střetu letadel se zvířaty.

Prostor pro zlepšení procesu však existuje, a to především v podobě možnosti monitorovat výskyt a pohyb ptáků a zvěře na plochách přilehlých k areálu letiště i uvnitř perimetru. Právě možnost v krátkém čase ověřit polohu a množství živočichů by zaměstnancům BOL umožnila lépe vyhodnotit situaci a zvolit adekvátní postup. Tím by došlo k úspoře času i materiálních prostředků, a samozřejmě i ke zvýšení bezpečnosti leteckého provozu.

3.3 Ostraha perimetru

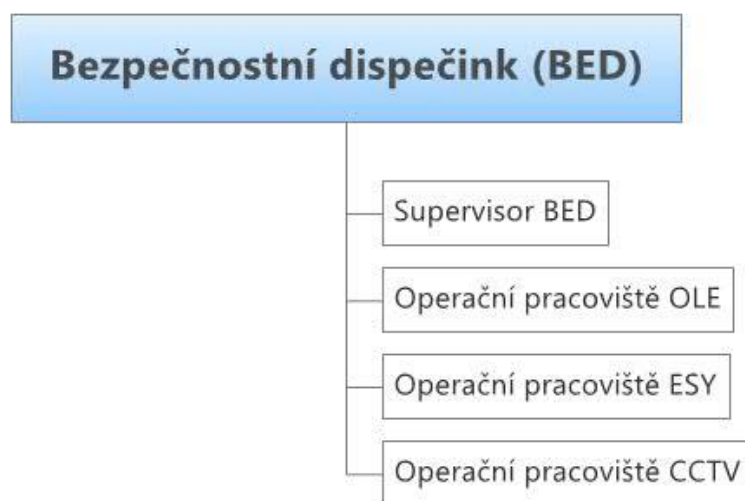
Účelem procesu ostrahy perimetru je zamezit neoprávněnému vstupu osob a pronesení nepovoleného předmětu či látky do vyhrazeného bezpečnostního prostoru letiště (Security Restricted Area, SRA). Toto opatření je nezbytné k naplnění požadavku na zajištění ochrany civilního letectví před protiprávními činy a ochrany osob a majetku, které provozovateli letiště ukládají předpisy L14 a L17. [7] [31]

3.3.1 Ostraha letiště (OLE)

Na Letišti Václava Havla Praha zodpovídá za ochranu civilního letectví před protiprávními činy organizační jednotka *Ostraha letiště (OLE)*. Tato jednotka zastává funkci řízení programů a plánování strategie pro ochranu letiště, ochranu majetku a osob na letišti, a ostrahu vyhrazeného bezpečnostního prostoru letiště včetně ostrahy perimetru. Dále zodpovídá za organizaci bezpečnostních kontrol a ověření oprávněnosti vstupu osob a vozidel před jejich vstupem do zóny SRA služebními vchody a vjezdovými vrátnicemi.

Úkoly spojené s ochranou letiště jsou realizovány bezpečnostními pracovníky jednotky *Provoz ostrahy letiště (POL)*, která je organizačně podřízena jednotce OLE. Pracovníci POL tak fyzicky vykonávají bezpečnostní kontroly osob a vozidel před jejich vstupem do SRA zóny na služebních vchodech a vjezdových vrátnicích, přičemž hlídají i oprávněnost vstupu. Kontrolou procházejí také veškeré letištní a palubní zásilky, náklad, pošta a další věci vnášené do SRA. Zaměstnanci POL jsou rovněž zodpovědní za bezpečnostní kontroly a ostrahu letadel, ochranu osob a ostrahu majetku externích subjektů působících na letišti. Dále pak provádějí hlídkovou činnost v areálu letiště a kontrolují dodržování předpisů a bezpečnostních postupů uvnitř budov i na odbavovacích plochách, a hlídají dodržování dopravního řádu v neveřejné části letiště. [32]

Činnost pracovníků OLE je řízena a koordinována dispečerem OLE, který je fyzicky přítomen na Bezpečnostním dispečinku (BED). BED je bezpečnostním centrem, do kterého jsou soustředěny výstupy ze všech systémů a složek, které se podílí na zajištění security, tedy ochrany před protiprávními činy. Struktura BED je znázorněna na obrázku 3.



Kromě dispečera OLE je na Bezpečnostním dispečinku umístěno pracoviště Elektronických systémů (ESY), jehož pracovník dohlíží na provozuschopnost prvků bezpečnostních systémů, jako jsou rentgeny, kamery, nebo rozhlas. Dále jsou zde operátoři kamerových systémů (CCTV), kteří vyhodnocují záznamy z bezpečnostních kamer v celém areálu letiště. Rovněž je zde přítomen příslušník Policie ČR, který zabezpečuje

součinnost bezpečnostních složek Letiště Praha s operačním střediskem PČR, sídlícím v terminálu letiště. Dohled nad výše zmíněnými pracovišti a jejich koordinaci při řešení událostí pak provádí Supervisor BED. [33]

3.3.2 Vymezení perimetru

Perimetr letiště je vymezen obvodovými zdmi budov a oplocením, které slouží jako fyzická bariéra zabráňující svévolnému vstupu osob a zvířat do areálu letiště. Zatímco budovy tvoří díky své výšce a častému pohybu osob jen obtížně překonatelnou překážku, oplocení představuje z hlediska neoprávněného průniku mnohem větší bezpečnostní riziko. Proto je jeho stav pravidelně sledován a případné poškození musí být ihned nahlášeno a neprodleně opraveno.

Oplocení areálu LKPR má celkovou délku 27 km, přičemž 24 km tvoří oplocení pletivové a zbylé 3 km představují betonové a dřevěné panely. Každý typ oplocení je na vrchní straně osazen bavolety ve tvaru písmene Y, mezi kterými jsou nataženy ostnaté dráty. Na těchto drátech je navíc namotána válcová spirála tvořená ostnatým a žiletkovým drátem. Oplocení dosahuje celkové výšky 2,6 m. [34]

3.3.3 Způsoby provádění ostrahy perimetru

Základním prvkem pro ochranu perimetru je právě oplocení, jehož stav je nutné pravidelně kontrolovat a udržovat. Za jeho údržbu a opravy je zodpovědná organizační jednotka Technická správa nemovitostí (TSN). Technici TSN provádějí pravidelnou kontrolu plotu v celé jeho délce čtyřikrát za rok, přičemž věnují pozornost především celistvosti oplocení a výskytu koroze. Během prohlídky je pořizována fotodokumentace, která následně slouží pro přípravu prací údržby a oprav.

Stav oplocení je sledován i pracovníky dalších organizačních jednotek, které v jeho blízkosti působí. Kromě zaměstnanců OLE, kteří provádějí pochůzky podél perimetru, sledují stav plotu i pracovníci Údržby ploch (UPL). Ti jsou mimo jiné zodpovědní i za údržbu ploch, které k oplocení přiléhají, a to jak na vnitřní, tak na vnější straně perimetru. [34]

Ostraha perimetru je na letišti Václava Havla Praha zajišťována několika vzájemně nezávislými způsoby. Patří mezi ně kontrolní a hlídková činnost pracovníků OLE, sledování perimetru kamerovým systémem a radarová detekce pohybujících se objektů v blízkosti oplocení a uvnitř areálu. Vzhledem k citlivosti tohoto tématu není možné jednotlivé způsoby detailně analyzovat. Pro účely této práce však budou alespoň částečně přiblíženy na základě obecně dostupných informací.

Nejdůležitější roli při ostraze perimetru představují pracovníci OLE. Ti jsou přítomni na služebních vchodech a vjezdových vrátnicích mimo terminály, a také provádějí hlídkovou činnost podél oplocení. Zastávají tak funkci preventivní, kdy svou přítomností odrazují potenciální narušitele od pokusu neoprávněně proniknout do vyhrazené bezpečnostní zóny letiště. Zároveň však jsou i výkonným prvkem, který je zodpovědný za zneškodnění narušitele, který do SRA vnikl, nebo se o to pokouší. [32]

Perimetr je dále střežen kamerovým systémem, který nepřetržitě sleduje oplocení areálu. Využívány jsou jak klasické optické kamery pro použití za denního světla, tak termokamery od společnosti *FLIR Systems, Inc*, které poskytují jasný obraz o situaci i za tmy nebo při nepříznivých meteorologických podmínkách. K dispozici je i software schopný automaticky detekovat možného narušitele, který se příliš přiblížil k oplocení. V takovém případě je obraz z příslušné kamery zobrazen operátorovi kamerového systému, který vyhodnotí závažnost situace a přijme adekvátní opatření. [35] [36]

Spolu s kamerovým systémem je na letišti využíván i pozemní přehledový radar pro detekci pohybujících se objektů. Jedná se o primární radar pracující v pásmu *Ku*, typicky na frekvencích 15,7 – 17,7 GHz. Přijatý analogový signál je následně digitálně zpracován a po redukci šumu jsou informace poskytnuty operátorovi. Ten má k dispozici přesnou pozici cíle určenou úhlem a vzdáleností objektu od radarového přijímače, a také dráhu pohybu složenou z dříve zaznamenaných pozic. Zobrazované cíle lze přitom filtrovat například přednastavením požadované velikosti objektu tak, aby nedocházelo k detekci ptáků přelétajících plot. [37]

3.3.4 Zhodnocení současné podoby ostrahy perimetru

Současná podoba provádění ostrahy perimetru je zcela dostačující pro zamezení neoprávněnému vstupu osob a pronesení nepovoleného předmětu či látky do vyhrazeného bezpečnostního prostoru letiště ve smyslu ochrany civilního letectví před protiprávními činy. Způsob provedení oplocení i četnost hlídek pracovníků OLE plně reflektují míru bezpečnostního rizika, a spolu s kamerovým systémem a pozemním radarem zajišťují velmi vysokou úroveň zabezpečení letiště.

S technickým pokrokem však přichází i nové způsoby, jak narušit perimetr. Bohužel, ne vždy lze takovým hrozbám čelit použitím stávajících prostředků, a tak je nezbytné zavádět nové technologie i do bezpečnostního modelu letiště.

Reálnou hrozbu, proti které se letiště zatím nedokáže efektivně bránit, představují bezpilotní prostředky. Ty již dnes narušují bezpečnost letového provozu, i když zatím naštěstí nejde o cílené útoky, ale pouze o neúmyslnou chybu operátora, který nezná příslušné zákony. Letiště však v takovou chvíli nemůže dělat nic jiného, než zastavit provoz a povolát hlídku PČR, aby operátora vypátrala a jeho činnost zastavila, což však může trvat i několik desítek minut.

Do budoucna by proto bylo vhodné implementovat technologii, která by umožňovala rychlou lokalizaci bezpilotního stroje i za hranicí perimetru letiště. Dalším krokem by bylo pořízení prostředků, které tomuto stroji nedovolí pokračovat v letu a v ideálním případě ho donutí bezpečně přistát na vhodném místě.

4 Zhodnocení možností pro implementaci RPAS do procesů

V této kapitole budou zhodnoceny možnosti využití bezpilotních prostředků ve výše popsaných letištních procesech. Na základě rozboru jednotlivých procesů bude zvážena využitelnost RPAS pro plnění konkrétních úkolů, s čímž souvisí i výběr vhodného typu prostředku. Dále budou ve stručnosti popsány způsoby, jakými by dané úkoly mohly být prováděny. K tomu se vážou požadavky na technické parametry bezpilotních strojů, jejich palubní vybavení, pozemní infrastrukturu a potřebné zázemí. Také vyjdou najevo případná provozní omezení RPAS, od kterých se odvíjí celková smysluplnost zařazení těchto prostředků do provozu.

4.1 Využití RPAS při kontrole ploch

Jak dokládá příklad z praxe v kapitole 2.2.3, bezpilotní prostředky lze s úspěchem použít pro podrobnou kontrolu letištních ploch. Způsob, jakým by se taková inspekce mohla provádět na pražském letišti, se principiálně shoduje s metodou použitou v již zmíněných případech z Německa. Možnost využití RPAS pro kontrolu ploch se tak může jevit jako snadná a vyzkoušená záležitost, avšak ve skutečnosti jejich začlenění do procesu není vůbec jednoduché. Každé letiště je totiž specifické, ať už svým stavebním řešením, skladbou provozu, nebo klimatickými podmínkami danými zeměpisnou polohou. A právě výše uvedená německá letiště, na kterých probíhalo testování produktu firmy Airsight, byla vybrána s ohledem na nízké vytížení kontrolovaných ploch, což patrně přispělo k získání souhlasu od příslušných úřadů.

Letiště Hamburg Finkenwerder, na kterém byla pomocí bezpilotního stroje kontrolována odbavovací plocha, slouží jako tovární letiště pro montáž, testování a prodej letounů Airbus. Na hlavní odbavovací ploše tak nejsou odbavovány žádné komerční lety, ale pouze korporátní charterové lety pro převoz zaměstnanců firmy mezi Hamburkem a výrobním závodem na letišti v Toulouse. Tyto lety jsou však uskutečňovány v řádu jednotek za den. Odbavovací plocha je tak využívána především pro parkování nově vyrobených letounů rodiny Airbus A320 do doby, než dojde k jejich předání zákazníkovi. Provoz na odbavovací ploše je tedy velmi malý v porovnání s mezinárodním letištem odbavujícím komerční linky, a poskytuje mnohem příznivější podmínky pro ukázkou nového způsobu inspekce plochy pomocí RPAS.

Obdobně tomu bylo i v případě kontroly pojezdové dráhy na nově budovaném letišti Berlín Brandenburg. Tam byly podmínky pro zkoušku nové metody inspekce ještě příznivější, neboť se RPAS pohyboval v části letiště, která je pro letecký provoz uzavřena, a tak byla vyloučeno nebezpečí konfliktu stroje s dopravním letadlem.

Přesto oba tyto případy znamenají značný posun vpřed v problematice provozu bezpilotních strojů v areálu letiště, neboť dokazují, že lze těmito prostředky zefektivnit některé stávající procesy, byť zatím pod podmínkou přijetí určitých bezpečnostních opatření a získání legislativní výjimky. Tato práce se však zabývá implementací RPAS do letištních procesů z čistě provozního pohledu, a proto bude odhlédnuto od oblasti zákonů a udílení výjimek.

4.1.1 Technologické vybavení pro kontrolu ploch

Při běžné pravidelné kontrole je sledována především přítomnost nežádoucích předmětů (FOD) na ploše a výskyt větších trhlin a výtluků v povrchu. V současné době tuto prohlídku provádí dispečer RPP pohledem z jedoucího vozidla. Odhalení závady na ploše tak závisí pouze na dobrém zraku a koncentraci dispečera. Přestože jsou pracovníci RPP na tuto činnost trénováni, je zde patrný nemalý prostor pro chybu, tedy neodhalení závady.

Riziko vzroste především pokud se sejdou špatné podmínky. Ty může představovat hustý provoz, nutící dispečera k jízdě po ploše zvýšenou rychlostí, déšť a voda na ploše zhoršující přehled o stavu povrchu a únava dispečera, který je před koncem směny a vykonává již několikátou prohlídku. Nebezpečným předmětem přitom může být i část úzké kovové lamely, která by z pohledu dispečera byla špatně viditelná i za příznivých meteorologických podmínek. Jak již bylo zmíněno v kapitole 3.1.4, je vhodné nahradit stávající způsob kontroly jiným, méně náchylným k chybě.

Bezpilotní prostředek by tuto kontrolu mohl provádět několika způsoby. K detekci cizích předmětů na povrchu plochy může být využita palubní optická kamera, radar nebo laserový skener. Principy a vhodnost použití navržených možností jsou stručně popsány v následujících odstavcích.

Palubní kamera

Tato metoda by využívala optické kamery, umístěné na palubě bezpilotního prostředku. Kamera by během letu nad kontrolovanou plochou zaznamenávala obraz, který by byl v reálném čase přenášén na dispečerské pracoviště, kde by byl vyhodnocován. Sekvence snímků by přitom mohla být omezena tak, že by výstupem nebyl kontinuální obraz, ale série na sebe navazujících fotografií. Každý snímek by byl vybaven značkou s GPS pozicí, aby bylo možné snadno dohledat místo, ve kterém byl detekován cizí předmět.

První fázi vyhodnocení by mohl provést software, který by byl naprogramován pro automatické rozpoznávání cizích předmětů na ploše a detekci poruch povrchu přesahujících předem stanovené rozměry. Místa s podezřelým stavem plochy by byla zvýrazněna například červeným orámováním tak, aby je dispečer při sledování obrazu na monitoru nepřehlédl a věnoval jim patřičnou pozornost. Záznam z kamery by byl navíc ukládán pro potřeby opětovného zhlédnutí.

Tento způsob je ve srovnání s ostatními možnostmi jednoduchý a nejméně náročný na palubní vybavení. Jeho použití má však svá úskalí. V první řadě by bylo nutné zabezpečit bezdrátový přenos obrazu v dostatečně vysokém rozlišení mezi bezpilotním prostředkem a dispečinkem. Přenos značného objemu dat by mohl být vyřešen zřízením lokální sítě, ovšem ta by pravděpodobně nepokryla celý areál. Aby bylo možné přenášet obraz i z odlehlých částí letiště, bylo by nutné v těchto místech vybudovat stanice, které by ve svém okolí poskytovaly bezdrátovou síť a zároveň byly propojeny s dispečerským pracovištěm kabelovým vedením.

Další omezení pro tuto technologii představují rozdílné povětrnostní podmínky. Konstrukce RPAS sice již umožňuje jejich provoz za deště i silného větru a řeší i umístění kamery tak, aby nedocházelo k zakrytí objektivu kapkami vody. Problém by však představoval systém automatického vyhodnocení obrazu, který by byl zmaten různými světelnými odlesky mokré plochy a nejspíš také světlými a tmavými obrazci, které vznikají při vysychání povrchu. Software by tak pravděpodobně musel být preventivně vypnut, aby nezahlocoval dispečera detekcí falešných závad. Dispečer sám by však měl být schopen záznam vyhodnotit.

Nenáročnost této metody na palubní vybavení by přestala platit v okamžiku, kdy by se počítalo s jejím využitím i v nočních hodinách. Samotná optická kamera by totiž v provozu za tmy byla zcela nepoužitelná a osazení RPAS světelnými diodami pro osvětlení scény by nezanedbatelně zvýšilo spotřebu elektrické energie, čímž by došlo k omezení doby letu. Jedinou možností tak je výměna optické kamery za kameru s nočním viděním. Takové vybavení, které by disponovalo potřebným rozlišením obrazu, se však pohybuje ve zcela jiné cenové kategorii.

Palubní radar

Jinou, poněkud složitější možností, jak kontrolovat stav povrchu plochy, je využití radaru. Ty se již dnes na některých letištích k detekci FOD využívají, ale vzhledem k svým rozměrům jsou umístěny staticky. Příkladem může být produkt *Tarsier* od firmy *QinetiQ Group plc* (obrázek 4). Koherentní radar v tomto případě vysílá frekvenčně modulovaný kontinuální signál na nosné frekvenci 94 GHz, a je schopen detekovat předměty o velikosti 0,3 m na vzdálenost 2 km. Obraz cizích předmětů je po zaměření radarem zachycen kamerou s denním nebo nočním viděním a následně zobrazen operátorovi. [38] [39]



Obrázek 4: Statický radar *Tarsier* pro detekci FOD [38]

Obdobné, avšak mobilní řešení nabízí společnost *Trex Enterprises* jako *FOD Finder* (obrázek 5). V tomto případě je radar umístěn na střeše automobilu, který jede po kontrolované ploše rychlostí 50 km/h (13,5 m/s), a detekuje výtlučky či FOD na vzdálenost do 200 m před vozidlem. Stejně jako v předchozím příkladě je i zde využívána kamera pro pořízení obrazu a technologie umožňuje použití ve dne i v noci a v jakémkoli počasí. [40]



Obrázek 5: Vozidlo vybavené systémem *FOD Finder* a zařízením pro sběr předmětů z plochy [41]

Stejný typ radaru vysílajícího milimetrové vlny by ve zmenšeném měřítku bylo možné instalovat i na palubu bezpilotního prostředku. Jeho výkon by přitom mohl být nižší než v případě *FOD Finderu*, neboť by plochu snímal z větší výšky, pod větším úhlem a tedy na kratší vzdálenost. Problém by však mohl nastat s pořizováním obrazu detekovaných předmětů. Radar v kombinaci s kamerami pro denní i noční vidění by pro RPAS nejspíš znamenal příliš vysokou zátěž, a tak by bylo nutné kamery měnit v závislosti na světelných podmínkách. I tak by byla váha palubního vybavení největším omezením této metody a výrazně by omezila výdrž stroje v letu. Snímky z kamery by pak opět byly vybaveny přesnou GPS pozicí pro snadnou lokalizaci FOD.

Laserový skener

Alternativou k palubnímu radaru může být laserový skener. Princip jeho činnosti by byl v podstatě stejný, jako u průmyslových skenerů používaných pro měření nerovností a vad v povrchu různých výrobků. Rozdíl je pouze ve vzdálenosti měřicího zařízení od

zkoumané plochy, která by namísto desítek centimetrů mohla být 10 až 20 m. Tomu však odpovídá i požadované rozlišení, které by bylo v řádu jednotek centimetrů, místo dnes běžně dosahovaných setin milimetru. [42]

Skener by tak byl schopen detekovat nerovnosti na ploše v podobě volných předmětů nebo trhlin v povrchu. Pokud by byla zaznamenána nerovnost větší, než kolik dovoluje nastavený limit, byl by na tuto skutečnost upozorněn dispečer, jehož úkolem by bylo sjednat nápravu. Poloha zjištěné závady by stejně jako v předchozích případech byla určena GPS souřadnicemi z palubního přijímače.

Opět by však bylo nutné vyřešit způsob, jakým by byl pořízen obraz zjištěné závady na ploše. Kromě již zmíněného pořízení snímku palubní kamerou tato metoda nabízí i jiné řešení, a sice vytvoření virtuálního plastického modelu na základě dat, která skener naměřil. Model by sice neměl texturu odpovídající skutečné závadě na ploše, nicméně by dispečerovi umožnil získat představu o tom, zda se jedná o FOD nebo o poruchu v povrchu. Také by vypovídal o rozměrech závady ve všech třech dimenzích a poskytoval by i informaci o tvaru a ostrosti jejích hran.

Použití laserového skeneru by však bylo omezeno meteorologickými podmínkami. Na rozdíl od radarových vln by totiž docházelo k lomu laserového paprsku při průchodu vodními kapkami a skener by tak nemohl pracovat správně. Použití za tmy by pro tuto metodu nepředstavovalo žádný problém, obzvláště v kombinaci s hlášením závad dispečerovi pomocí jejich 3D modelů.

4.1.2 Způsob začlenění RPAS do letištního provozu

Pro účel kontroly pohybových ploch by bezpilotní prostředek musel létat přímo nad těmito plochami. Jeho provoz by bylo nutné rozvrhnout tak, aby bylo zajištěno, že nedojde ke kolizi s dopravními letadly, která letiště využívají. Vzhledem k manévrovacím schopnostem a možnosti kolmého vzletu i přistání na jakékoli volné ploše se jako nejvhodnější pro použití v letištním prostředí jeví stroj typu multikoptéra. Výběru vhodného typu stroje bude věnována kapitola 5.4.2.

Činnost RPAS by tedy musela být řízena operativně vždy v závislosti na aktuálním leteckém provozu. To by se neobešlo bez koordinace se službou Řízení letového provozu, se kterou dispečerů RPP komunikují i dnes. Operátor RPAS by navíc mohl mít k dispozici obraz z pozemního radaru A-SMGCS a ze sekundárního radaru poskytujícího přehled o letounech ve fázi přiblížení. Na základě těchto informací by pak operátor vyhodnocoval mezery v provozu, během kterých by RPAS po domluvě s ŘLP provedl kontrolu plochy.

Samotný let bezpilotního prostředku by pak mohl být veden po předem definované trase automaticky pomocí palubního navigačního systému, využívajícího systém GNSS. Na průběh letu by samozřejmě dohlížel operátor, který by na obrazovce ovládacího panelu viděl nejen přesnou polohu stroje na mapě letiště, ale také jeho rychlost, výšku a směr letu.

I v případě vybavení RPAS radarem nebo laserovým skenerem pro kontrolu povrchu plochy by bylo nutné snímat obraz palubní kamerou, aby byl operátor schopen včas odhalit neočekávanou překážku v cestě. V takové situaci by do průběhu letu zasáhl manuální změnou rychlosti, výšky nebo směru letu, případně by se strojem na bezpečném místě přistál.

Pracoviště operátora by mohlo být umístěno uvnitř terminálu, například na dispečinku RPP. Pro RPAS by v tomto případě bylo nutné zřídit základnu s plochou pro jeho automatický vzlet a přistání. Na základně by pak mohl být přítomen další pracovník, který by prováděl údržbu bezpilotního stroje.

Další možností je ovládat RPAS prostřednictvím mobilního ovládacího pultu přímo v terénu, kam by jej operátor dopravil automobilem i s veškerým potřebným vybavením. Stroj by pak vždy startoval v blízkosti kontrované plochy, čímž by byl ušetřen čas i elektrická energie spotřebovaná při přeletu nad plochami, které nejsou předmětem kontroly.

4.1.3 Využití RPAS pro konkrétní typy inspekcí

Při analýze procesu kontroly ploch bylo zmíněno několik typů pravidelně prováděných inspekcí (viz. Tabulka 4). V následujících odstavcích budou zhodnoceny možnosti využití RPAS pro jednotlivé typy kontrol.

Běžná pravidelná kontrola

Běžné pravidelné kontroly jsou prováděny v denních i nočních hodinách (viz. Tabulka 5). Záleželo by tedy na zvoleném technologickém vybavení RPAS, zda by bylo možné jeho využití i po západu slunce, nebo by byl jeho provoz omezen pouze na denní dobu. To samé platí pro použití za zhoršených meteorologických podmínek.

Inspekce provozních ploch, především vzletové a přistávací dráhy, musí být prováděna v co nejkratším možném čase, aby nebyl ovlivněn letecký provoz. RWY 06/24 má délku 3715 m, a dispečer tuto dráhu zkontroluje přibližně za 2 min 15 s, pokud pojede průměrnou rychlostí 100 km/h (27,8 m/s). Bezpilotní prostředek by však při inspekci dosahoval mnohem nižší rychlosti, typicky do 10 m/s, a doba potřebná pro kontrolu dráhy by se tak prodloužila na více než 6 minut, což není žádoucí.

Odbavovací plocha SEVER je nyní vzhledem k jejímu vysokému vytížení kontrolována každé dvě hodiny a ve špičce dokonce nepřetržitě. Časté pohyby letadel a množství manipulační techniky potřebné k jejich technickému odbavení představují spolu se stísněným manévrovacím prostorem značně nevhodné prostředí pro provoz bezpilotního stroje. Jeho nasazení v těchto podmínkách by tak nebylo bezpečné.

Odbavovací plochy VÝCHOD a JIH však bývají vytíženy mnohem méně, a proto by jejich povrch mohl být kontrolován bezpilotním prostředkem alespoň v místech, kde nestojí letadla. Právě kvůli přítomnosti letadel by však tento proces nebylo možné automatizovat, a RPAS by během letu musel být manuálně ovládán operátorem. Pro zajištění maximální bezpečnosti by rovněž bylo vhodné, aby se operátor během kontroly fyzicky nacházel v blízkosti dané plochy a měl svůj stroj po celou dobu v přímém dohledu. V takové podobě by však inspekce trvala delší dobu, než když je provedena současným způsobem, a dispečerův čas by tak nebyl využit efektivně.

Podrobná kontrola

Podrobná kontrola se provádí pouze jednou za směnu, typicky v denních hodinách a mimo špičku. Na inspekci je vymezen delší časový úsek než v případě běžných kontrol, a navíc je možné rozložit prohlídku do více částí. Podmínky pro použití bezpilotního prostředku

jsou tedy mnohem příznivější. Jediné omezení by mohla představovat meteorologická situace, ovšem její vliv lze minimalizovat výběrem vhodné technologie.

Charakteru prohlídky, kdy se povrch plochy zkoumá s větší pečlivostí, pak lépe odpovídá i vysoká rozlišovací schopnost metody inspekce pomocí RPAS. Bezpilotní stroj by tentokrát prohlédl plochu rychleji a se stejnou či větší přesností než dispečer RPP, který se pohybuje pěšky.

Vzhledem k tomu, že se tato kontrola zaměřuje i na stav veškerého značení na ploše, nepřipadá v úvahu použití radaru ani laserového skeneru. Pravděpodobně by nebylo možné ani ověření správné funkce vizuálního navigačního systému VDGS. Povrch odbavovací plochy SEVER by však mohl být zkontrolován díky možnosti rozdělit inspekci na několik úseků, jejichž prohlídky lze naplánovat na dobu, kdy se na nich nenachází žádná letadla.

Kontrola SZZ

Světelné zabezpečovací zařízení je již dnes kontrolováno z dispečinku prostřednictvím počítače díky použití redundantního systému. Ověřování správné funkce SZZ pomocí bezpilotního prostředku vybaveného optickým zařízením pro přenos obrazu by tak mělo smysl pouze v případě výpadku tohoto systému.

Podrobná pravidelná kontrola (TSN)

Podrobná kontrola stavu pohybových ploch, kterou organizuje Technická správa nemovitostí, se provádí zhruba jednou za tři týdny. Jedná se o nejdůkladnější inspekci povrchu ploch, jaká se na letišti provádí. A právě svým rozsahem a důležitostí umožňuje naplno využít potenciál metody kontroly pomocí RPAS.

Veškerým omezením, která by bránila v použití bezpilotního prostředku, se lze vyhnout vhodným plánováním. Vzhledem k intervalu, v jakém se tato prohlídka provádí, je do jisté míry možné vybrat takový termín, který by vyhovoval z pohledu povětrnostních podmínek. Metoda však umožňuje nasazení RPAS i v dešti, pokud by nebylo možné vybraný termín změnit. Inspekce probíhá výhradně za denního světla a kontrolovaná plocha je po dobu inspekce zcela uzavřena pro veškerý provoz, čímž je vyloučeno riziko konfliktu stroje s letadly.

Nejvhodnějším nástrojem pro tento typ kontroly by byl palubní fotoaparát, použitý stejným způsobem, jako v případě inspekci provedených společnostmi *airsight* (viz. kapitola 2.2.3). Tato metoda totiž oproti současné podobě inspekce umožňuje nasnímat povrch plochy ve velmi krátkém čase, čímž zásadně zkracuje dobu uzavření plochy. Stav povrchu je následně vyhodnocován v prostředí dispečinku a pořízená dokumentace umožňuje snadné a přesné porovnání se záznamy z dřívějších inspekci. [16]

4.1.4 Shrnutí

Z výše popsaných možností využití bezpilotního prostředku pro kontrolu stavu povrchu pohybových ploch vyplynula jistá provozní omezení, která se liší v závislosti na použitém technologickém vybavení stroje. Tato omezení, uvedená v tabulce 7, se týkají denní doby a meteorologických podmínek.

Tabulka 7: Srovnání provozních omezení v závislosti na použitém vybavení

	Optická kamera	Radar	Laserový skener
Použití ve dne	Ano	Ano	Ano
Použití v noci	Ne	Ano	Ano
Použití za snížené viditelnosti	Ne	Ano	Ano
Použití v dešti	Ano	Ano	Ne

Ze srovnání je patrné, že nejširší možnost použití nabízí palubní radar. Ten je však nutné doplnit kamerami pro pořízení snímku zjištěného FOD. Tento způsob kontroly by byl nejvhodnější pro provádění běžných kontrol, neboť jde o zcela spolehlivou metodu automatické detekce cizích předmětů, která nevyžaduje vysokou soustředěnost operátora. Riziko přehlédnutí nebezpečného předmětu by tak bylo eliminováno, ovšem za cenu prodloužení doby potřebné pro kontrolu plochy, zejména v případě inspekce vzletové a přistávací dráhy.

Pro podrobné kontroly se jako nevhodnější jeví způsob využívající optickou kameru nebo fotoaparát. Tyto inspekce jsou prováděny za denního světla, čímž odpadá potřeba dalšího palubního vybavení. Metoda je dostatečně přesná a výstupem kontroly může být celkový

obraz plochy zachycující všechny její části, nikoli pouze zjištěné závady. Takový podklad může být použit pro dlouhodobé sledování stavu ploch a včasné plánování jejich údržby a oprav.

At' už by bylo vybráno jakékoli palubní vybavení, nález FOD by v každém případě znamenal výjezd pracovníka, který by cizí předmět z plochy odstranil. Oproti současnému stavu, kdy tuto činnost často vykoná sám dispečer RPP, který provádí kontrolu, by tak došlo k prodloužení doby, po kterou daná plocha nemůže být využívána pro letecký provoz. Přínos v oblasti provozní bezpečnosti by však měl tuto skutečnost převážít.

4.2 Využití RPAS při biologické ochraně letiště

Jak bylo řečeno v kapitole 3.2.3, proces biologické ochrany letiště zahrnuje celou řadu způsobů plašení ptáků a další volně žijící zvěře. Pro úspěšnou ochranu letadel před střety se zvěří je přitom klíčové všechny tyto způsoby vhodně kombinovat. Je tedy jasné, že by bezpilotní prostředek mohl soužit pouze jako doplněk ke stávajícím metodám plašení, nikoli jako jejich náhrada.

Některé společnosti již dnes nabízejí RPAS vytvořené přímo pro účely biologické ochrany nejen letištního prostředí. Příkladem může být nizozemská firma *Clear Flight Solutions*, která nabízí produkt *Robird*. Tento bezpilotní stroj svým vzhledem, tvarem i způsobem letu připomíná skutečného ptáka, přičemž na výběr jsou zatím dvě varianty, sokol a orel. Právě díky podobnosti těchto strojů s jejich živými předlohami lze podle výrobce zaplašit jiné ptačí druhy a pravidelnými lety podél perimetru chráněného areálu naučit ostatní ptáky, aby se tomuto prostoru vyhýbali. [43]

Tento způsob provedení bezpilotního prostředku má však jistá provozní omezení. Vzhledem ke své konstrukci totiž není schopen nést další palubní vybavení jako je kamera nebo akustické plašící zařízení. Vzlak je navíc vyvozován mávajícím křídly, která neumožňují setrvání stroje ve visu, tedy let s nulovou dopřednou rychlostí. Právě schopnost visu a možnost použití různého palubního vybavení však patří mezi největší výhody RPAS při použití v prostředí letiště. Proto se opět jeví jako nejvhodnější prostředek typu multikoptéra (viz. kapitola 5.4.2).

4.2.1 Technologické vybavení pro biologickou ochranu

Protože multikoptéra není schopna plašit ptáky svým vzhledem, bylo by nutné umístit na palubu plašící zařízení. Obdobně jako statické plašiče, používané na některých letištích, by i tento přístroj využíval digitálně nahraných zvukových záznamů různých ptačích hlasů. Obecně lze použít jak hlasy dravců, kteří jsou přirozenými nepřáteli menších druhů ptáků, tak i tíšňová volání ohrožených jedinců.

Ptačí komunikace probíhá na vysokých frekvencích zasahujících až do oblasti ultrazvuku, čímž se dostává mimo slyšitelnou oblast člověka. Dopad na obyvatele žijící v blízkosti letiště by tak byl pouze mírný. Dosah plašiče v tomto frekvenčním spektru je navíc značně omezený, typicky jen na několik desítek metrů, a tak by k zasažení obydlených oblastí nejspíš vůbec nedocházelo. [44]

Kromě samotného plašení by však bezpilotní prostředek mohl plnit i další úkol, a sice monitorování výskytu ptactva a zvěře na plochách uvnitř i vně perimetru. Protože se činnost BOL omezuje pouze na denní dobu, stačilo by vybavit RPAS palubní kamerou pro denní použití, například s 4k rozlišením. Obraz by byl v reálném čase přenášen na stanoviště operátora a pracovník BOL by tak měl k dispozici aktuální informace, na základě kterých by zvolil další postup. Bylo by však vhodné, aby bezpilotní stroj mohly využívat i jiné letištní složky, a to pro potřeby lokalizace zvěře uvnitř perimetru v nočních hodinách. K těmto účelům by byla denní kamera vyměněna za infrakameru.

Použití RPAS v tomto případě nevyžaduje příliš složité palubní vybavení a jeho nasazení tak není omezeno téměř žádnými meteorologickými podmínkami. Výjimku představují silné bouře, kdy by hrozil zásah bleskem nebo zničení stroje krupobitím, a hustá mlha, při které by operátor neměl vizuální kontakt s RPAS. V takových podmínkách však obvykle zvěř nebývá aktivní a služby BOL tak nejsou potřeba.

4.2.2 Způsob začlenění RPAS do letištního provozu

RPAS určený pro biologickou ochranu letiště by mohl mít základnu přímo na stanici BOL, případně na centrální základně pro bezpilotní prostředky, pokud by se počítalo s jejich

širším využitím. Plně automatický let, který by tuto základnu vyžadoval, by však dával smysl pouze při letu podél perimetru za účelem preventivního, nikoli cíleného plašení.

Lepším řešením by tak bylo převážet bezpilotní prostředek v nákladovém prostoru vozidla a vypouštět ho až v blízkosti místa zásahu. Tímto způsobem by bylo možné zajistit, že RPAS během svého nasazení nebude přelétat nad pohybovými plochami letiště, čímž bude sníženo riziko kolize s jinými letadly.

Bezpilotní stroj by byl manuálně ovládán operátorem v podobě pracovníka BOL. Ten by jej měl neustále ve svém zorném poli a zaručoval by, že se stroj nebude nacházet v blízkosti sestupové roviny v době, kdy se k dráze blíží letadlo. Řízení RPAS by mohlo být zjednodušeno využitím pomocných systémů, například automatického držení nastavené výšky, držení aktuální GPS pozice, a dalších. Operátor by se tak mohl více soustředit na ovládání palubní kamery, prostřednictvím které by monitoroval situaci. Sledovat by přitom mohl výskyt ptactva či jiné zvěře uvnitř perimetru i na plochách přiléhajících k areálu letiště.

V případě plašení pomocí akustického zařízení na palubě by pak operátor navedl RPAS na nejvhodnější pozici a spustil cílené plašení tak, aby ptáci odlétli mimo prostor s leteckým provozem. Samotný RPAS přitom za letu vykazuje pouze nízkou úroveň hluku, což mu umožňuje přiblížit se k hejnu ptáků, aniž by je nechtěně vyrušil. To dokázal i výzkum francouzských vědců, podle kterého je možné se s bezpilotním strojem přiblížit k ptákům až na vzdálenost 4 m. Stroj však k živočichům nesmí nalétat z čistě vertikálního směru, neboť tímto způsobem útočí dravci. [45]

RPAS by však příležitostně mohl mít uplatnění i v nočních hodinách, tedy v mimopracovní době BOL. Například pokud by byl hlášen možný výskyt divokých prasat uvnitř areálu, bylo by mnohem snazší zjistit jejich polohu pomocí infrakamery instalované na bezpilotním stroji. Za tímto účelem by bylo vhodné pověřit některou z dalších složek letiště, například OLE, RPP nebo HZS LP, aby RPAS s potřebným vybavením vyzvedla na stanici BOL a nasadila jej do akce. Po skončení operace by byl stroj opět vrácen na základnu, aby jej po nástupu do služby mohli využívat pracovníci BOL.

Provoz bezpilotního prostředku by v každém případě musel být koordinován se službou Řízení letového provozu, která by měla mít přehled o všech létajících zařízeních v řízeném vzdušném prostoru. Operátor by byl v rádiovém spojení s pracovníkem ŘLP, aby mohl být informován například o změně dráhy v používání nebo přeletu vrtulníku Letecké služby PČR.

4.2.3 Shrnutí

Bezpilotní prostředky by tedy v procesu biologické ochrany letiště našly uplatnění nejen jako nosiče plašícího zařízení, ale také jako nástroje pro získání přehledu o aktuálním výskytu zvěře na plochách nejen uvnitř perimetru. Díky možnosti nasazení do akce přímo v místě zásahu by nedocházelo k přeletu nad pohybovými plochami letiště a bezpečnost provozu by byla ještě zvýšena přímým dohledem operátora a koordinací se stanovištěm ŘLP. Nasazení RPAS by navíc nemuselo být omezeno pracovní dobou BOL, neboť by jej v případě potřeby mohla využít i další pověřená složka letiště.

4.3 Využití RPAS při ostraze perimetru

Bezpilotní prostředky mohou v blízké budoucnosti představovat zajímavé řešení pro ostrahu různých objektů, včetně areálu letiště. Pro tyto úkoly je opět nejvhodnějším strojem multikoptéra (viz. kapitola 5.4.2). Její hlavní výhoda přitom spočívá v rychlé akceschopnosti, výborných manévrovacích schopnostech a možnosti použití palubních kamer schopných odhalit narušitele při jakýchkoli světelných podmínkách. Již v současné době přichází na trh mnoho výrobců RPAS s vlastní podobou systému pro střežení prostoru.

Letiště však představuje velice specifické prostředí, které vyžaduje vysokou úroveň zabezpečení. Proto při jeho ostraze není možné využít univerzální komerční produkt, ale naopak je nutné zvolit individuální přístup a pečlivě volit parametry jednotlivých prvků pro konečné řešení. Seriózní výrobci bezpilotních systémů však tuto možnost nabízejí a zároveň svému zákazníkovi poskytují podporu minimálně ve fázi zavádění RPAS do provozu. Je však na zákazníkovi, aby si rozmyslel, jaké úkoly má bezpilotní stroj plnit a jakým způsobem by měl být provozován.

Využití RPAS v procesu ostrahy perimetru představuje z hlediska začlenění do provozu nejsložitější variantu ze všech možností, uvedených v této práci. Zároveň se však jedná o nejatraktivnější způsob využití bezpilotních prostředků z pohledu Letiště Praha, a proto mu bude věnováno více prostoru, než předchozím dvěma možnostem.

V této kapitole tak bude pouze ve stručnosti popsáno potřebné technologické vybavení RPAS s naznačením činností, které by stroj mohl zastávat. Způsob provádění jednotlivých úkolů a s tím související začlenění stroje do letištního provozu bude podrobněji rozepsáno v kapitole 5.

4.3.1 Technologické vybavení pro ostrahu perimetru

RPAS určený pro ostrahu perimetru by prováděl především hlídkovou činnost podél hranice perimetru. K tomuto úkolu by stačilo osadit stroj optickou kamerou, která by snímala oplocení a jeho blízké okolí za denního světla. Řešení může představovat zařízení typu GoPro, které nabízí kompaktní rozměry (65x45x25 mm), nízkou hmotnost (88 g) a vysoké rozlišení obrazu (až 4K). Obraz z kamery by byl z paluby stroje přenášen v reálném čase prostřednictvím zabezpečené bezdrátové sítě na obrazovku operátora, přičemž standardně by se využívalo nižší rozlišení, například 1080p, aby nedocházelo ke zbytečnému zahlcení sítě. Operátor by však měl možnost kdykoli přepnout na vyšší rozlišení obrazu.

V noci a za snížené viditelnosti by pak byla využívána infračervená kamera, která umožňuje odhalit nejen člověka, pokoušejícího se narušit perimetr, ale i divokou zvěř. Výstup z kamery by byl opět přenášen na stanoviště operátora. Bylo by vhodné, aby bezpilotní prostředek nesl vždy oba typy kamer. Tím bude sice navýšena váha RPAS, ale operátor bude mít v každé situaci k dispozici oba výstupy, což může být výhodné. Navíc tak odpadne nutnost fyzicky měnit kamery při změně světelných podmínek.

Dále by bezpilotní prostředek mohl být vybaven systémem pro vyhodnocování obrazu z kamer, pomocí něhož by stroj automaticky sledoval pohyblivý cíl, určený operátorem. V kombinaci s GPS přijímačem by tak bylo možné na základě známé pozice RPAS určit aktuální polohu narušitele a navést k němu hlídku OLE, která jej zneškodní.

Jediné provozní omezení, vyplývající z použití výše jmenovaných zařízení, představují světelné podmínky pro optickou kameru. V momentě, kdy obraz z této kamery přestane podávat vypovídající hodnotu o situaci, však nalezne uplatnění výstup z termokamery, který na světelných podmínkách není závislý. Ten by naopak mohl být omezen teplotou prostředí, kdy například v horkých letních dnech nebude schopen jednoznačně rozeznat člověka na srovnatelně teplém pozadí. V takových případech však bude možné využít obraz z optické kamery. Pokud tedy RPAS bude vybaven oběma typy kamer současně, nebude jeho použití omezeno žádnými meteorologickými podmínkami, tedy kromě silných bouří a krupobití.

4.3.2 Začlenění RPAS do procesu ostrahy perimetru

Bezpilotní prostředek by byl v procesu ostrahy perimetru využíván především k hlídkové činnosti. Doplnil by tak stávající pěší hlídky, které provádějí obchůzky podél oplocení areálu. Byla by tak navýšena frekvence, s jakou je každý úsek perimetru kontrolován, a tím sníženo riziko proniknutí nepovolané osoby do vyhrazeného bezpečnostního prostoru letiště.

Nasazením dostatečného množství strojů by případně mohlo dojít ke snížení počtu vykonávaných pěších obchůzek a tedy určité úspoře lidských zdrojů, které by mohly být využity pro jiné činnosti. RPAS by však v žádném případě neměl tyto pěší hlídky zcela nahradit, neboť je hůře viditelný a jeho průlet nebude mít takový preventivní efekt, jako fyzická přítomnost pracovníka OLE.

RPAS by pak samozřejmě mohl plnit i řadu dalších úkolů, jako je dohledání a sledování narušitele perimetru, a to jak v podobě člověka, tak divokého zvířete. Dále by našel uplatnění při střežení vymezeného prostoru, například okolí stání letadla při státně důležitém letu. Také by mohl být využíván při mimořádných událostech, kde by prostřednictvím kamer přinášel přehledný obraz o situaci a zobrazoval například ohniska požáru. Zároveň by zaznamenával průběh řešení události pro potřeby pozdějšího vyhodnocení zásahu. Jednotlivé úkoly budou podrobněji popsány v kapitole 5.

Také se nabízí možnost využít vlastních RPAS pro obranu před bezpilotními prostředky, provozovanými v blízkosti letiště, které představují bezpečnostní riziko pro letecký provoz.

Konkrétní technologie pro zneškodnění nepřátelských strojů pomocí vlastních RPAS jsou předmětem zkoumání a vývoje několika společností. Z nich stojí za zmínku především francouzská firma *Thales*, která se v rámci projektu *Angelas* zabývá mimo jiné také systémy pro rušení řídicích či navigačních signálů narušitele. Poněkud přímočařejší metodu pak představila společnost *Malou Tech*, která svou hexakoptéru *MP 200* vybavila sítí pro odchyt nepřátelských strojů přímo za letu. Všechna tato řešení jsou však zatím pouze ve fázi vývoje, a možnost jejich zavedení do provozu proto v této práci nebude dále rozvíjeno. [46]

Při plnění hlavního úkolu, tedy hlídkové činnosti podél oplocení areálu, by bezpilotní stroj létal mimo pohybové plochy. Stejně jako v případě využití RPAS pro biologickou ochranu letiště by však bylo nutné koordinovat jeho provoz se službou Řízení letového provozu. Uvažovat přitom lze dva způsoby provozu, a to manuální řízení letu operátorem s využitím systémů pro zjednodušení pilotáže, nebo zcela automatický let stroje po předem definované trajektorii, zahrnující i vzlet a přistání. Užití obou možných způsobů bude přiblíženo v kapitole popisující jednotlivé úkoly.

5 Definování úkolů a struktury flotily pro ostrahu perimetru

V této kapitole budou podrobně rozepsány úkoly, které by bezpilotní prostředek plnil v rámci procesu ostrahy perimetru. Dále budou navrženy tratě, po kterých by se RPAS pohyboval, a možné umístění základen. Také budou definovány nároky na flotilu strojů pro jejich konkrétní aplikaci. Nejprve však budou přiblíženy možné způsoby, jakými lze řídit let RPAS při výkonu činnosti a jaké s tím souvisí palubní vybavení.

5.1 Způsoby provádění letu RPAS

V úvahu připadají dvě možnosti, jakými lze provádět lety bezpilotních prostředků, v tomto případě multikoptér. Prvním způsobem je manuálně řízený let, kdy je operátor přítomen v terénu a má svůj stroj v přímém dohledu. Druhou možností je automatický let, kdy RPAS pomocí palubního počítače sleduje předem nastavenou trajektorii, tedy trasu určenou zeměpisnou polohou i výškou nad terénem. Operátor přítom nemá přímý vizuální kontakt se strojem a jeho let kontroluje pouze na základě známé pozice v mapě a obrazu z palubní kamery.

5.1.1 Manuální režim letu

Manuálně řízený let představuje v současnosti nejpříjemnější variantu provozu bezpilotních prostředků. Stroj je v takovém případě ovládán operátorem prostřednictvím dálkového ovládání, které je s letadlem spojeno komunikačním kanálem. Tento režim řízení letu je považován za bezpečný zejména proto, že operátor zadává povely přímo na základě situace kolem letícího stroje, kterou neustále sleduje přímým pohledem.

Protože se však jedná o náročný způsob pilotáže, vyžadující vysokou míru koncentrace operátora, je snaha zjednodušit ovládání pomocí různých systémů automatizace letu. Tyto systémy mohou být velice užitečné zejména v případech, kdy je stroj využíván pro pozorování konkrétního objektu prostřednictvím pohyblivě uchycené palubní kamery. Pro operátora pak i za příznivých meteorologických podmínek může být obtížné ovládat zároveň tuto kameru i samotný RPAS. Dříve tak bylo k provozu stroje potřeba dvou operátorů, přičemž jeden měl na starosti řízení letu a druhý ovládal kameru.

Základní zjednodušení pilotáže představuje funkce stabilizace letu, kdy stroj sám na základě údajů o své poloze vylučuje vliv bočního větru a dokáže setrvat na místě takzvaně ve visu. K tomu ovšem potřebuje senzorické vybavení, jako jsou akcelerometry a gyroskopy, měřící zrychlení a úhlovou rychlost ve všech třech osách, nebo přijímač signálu GPS. Tato funkce je u některých strojů využívána i v případě ztráty spojení s dálkovým ovladačem, čímž je zabráněno pokračování v neřízeném letu a případnému nárazu do pevné překážky. Pokud během krátké chvíle nedojde k obnovení spojení, provede stroj automatické přistání.

V dnešní době se však nabízí i takové bezpilotní prostředky, u kterých lze vzhledem k míře zastoupení systémů pro podporu letu hovořit o poloautomatickém řízení. Dálkový ovladač s páčkami pro ovládání výšky, rychlosti a směru letu u nich nahradil dotykový tablet s virtuálními ovládacími prvky. Operátor tak nastaví požadovanou výšku letu, kterou RPAS následně dodržuje na základě údajů z palubního výškoměru. Použit přitom může být buď barometrický výškoměr, nebo radiovýškoměr. Rychlost a směr letu jsou ovládány opět pomocí virtuálního ovladače na dotykovém displeji. I přes pokročilou míru automatizace však stroj zůstává po celou dobu letu v přímé dohlednosti operátora.

Pokud by však mělo být dostáno současné legislativě, především předpisu L2, Doplněk X, bylo by nutné získat výjimku od ÚCL pro provoz RPAS přímo v prostoru řízeného letiště a koordinovat činnost s místním stanovištěm ŘLP. Při vyjednávání výjimky by bylo vhodné pamatovat také na ustanovení 16, bod g) výše zmíněného předpisu, které ukládá povinnost dodržovat bezpečnou vzdálenost letícího stroje od osob, prostředků nebo staveb, které nejsou součástí předmětného provozu. Pro uvažovanou kategorii RPAS do 7 kg maximální vzletové hmotnosti však předpis konkrétní bezpečnou vzdálenost neuvádí, a tak je stanovována individuálně ÚCL v rámci procesu vydávání povolení k létání. [5]

Zpravidla se však minimální bezpečná vzdálenost uvádí jako dvojnásobek aktuální výšky letu nad zemským povrchem, ovšem ne méně než 30 m při horizontálním letu. Nutnost létat s RPAS v minimální vzdálenosti 30 m od hranice perimetru by však znamenala nezanedbatelné omezení míst, která lze bezpilotním prostředkem pokrýt, a jejich provoz v manuálním režimu by tak přestával být smysluplný. Bylo by tedy potřebné vyjednat výjimku od ÚCL pro provádění letů blíže k oplocení, například v minimální vzdálenosti 10 m. Této vzdálenosti by pak odpovídala i výška letu dle výše zmíněného pravidla. [47]

5.1.2 Automatický režim letu

Ačkoli v současné době legislativa nedovoluje provozovat bezpilotní prostředky v plně automatickém režimu, představuje tento způsob letu značný potenciál pro budoucí použití RPAS. Umožnil by totiž vykonávat činnosti použitím většího počtu strojů bez potřeby lidského operátora. Ten by však vždy měl na provoz RPAS dohlížet a v případě potřeby zasáhnout.

Automatický let by zahrnoval vzlet stroje, let po stanovené trajektorii ve 3D prostoru s plněním požadovaného úkolu a bezpečné přistání. Všechny tyto fáze by probíhaly bez nutnosti zásahu operátora. K automatickému vzletu a přistání by sloužila základna vybavená konektorem pro dobíjení akumulátoru bezpilotního prostředku. K propojení dobíjecího okruhu by přitom docházelo již samotným dosednutím stroje na stanici.

Let by byl veden po zadané trajektorii s využitím GPS přijímače a přesného výškoměru. K zajištění bezpečného provozu RPAS v tomto režimu by bylo vhodné definovat vzdušné koridory, ve kterých by se stroj mohl pohybovat, aniž by mu hrozil střet s pevnou překážkou. Koridory by byly vymezeny nejen v horizontální rovině soustavou zeměpisných bodů, ale také vertikálně pomocí minimální a maximální dovolené výšky letu. Zda by se jednalo o výšku nad terénem nebo o výšku nadmořskou by záviselo čistě na typu výškoměru, který by byl na bezpilotním stroji instalován. Pro použití v letištním prostředí se však doporučuje radiovýškoměr, který měří výšku stroje nad zemským povrchem.

Koridory by tedy poskytovaly jasně určený manévrovací prostor pro RPAS s dostatečnou rezervou reflektující přesnost systému GPS i pohyby vzdušné hmoty. Pokud by stroj během automaticky vedeného letu z jakéhokoli důvodu vylétl mimo tento koridor, aktivoval by se systém pro setrvání na aktuální pozici. Na tuto skutečnost by byl rovněž upozorněn operátor, který by situaci vyhodnotil, a buď navedl stroj zpět do bezpečné zóny, nebo s ním řízeně přistál.

5.2 Uvažované parametry RPAS

Předtím, než budou popsány jednotlivé úkoly, které by bezpilotní prostředky mohly plnit, je vhodné stanovit uvažované základní parametry strojů. Tyto parametry byly určeny ve spolupráci s odborníky z Katedry počítačů na Fakultě elektrotechnické ČVUT v Praze a vycházejí ze současných technických možností.

5.2.1 Doba letu

Nejvíce omezujícím prvkem při provozu bezpilotního prostředku je výdrž akumulátoru. Pro potřeby této práce je uvažována baterie umožňující let RPAS s vybavením v délce 45 minut. Doba potřebná pro dobítí akumulátoru na plnou kapacitu je uvažována jako dvojnásobek doby letu, tedy maximálně 90 minut.

5.2.2 Rychlost letu

Aby byla zajištěna kontrola rozumně dlouhého úseku oplocení během jednoho letu, jeví se jako vhodná rychlost letu 8 m/s. Taková rychlost umožní čitelný záznam sledovaného perimetru v délce až 14 400 m s rezervou 15 minut pro případ sledování narušitele a návrat na základnu či dobíjecí stanici. Tato rychlost však v reálném provozu může být změněna, a to na základě vyhodnocení zkušebních letů.

5.2.3 Výška letu

Pro pořizování přehledného obrazu situace v blízkosti oplocení je vhodná výška letu 5 - 10 metrů. Standardně by tedy RPAS létal ve výšce 10 m nad terénem s bezpečnostním odstupem 20 m od plotu, a v případě potřeby by se výška letu snížila až na 5 metrů. Pro přesné měření výšky nad terénem by bylo nutné vybavit RPAS palubním radiovýškoměrem.

5.3 Určení úkolů pro RPAS

Úkoly a způsob jejich provádění budou popsány z pohledu jednoho bezpilotního stroje, přičemž u každé činnosti bude zvážena možnost nasazení většího počtu RPAS. Vhodný typ strojů a jejich počet potřebný pro zajištění ostrahy perimetru bude určen v kapitole 5.4.

5.3.1 Hlídková činnost

Hlídkové lety podél perimetru by představovaly hlavní úkol pro bezpilotní prostředek. Pomocí palubního vybavení, popsaného v kapitole 4.3.1, by byl monitorován především výskyt a činnost osob v těsné blízkosti oplocení. Technologie by však umožňovala odhalit i divokou zvěř, která je schopna poničit pletivo a proniknout do areálu. Detekci přítomnosti živých tvorů přitom lze automatizovat prostřednictvím softwaru, který by vyhodnocoval výstup z termokamery. Na takto zjištěné cíle by mohl být operátor upozorněn, čímž by bylo vyloučeno jejich přehlédnutí. V omezené míře by bylo možné sledovat také celistvost oplocení. Tento úkol však nelze automatizovat, a tak by vyžadoval značnou koncentraci operátora.

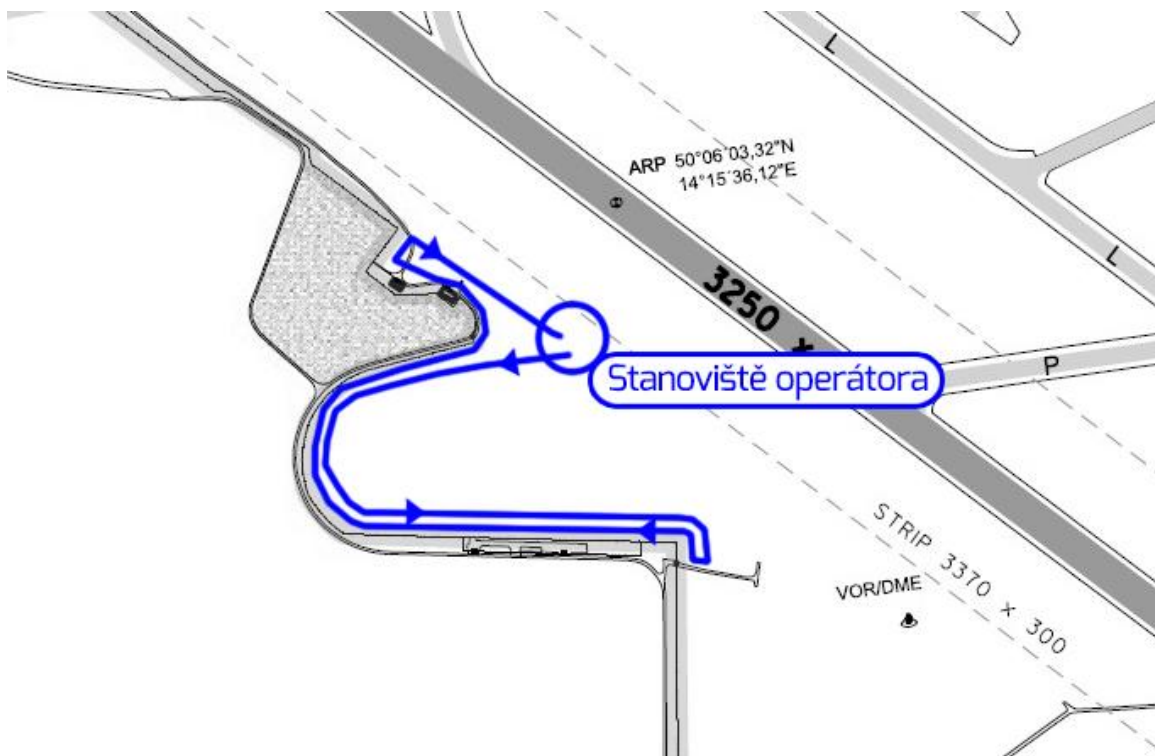
Jak již bylo řečeno, bezpilotní prostředek by doplnil pěší hlídky prováděné pracovníky OLE. Současně by vylepšil pokrytí stávajícího systému statických kamer, které jsou rozmístěny po areálu. Přínos RPAS by přitom spočíval především v možnosti pokrýt i místa, která statické kamery nevykřývají zcela spolehlivě, například kvůli křivolace vedenému oplocení nebo terénním nerovnostem. Nespornou výhodou pak bude mít bezpilotní stroj při snížené viditelnosti, neboť se bude vždy pohybovat v blízkosti oplocení.

Manuálně řízený let

Při provozu RPAS v manuálním režimu je nezbytná přítomnost operátora přímo v terénu tak, aby mohl udržovat trvalý vizuální kontakt se strojem. Maximální vzdálenost mezi operátorem a bezpilotním prostředkem přitom není stanovena žádným předpisem, a tak je omezujícím faktorem pouze dohlednost, případně dosah komunikačního kanálu pro ovládání stroje. Operátor by tak z vhodně zvolené výchozí pozice mohl pokrýt značnou část letištního areálu.

Provozovat bezpilotní prostředek za účelem ostrahy perimetru v manuálním režimu je smysluplné především v místech, kde oplocení areálu vytváří určitá zákoutí a není zcela ideálně pokryto statickými kamerami. Přesná místa však vzhledem k citlivosti takové informace nemohou být zveřejněna. Pro ilustraci však bude naznačen možný způsob provedení manuálně řízeného letu v konkrétní oblasti, zvolené na základě členitosti oplocení.

Operátor by si vždy bezpilotní prostředek na příslušné stanoviště dovezl v automobilu. Následně by připravil stroj k letu a v koordinaci se stanovištěm ŘLP provedl obhlídku perimetru. Po skončení letu by se i se strojem přesunul na další stanoviště.



Obrázek 6: Možná trasa letu RPAS při hlídkové činnosti poblíž RWY 12/30

Na obrázku 6 je jako modelový příklad znázorněna trasa letu a pozice operátora pro ostrahu perimetru v blízkosti střední části dráhy 30. Vzhledem k bezpečné vzdálenosti operátora přes 200 m od osy dráhy by hlídková činnost pomocí RPAS mohla probíhat i v případě, že je dráha 12/30 aktivní.

Výchozí stanoviště se nachází na polní cestě rovnoběžné s dráhou 12/30. Operátor by se strojem vzlétl a západním směrem jej navedl k oplocení, které by sledoval až na roh poblíž brány jižně od místa vzletu. Tam by RPAS otočil a vedl jej stejnou trasou zpět. Vhodným zvolením stanoviště operátora by přitom bylo možné dosáhnout potřebných rozhledových poměrů pro průlet v blízkosti letištních budov severně od místa startu. Odtud by se stroj vrátil přímo na výchozí stanoviště, kde by přistál. Operátor by během letu vedl RPAS na základě vizuální reference a s využitím obrazu z palubní kamery. Možný je rovněž výstup z palubního GPS přijímače, který by zobrazoval pozici stroje na mapovém podkladu.

Tento okruh měří přibližně 2 350 m, a bezpilotní prostředek jej oblétně rychlostí 8 m/s za 5 min. Pro srovnání, pěší hlídka by při obhlídce této části perimetru v jednom směru urazila 1 200 m po nezpevněném povrchu, což by trvalo asi 15 minut. Výška letu RPAS by byla standardních 10 m a horizontální vzdálenost od oplocení 20 m. V severní části okruhu by kvůli přítomnosti budov mohla být výška letu snížena na 5 m, čímž by došlo ke snížení minimální vzdálenosti od objektů na 10 m. Stroj by se během letu vzdálil od operátora maximálně na 400 m.

Automaticky řízený let

Provoz RPAS v automatickém režimu by umožňoval mnohem širší využití. Legislativa jej sice zatím nedovoluje, avšak pro jeho potenciál zde tento způsob bude přiblížen. Hlavní výhodou by byla možnost provozovat současně několik strojů, na jejichž provoz by dohlížel pouze jeden operátor. Bepilotní prostředky by tak mohly létat podél téměř celého perimetru, kromě úseku mezi Hangárem F a Terminálem 2 v areálu Sever a zastavěné oblasti v areálu Jih.

Vzhledem k celkové délce perimetru 27 km je jasné, že RPAS nedokáže obletět celý areál na jedno nabití. Let tedy bude nutné rozdělit do několika úseků a po každém úseku dobít akumulátor. Dobíjení by přitom mohlo probíhat automaticky na odlehlých základnách, které by kromě elektrické energie poskytovaly bezpilotním strojům také ochranu před nepříznivým počasím. Příkladem takové základny může být stanice *Droneport* od firmy *Skysense Inc.*, která je zachycena na obrázku 7. [48]



Obrázek 7: Automatická dobíjecí stanice *Droneport* od firmy *Skysense* [48]

Možná podoba rozdělení perimetru do okruhů je graficky znázorněna v příloze č. 2. Severní okruh, vyznačený červenou čarou, začíná na základně Sever 06. Odtud vede kolem prahu dráhy 06 a podél oplocení po její levé straně až k prahu dráhy 24, kde se stočí na jih a pokračuje až k Cargo terminálu 2 (Skyport). Zde se bezpilotní prostředek otočí a podél perimetru se vrátí na základnu Sever 24, kde přistane pro dobítí akumulátoru. Tato část okruhu je dlouhá 9,1 km a její průlet bude trvat asi 19 minut. Doba nabíjení by tedy měla být okolo 40 minut. Poté se RPAS vydá na druhou část severního okruhu, která vede ze základny Sever 24 kolem prahu dráhy 06 na základnu Sever 06. Tato část měří 6,5 km a doba letu bude asi 14 minut. Po dobítí akumulátoru na základně Sever 06, které zabere asi 30 minut, se RPAS může vydat opět na první část Severního okruhu.

Let po Severním okruhu bohužel nemůže zahrnovat i kontrolu oplocení světelné přistávací řady dráhy 24, která se nachází až za silnicí R7. K překonání silnice by RPAS musel přeletět nad můstkem přes rychlostní komunikaci, což představuje bezpečnostní problém.

Jihozápadní okruh, vyznačený modrou barvou, začíná na základně Sever 06. Odtud RPAS vzlétne a poletí podél oplocení jižním směrem, kolem světelné přistávací řady dráhy 30 a pak severovýchodně až k OC Šestka, kde přistane na základně Jih. Délka tohoto úseku je asi 8,5 km a doba letu 18 minut. Po 40 minutách dobíjení poletí RPAS stejnou trasu v opačném směru.

Východní okruh, vyznačený zeleně, vede ze základny Východ, která se nachází v blízkosti Hangáru F. RPAS po vzletu poletí jihovýchodním směrem podél oplocení až k odbavovací ploše Bell Helicopter v areálu Jih, kde se otočí a stejnou trasou poletí zpět na základnu. Délka této trasy je 3,1 km a předpokládaná doba letu 6,5 minuty. RPAS by se tedy nemusel nabíjet po každém letu, ale například až po třech vykonaných okruzích.

Základna Východ by navíc jako jediná nemusela mít podobu odlehlé dobíjecí stanice. V daném místě je totiž dostupná potřebná infrastruktura i dostatek prostoru pro vytvoření centrální stanice pro bezpilotní prostředky. Zde by bylo kromě automatické dobíjecí stanice také technické zázemí pro vykonávání servisních operací a popřípadě i středisko řízení provozu RPAS. Pracoviště operátora, který by vyhodnocoval obraz z palubních kamer bezpilotních prostředků, by však mělo být umístěno na Bezpečnostním dispečinku, aby byl zajištěn okamžitý přenos informací a koordinace s ostatními bezpečnostními složkami v případě narušení perimetru.

Takto zvolené okruhy zaručují, že bezpilotní prostředek během provozu nebude přelétat nad pohybovými plochami a neohrozí tak bezpečnost letového provozu. Přesto je zde několik míst, která představují určité bezpečnostní riziko, jehož snížení by vyžadovalo zavedení určitých postupů a kontrolních mechanismů. Jedná se především o přelety RPAS přes osu VPD, kde by bezpilotní stroje musely dát přednost případným přistávajícím letadlům. Stejně tak by bylo nutné zkoordinovat provoz v blízkosti pojezdové dráhy F, jejíž osa je od zamýšlené trasy RPAS vzdálena pouhých 30 m. Návrh způsobu, jakým by byly zajištěny potřebné bezpečnostní odstupy, však přesahuje rámec této práce.

5.3.2 Lokalizace narušitele při poplachovém stavu

Kromě hlídkové činnosti by byl bezpilotní prostředek využíván také pro lokalizaci a sledování narušitele, který pronikl do areálu letiště, nebo se o to pokouší. Tento úkol může RPAS plnit díky palubním kamerám, které v kombinaci s pohledem z ptačí perspektivy umožňují snadnou detekci živého cíle, obzvláště pak na volném prostranství v podobě letištních ploch.

RPAS na rozdíl od statických kamer nemá žádné mrtvé úhly a díky GPS přijímači může určit polohu cíle s dostatečnou přesností pro navedení pozemní hlídky, která narušitele zneškodní. Výhodou pak může být i jistá míra automatizace, umožňující sledování pohyblivého cíle na základě výstupu z palubních kamer bez nutnosti zásahu operátora.

V případě, že jsou na letišti provozovány RPAS pouze v manuálním režimu, bude na tento úkol nasazen stroj, který se v okamžiku vyhlášení poplachu nachází nejbliže předpokládanému místu výskytu narušitele. Pokud se v dané době žádný RPAS v terénu nenachází, určí operátor bezpilotních prostředků nejvhodnější místo pro vzlet stroje. Na toto místo jej následně dopraví a zahájí pátrací a sledovací činnost. Jakmile narušitele zaměří, sdělí jeho polohu prostřednictvím vysílačky zasahující mobilní hlídce OLE nebo jednotce PČR, která jej zpacifikuje.

V případě automatického provozu RPAS by byl postup obdobný. Do akce by byl povolán opět nejbližší stroj, nad kterým by operátor ze svého stanoviště na bezpečnostním dispečinku převzal kontrolu, v poloautomatickém režimu jej navedl na místo zásahu a zahájil pátrání po narušiteli.

5.3.3 Střežení vymezeného prostoru na letištní ploše

Bezpilotní prostředky by našly uplatnění také při střežení vymezeného prostoru v rámci bezpečnostních opatření. Příkladem může být ostraha stání a přilehlých ploch při odbavování státně důležitého letu. RPAS by v tomto případě létal v manuálním či automatickém režimu podél hranice hlídaného prostoru a sledoval by pohyb a činnosti osob jak uvnitř, tak vně střežené zóny.

RPAS by tak doplnil stávající bezpečnostní systém, sestávající především z hlídek, tvořených pracovníky OLE. Hlavní výhodou nasazení bezpilotních strojů pro tuto činnost je přitom naprosto spolehlivá detekce osob i při špatných světelných a meteorologických podmínkách.

5.3.4 Podpora při mimořádné události

Pro správné a rychlé vyřešení mimořádné události je nezbytné, aby měl velitel zásahu přehled o celkové situaci. Místo zásahu však často bývá nepřehledné a všem zúčastněným složkám trvá delší dobu, než se zorientují. Bezpilotní prostředek by však tuto dobu mohl výrazně zkrátit, neboť je schopný přenášet obraz z výšky a pojmout tak celou situaci. Kromě barevného obrazu situace může také mapovat ohniska požáru či výskyt osob pomocí termokamery. Velitel zásahu i všechny zasahující složky by tak měli lepší přehled o rozsahu události a mohli lépe rozvrhnout svou činnost.

Operátor by RPAS na místo MU buď dovezl automobilem, nebo by jej manuálně navedl z místa, kde vykonával jinou činnost. V případě manuálně prováděných letů by však bylo vhodné, aby se operátor rovněž přesunul do blízkosti místa zásahu, kde může lépe komunikovat se zasahujícími složkami a přizpůsobit lety bezpilotního stroje aktuálním potřebám. V případě provozu RPAS v automatickém režimu by samozřejmě operátor zůstal na svém pracovišti na bezpečnostním dispečinku, odkud je obvykle celý zásah řízen.

5.4 Struktura flotily

Struktura flotily bezpilotních prostředků se do značné míry odvíjí od zvoleného způsobu provozu. Zatímco manuální režim klade nároky pouze na vybavení stroje, v automatickém režimu hraje důležitou roli i zamýšlený počet provozovaných RPAS.

5.4.1 Počet RPAS ve flotile

V manuálním i v automatickém režimu lze létat i s jediným strojem. Potřebný počet strojů tak závisí na konkrétních úkolech, do kterých bude RPAS zapojen, a také na způsobu, jakým tyto úkoly bude plnit. V následujících odstavcích proto budou zváženy potřebné počty bezpilotních prostředků pro plnění výše zmíněných úkolů.

Hlídkovou činnost lze v manuálním režimu vykonávat s libovolným počtem strojů. Záleží tedy na aktuální potřebě dispečinku Ostravy letiště pokrýt místa, do kterých nezasahují statické kamery. Tento úkol však může plnit i jediný RPAS, který bude postupně měnit

stanoviště. Je však nutné počítat s prostoji při dobíjení akumulátoru, pokud by stroj nedisponoval výměnnými bateriemi, a také s odstávkami z důvodu údržby. Z tohoto důvodu by bylo vhodné provozovat alespoň dva stroje a jejich servis plánovat tak, aby byl vždy jeden RPAS provozuschopný.

V automatickém režimu se jako nejvýhodnější jeví varianta nasazení 3 strojů a jednoho záložního. Tato flotila by umožnila kontrolu perimetru v intervalu 1 h pro Severní a Jihozápadní okruh, respektive 30 min pro okruh Východní. Na každé základně by přitom stačilo mít jednu automatickou dobíjecí stanici, neboť na základně Sever 06, která je společná pro dva okruhy, by se RPAS střídaly. Stroj, který by zrovna nebyl nasazen na žádný z okruhů, by mohl být využíván pro jinou činnost.

K vyhledání a sledování narušitele by byl využit vždy pouze jeden ze strojů provádějících hlídkovou činnost, a to ten, který se nachází nejbližší místu poplachu. Teprve v případě, že by tomuto RPAS docházela elektrická energie, byl by do akce povolán jiný stroj s nabitým akumulátorem. Součinnost více bezpilotních prostředků by při plnění tohoto úkolu dávala smysl pouze v případě, že není vůbec známa ani přibližná poloha narušitele. Stroje by však kvůli bezpečnosti provozu musely být řízeny manuálně. To samé pak platí pro využití RPAS při mimořádné události.

Střežení vymezeného prostoru by rovněž spolehlivě zajistil jediný RPAS, neboť by se většinou jednalo o menší oblast o rozloze do 500 m², a více strojů by si tak spíše překáželo. K tomuto úkolu by mohl být vyčleněn například záložní RPAS, který neprovádí hlídkovou činnost podél perimetru. Intervaly letů by bylo nutné volit s ohledem na kapacitu akumulátoru a dobu potřebnou pro jeho nabíjení. Samotné lety by pak byly prováděny opět v manuálním režimu a za přímého dohledu operátora.

5.4.2 Vhodný typ RPAS

Výběr vhodného typu bezpilotního prostředku je klíčový pro úspěšnost celého projektu implementace RPAS do provozu. Z konstrukčního hlediska se přitom lze rozhodovat mezi třemi základními typy strojů, a sice mezi letounem s pevnými nosnými plochami, multikoptérou a vrtulníkem. Základní vlastnosti a schopnosti těchto tří typů jsou porovnány na obrázku 8.

UAV Category	Hover and Vertical Takeoff Capability	Cost	Flight Difficulty	Mechanical Complexity	Electronics Complexity	Cost and Difficulty of Repairs After Crash	Flight Range	Flight Time	Flight Speed
Airplane	No	Low	Low	Medium	Low	Low	High	High	High
Multicopter	Yes	High	Medium	Low	High	Low	Low	Low	Low
Helicopter	Yes	High	High	High	Medium	High	Medium	Medium	Low

TheUAVGuide.com

Obrázek 8: Obecné porovnání parametrů jednotlivých typů bezpilotních prostředků [49]

Při výběru nejvhodnějšího typu RPAS je důležité zvážit především úkoly, které by měl v provozu plnit. V procesu ostrahy perimetru se jedná o pořizování obrazu při letu podél oplocení ve výšce do 10 m nad terénem spíše nízkou rychlostí pro pořízení kvalitního záznamu a s možností letu nulovou dopřednou rychlostí pro získání detailního záběru a sledování statického cíle. Požadavkem je tedy možnost letu ve visu a spíše delší doba letu, což dle srovnání na obrázku 8 splňuje nejlépe helikoptéra.

Dalším faktorem, který má vliv na výběr stroje je prostředí, ve kterém bude RPAS provozován. Prostor letiště přitom představuje značně omezený prostor, který vyžaduje vertikální vzlet i přistání. Dále klade nároky na rychlé změny směru i rychlosti letu při sledování křivolaké trajektorie oplocení, vyhýbání se pohybovým plochám a dávání přednosti letadlům. Požadavkem jsou tedy vertikální vzlet a přistání, dobré manévrovací schopnosti a snadná ovladatelnost, což ovšem lépe než vrtulník splňuje multikoptéra.

Následně je nutné zvážit také rozpočet, který lze uvolnit pro zavedení RPAS do provozu. S tím souvisí také současný stav infrastruktury, respektive náklady na výstavbu potřebných sítí. Vzhledem k tomu, že projekt bezpilotních prostředků v provozu letiště představuje pouze doplněk ke stávajícím systémům, bude preferován spíše levnější typ RPAS. Z hlediska infrastruktury se předpokládá využití stávajících sítí bez potřeby významných investic. Ze srovnání pořizovacích nákladů a ceny oprav a servisu strojů vychází nejlépe letadlo s pevným křídlem, následované multikoptérou.

Po zvážení všech požadavků a možností je tedy jasné, že nelze využít letoun s pevnými křídly, neboť nedisponuje možností vertikálního vzletu a přistání ani schopností letu ve

visu. Vrtulník tyto požadavky sice splňuje, ale je složitý na ovládání a drahý na pořízení i provoz. Nejlepší variantou je tedy multikoptéra, jejímž jediným nedostatkem je krátká doba letu v řádu několika desítek minut, což však lze vyřešit vhodným plánováním úkolů na kratší úseky. [49] [50]

6 Vyhodnocení aplikace

Na základě analýzy současného stavu procesů na letišti Václava Havla v Praze byly zhodnoceny možnosti implementace bezpilotních prostředků do letištního provozu. U každého z procesů byly zváženy nedostatky a prostor pro jeho případné vylepšení, načež byly hledány způsoby, jak tohoto zlepšení dosáhnout prostřednictvím RPAS.

V případě procesu kontroly pohybových ploch byly zjištěny dva způsoby, kterými by bylo možné stávající proces vylepšit. První možnost představuje zvýšení frekvence provádění běžných kontrol pohybových ploch, zejména vzletové a přistávací dráhy. V tomto směru by využití bezpilotního prostředku žádný bonus nepřineslo, neboť použitelná technologie omezuje maximální rychlost, jakou by se stroj během kontroly mohl pohybovat. Kontrola VPD pomocí RPAS by tak trvala zhruba 3x déle než při použití současné metody, tedy průjezdu po ploše v automobilu. Tím by došlo ke snížení dráhové kapacity, která již dnes, zejména v letních měsících, nestíhá pojmout letecký provoz.

Dalším způsobem, jak je možné zlepšit proces inspekce povrchu ploch, je snížit riziko přehlédnutí cizího předmětu na ploše. V tomto směru již RPAS přináší řešení, neboť umožňuje nést na své palubě technické vybavení, které je schopno odhalit FOD naprosto spolehlivě. Zmíněny byly tři technologie, umožňující detekci cizích předmětů, a sice palubní kamera či fotoaparát s vysokým rozlišením, radar, nebo laserový skener. Výběr konkrétního způsobu je pak předmětem pro další zkoumání, kdy je nutné především otestovat spolehlivost detekce v různých podmínkách zamýšleného provozu.

Největší přínos by pak tento způsob využití RPAS měl při podrobných pravidelných inspekcích, které zajišťuje *Technická správa nemovitostí*. Tehdy by byly naplno využity možnosti dané technologie, spočívající v pořízení detailních snímků celé plochy ve velmi krátkém čase. Výstupem by byl ucelený obraz o stavu povrchu dané plochy, který by zajišťoval snadnou reprodukovatelnost výsledků inspekce při potřebě pozdějšího použití.

V procesu biologické ochrany letiště byl jako nejvýznamnější nedostatek stanoven chybějící nástroj pro sledování výskytu ptactva a další volně žijící zvěře nejen na plochách uvnitř areálu, ale i v jeho blízkém okolí. Tento problém by zavedení bezpilotního prostředku do

provozu vyřešilo zcela spolehlivě. Monitorování ploch by za denního světla probíhalo prostřednictvím barevné palubní kamery s vysokým rozlišením. Pro odhalování přítomnosti divoké zvěře v nočních hodinách by pak mohla být využita kamera infračervená. Možná je rovněž instalace palubního akustického plašícího zařízení pro odhánění ptactva, jehož výhoda oproti statickým plašičům by spočívala v možnosti aktivního plašení přímo v místě výskytu ptačího hejna.

Využití bezpilotních prostředků v procesu ostrahy perimetru pak představuje efektivní doplnění stávajících systémů. RPAS by umožnily pokrýt i taková místa, do kterých nezasahuje zorné pole statických kamer, a navýšily by frekvenci provádění hlídkové činnosti podél oplocení areálu. Tím by došlo k dalšímu snížení rizika proniknutí narušitele do vyhrazeného bezpečnostního prostoru letiště. Bepilotní stroj by navíc mohl plnit i další úkoly spojené se zajišťováním bezpečnosti, jako je vyhledání narušitele uvnitř areálu, střežení vymezeného prostoru, nebo pomoc při řešení mimořádné události.

Nejsmysluplnější variantou z hlediska efektivního využití bezpilotních prostředků je bezesporu začlenění RPAS do procesu ostrahy perimetru, kde by zejména v automatickém režimu přispívaly ke zvýšení bezpečnosti a přitom zaměstnávaly pouze jediného operátora. Jako optimální se vzhledem k užité hodnotě a nákladům spojeným s bezpilotním provozem jeví pořízení čtyř RPAS typu multikoptéra, které by operovaly ze čtyř automatických dobíjecích základen, rozmístěných v blízkosti nejexponovanějších částí perimetru. Hlídkovou činnost v ostrém provozu by přitom vykonávaly vždy pouze tři stroje. Na čtvrtém by mohl probíhat servis, nebo by byl připraven jako záloha a sloužil by pro plnění operativních úkolů dle aktuální potřeby.

Každý stroj by byl vybaven barevnou kamerou, infrakamerou, dálkovým přenosem obrazu na stanoviště operátora a systémem pro automatické sledování cíle na základě údajů z kamer. Pro začlenění do provozu by byl nezbytný navigační systém GPS s vymezením prostorů, ve kterých se RPAS může pohybovat v automatickém režimu, tedy bez zásahu operátora. K tomu by byl nutný také radiovýškoměr pro měření přesné výšky stroje nad zemským povrchem.

Ačkoli největší potenciál představují automaticky řízené lety po stanovených okruzích, první kroky pro zavedení RPAS do letištního provozu budou v manuálním režimu. Nejprve

totiž bude nutné vyzkoušet správnou funkci všech systémů a technologií při plnění zamýšlených úkolů, a to ve všech provozních podmínkách, které mohou nastat. Pouze pak bude možné začít provoz RPAS automatizovat.

K plně automatickým letům však povede ještě dlouhá cesta, neboť je nutné nejprve vyřešit celou řadu problémů. Nejzásadnější je vývoj a zavedení naprosto spolehlivého systému pro řízení letu, který zajistí vyhnutí se letadlům na provozních plochách i ve vzduchu během vzletu a přistání. Také je nezbytné použití vhodného systému „failsafe“, který zajistí kontrolované nouzové přistání stroje při výskytu poruchy. Rovněž bude nutné vyřešit přenos informací o aktuální poloze bezpilotního prostředku na stanoviště ŘLP, které musí vědět o všech létajících zařízeních ve svém kontrolovaném vzdušném prostoru. Tato řešení mohou být vhodným tématem pro další diplomové práce. [51]

7 Závěr

Cílem této práce bylo zhodnocení možností pro začlenění bezpilotních prostředků do provozu letiště. Za tímto účelem byla provedena analýza stávajících procesů na letišti Václava Havla Praha, přičemž u každého procesu byl nalezen určitý prostor pro zlepšení. Na základě zjištěných nedostatků byly následně zváženy možnosti osazení bezpilotních prostředků takovým vybavením, které by umožnilo tyto vady odstranit. Následně bylo možné stanovit, které konkrétní úkoly by RPAS mohl plnit a jakým způsobem by tyto činnosti prováděl v letištním provozu. Z těchto úvah vyplynula jistá provozní omezení, která mají vliv na smysluplnost implementace bezpilotních systémů do prostředí letiště.

Po vyhodnocení aplikace se jako nejvhodnější řešení jeví využití RPAS v procesu ostrahy letiště. Stroj typu multikoptéra by doplnil současné mobilní jednotky pracovníků OLE při výkonu hlídkové činnosti podél oplocení areálu. Také by pomohl vykrýt místa, která nejsou v zorném poli statických kamer. Toto řešení by jako jediné z uvažovaných možností znamenalo nasazení bezpilotních prostředků do nepřetržitého provozu, čímž by byly efektivně využity investované prostředky.

Ideální by přitom bylo využití bezpilotního systému v automatickém režimu, který by umožňoval kontrolu vysoce exponovaných částí perimetru v hodinovém intervalu. Provoz by byl zajišťován flotilou čtyř strojů, vybavených barevnou kamerou s vysokým rozlišením pro denní použití a infračervenou kamerou pro provoz v noci. Vlastní hlídkovou činnost by přitom vždy zajišťovaly pouze tři RPAS, čtvrtý by sloužil jako záloha nebo by plnil jiné úkoly.

Kromě hlídkové činnosti by tyto bezpilotní prostředky umožňovaly také vyhledání narušitele uvnitř areálu a jeho sledování až do příjezdu mobilní jednotky, která by jej zneškodnila. Záložní stroj by mohl být použit pro střežení vymezeného prostoru, například stání letadla při odbavování státně důležitého letu. Využití by přitom našel i v případě mimořádné události, kdy by veliteli zásahu poskytoval přehledný obraz o situaci s možností infračerveného zobrazení ohnisek požáru nebo výskytu osob.

Tento systém by navíc mohl poskytovat i výstupy pro další letištní procesy, jako například monitorování výskytu ptáků a další volně žijící zvěře na plochách uvnitř i vně areálu letiště pro zajištění biologické ochrany. Stejně tak by bylo možné využít jeden z bezpilotních prostředků pro nasnímání povrchu plochy v rámci podrobné pravidelné inspekce pohybových ploch.

Uplyne však ještě dlouhá doba, než bude možné létat v letištním provozu s bezpilotními prostředky v automatickém režimu. Předtím je totiž nutné vyřešit celou řadu technických problémů. Především je potřeba navrhnout systém řízení letu, který by naprosto spolehlivě zabránil kolizím bezpilotních strojů s dopravními letouny. Než bude takový systém dostupný, nezbývá než létat v manuálním režimu a za přímého dohledu pilota.

Seznam příloh

Příloha č. 1. Mapa letiště Praha/Ruzyně (zdroj: Letiště Praha, a.s.)

Příloha č. 2. Mapa letiště Praha/Ruzyně s vyznačením okruhů RPAS pro ostrahu perimetru (zdroj podkladu: Letiště Praha, a.s.)

Seznam použitých zdrojů

- [1] ČERNÝ, Aleš. Byznys s drony v Česku vzkvétá. Poptávka roste od filmařů i energetiků. In: *ekonomika.idnes.cz* [online]. 13. 4. 2015 [cit. 2016-04-08]. Dostupné z: http://ekonomika.idnes.cz/drony-toci-filmy-i-monitoruji-plynovody-ff7-/ekonomika.aspx?c=A150412_193021_ekonomika_rny
- [2] *Robodrone* [online]. Robodrone Industries s.r.o. [cit. 2016-04-08]. Dostupné z: <http://www.robodrone.com/>
- [3] *O Vertical Images* [Online]. Vertical Images s.r.o. [cit. 2016-04-08]. Dostupné z: <http://www.verticalimages.cz/cz/o-vertical-images>
- [4] *EURO UAV Systems* [online]. EURO UAV Systems, a.s. [cit. 2016-04-08]. Dostupné z: <http://www.eurouavsystems.com/>
- [5] Česká republika. *Letecký předpis L2 – Pravidla létání*. Ministerstvo dopravy ČR. 2014
- [6] *Biological Protection of Airports Using Drones* [online]. European Satellite Navigation Competition 2016. [cit. 2016-04-10]. Dostupné z: <http://www.esnc.info/index.php?anzeige=czech15.html>
- [7] Česká republika. *Letecký předpis L14 – Letiště*. Ministerstvo dopravy ČR. 2013
- [8] *Odborník VŠTE: Letiště by mohly místo dravců hlídat drony* [online]. VŠTE. [cit. 2016-04-13]. Dostupné z: <http://www.vstecb.cz/Odbornik-VSTE-Letiste-by-mohly-misto-dravcu-hlidat-drony-1439.htm>
- [9] CIBULOVÁ VOKATÁ, Jitka. Dron zabráni střetu ptáků s letadly. Jihočeský učitel se svým vynálezem uspěl v soutěži. In: *rozhlas.cz* [online]. 14. 12. 2015 [cit. 2016-04-13]. Dostupné z: http://www.rozhlas.cz/cb/zpravodajstvi/_zprava/dron-zabrani-stretu-ptaku-s-letadly-jihocesky-ucitel-se-svym-vynalezem-uspel-v-soutezi--1564074
- [10] *Sussex Police patrols and protects Gatwick Airport with the Aeryon SkyRanger sUAS* [online]. Aeryon Labs Inc. [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: <https://www.aeryon.com/blog/sussex-police-patrols-and-protects-gatwick-airport-with-the-aeryon-skyranger-suas>
- [11] *Aeryon Labs Inc.* [online]. Aeryon Labs Inc. [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: <https://www.aeryon.com/>
- [12] *Aeryon SkyRanger* [online]. Aeryon Labs Inc. [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: <https://www.aeryon.com/aeryon-skyranger/features>

- [13] *UPDATED: Police acquire four new drones to protect public and investigate crime* [online]. Sussex Police. [cit. 2016-04-14]. Dostupné z:
<http://www.sussex.police.uk/media-centre/updated-police-acquire-four-new-drones-to-protect-public-and-investigate-crime/>
- [14] *Why Aeryon SkyRanger?* [online]. Monadrone. [cit. 2016-04-14]. Dostupné z:
<http://www.monadrone.com/why-aeryon-video/>
- [15] *Airsight* [online]. Airsight GmbH. [cit. 2016-04-15]. Dostupné z:
<http://www.airsight.de/en/>
- [16] *UAV pavement inspections* [online]. Airsight GmbH. [cit. 2016-04-15]. Dostupné z:
<http://www.airsight.de/en/consulting/uav-aerodrome-inspections.html>
- [17] *NextGen Airfield Inspections* [online]. Airsight GmbH. [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: <https://www.airsight.de/en/news/item/357-nextgen-airfield-inspections.html>
- [18] AUSTIN, Reg. *Unmanned aircraft systems UAVs design, development and deployment* [online]. Chichester: Wiley, 2010. ISBN 9780470664803. Dostupné z:
<http://site.ebrary.com/lib/cvut/reader.action?docID=10380998>
- [19] *Journal of System Design and Dynamics* [online]. 2007, 1(2) [cit. 2016-04-18]. ISSN 1881-3046. Dostupné z:
<http://joi.jlc.jst.go.jp/JST.JSTAGE/jsdd/1.120?from=CrossRef>
- [20] *Dragonfly* [online]. Dragonfly Innovations Inc. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z:
<http://www.draganfly.com/>
- [21] *Falcon Unmanned* [online]. Falcon Unmanned. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z:
<http://www.falconunmanned.com/>
- [22] *Unmanned Aerial System Team* [online]. Mesa County. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://sheriff.mesacounty.us/uav/>
- [23] High Voltage Cable Inspection. In: *Youtube* [online]. 8. 3. 2008 [vid. 2016-4-18]. Kanál uživatele simonjz05. Dostupné z:
<https://www.youtube.com/watch?v=9tzga6qAaBA>
- [24] KADRNOŽKOVÁ, Tereza. Energetici v Brně testují drony. Mohly by hledat poruchy elektrického vedení. In: *rozhlas.cz* [online]. 20. 7. 2015 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: http://www.rozhlas.cz/zpravy/technika/_zprava/1514126
- [25] *Sprite* [online]. Ascent AeroSystems. [cit. 2016-04-20]. Dostupné z:
<http://www.ascentaerosystems.com/sprite/>
- [26] Postup. *Výkon služby Řízení provozu ploch*. Letiště Praha, a.s. 2014. LP-PP-011D/2009

- [27] Řád. *Letištní příručka letiště Praha/Ruzyně*. Letiště Praha, a.s. 2010.
LP-RD-003B/2008
- [28] *Letiště Václava Havla Praha pokořilo hranici 12 milionů cestujících ročně* [online]. Letiště Praha. [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: <http://www.prg.aero/cs/o-letisti-praha/tiskove-centrum/tiskove-zpravy/letiste-vaclava-havla-praha-pokorilo-hranici-12-milionu-cestujicich-rocne/>
- [29] *International Bird Strike Committee* [online]. International Bird Strike Committee. [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: <http://www.int-birdstrike.org/>
- [30] Postup. *Ochrana letadel před střety s ptáky a volně žijícími zvířaty*. Letiště Praha, a.s. 2015. LP-PP-047D/2009
- [31] Česká republika. *Letecký předpis L17 – Ochrana mezinárodního civilního letectví před protiprávními činy*. Ministerstvo dopravy ČR. 2014.
- [32] Interní řád. *Vnitřní struktura společnosti Letiště Praha, a.s.* Letiště Praha, a.s. 2015.
LP-RD-005A/2014
- [33] Interní směrnice. *Systém dispečerského řízení Letiště Praha*. Letiště Praha, a.s. 2010. LP-SM-010/2010
- [34] Interní směrnice. *Provádění správy oplocení*. Letiště Praha, a.s. 2014.
LP-SM-008A/2012
- [35] *Oficiální dodavatel termokamer Flir pro ČR a SK* [online]. Workswell s.r.o. [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: <http://www.termokamery-flir.cz/>
- [36] KOPŘIVA, Jan. *Bezpečnostní systém letiště*. Presentace k předmětu Security v letecké dopravě (23SCT). Fakulta dopravní ČVUT v Praze. 2014
- [37] HORÁK, Matyáš. *Radary*. Presentace k předmětu Security v letecké dopravě (23SCT). Fakulta dopravní ČVUT v Praze. 2014
- [38] *Tarsier* [online]. QinetiQ Group. [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://www.tarsier.qinetiq.com/solution/Pages/tarsier.aspx>
- [39] *EuRAD 2011 conference proceedings: 8th European Radar Conference* [online], 12-14 October 2011. London: Horizon House Publications, Ltd., c2011. ISBN 9781457711565. [cit. 2016-05-18]. Dostupné z: http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=6100969&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D6100969
- [40] *FOD Finder* [online]. Trex Enterprises Corporation. [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://www.trexenterprises.com/fodfinderSite/pages/fodfinder.html>

- [41] MCALLISTER, Brad. Detect, Catalog, And Remove. In: *aviationpros.com* [online]. 28. 6. 2012 [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://www.aviationpros.com/article/10726148/trex-aviation-systems-provides-fod-control-for-airports>
- [42] OVERTON, Gail. OPTICAL SURFACE INSPECTION: Structured-light 3D scanner speeds aircraft rivet inspection. In: *laserfocusworld.com* [online]. 7. 12. 2013 [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://www.laserfocusworld.com/articles/print/volume-49/issue-07/world-news/optical-surface-inspection-structured-light-3d-scanner-speeds-aircraft-rivet-inspection.html>
- [43] *Robirds* [online]. Clear Flight Solutions. [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://clearflightsolutions.com/methods/robirds>
- [44] ABSOLON, Stanislav. *Malé dálkově ovládané bezpilotní letadlo pro výzkumné a komerční využití*. Praha, 2015. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze Fakulta dopravní. Vedoucí práce Ing. Peter Vittek, Ing. Tomáš Duša.
- [45] *Approaching birds with drones: first experiments and ethical guidelines* [online]. Rare Bird Alert. [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: http://www.rarebirdalert.co.uk/v2/Content/Approaching_birds_with_drones.aspx?s_id=932052218
- [46] SOUŠEK, Tomáš. Jak se bránit před drony? *Letectví + kosmonautika*. 2015, **91**(8/2015), 76-77. ISSN 0024-1156.
- [47] *Jaká vzdálenost je z pohledu ÚCL považována za bezpečnou?* [online]. Úřad pro civilní letectví. [cit. 2016-05-31]. Dostupné z: <http://www.caa.cz/letadla-bez-pilota-na-palube/jaka-vzdalenost-je-z-pohledu-ucl-povazovana-za-bezpecnou>
- [48] *Introducing Skysense Drone Charging Stations* [online]. Skysense, Inc. [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://www.skysense.co/charging-stations/>
- [49] *UAV propulsion system type comparison* [online]. The UAV Guide. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: http://wiki.theuavguide.com/wiki/Propulsion_System
- [50] SCHWARTZ, Emma. UAVs in Humanitarian Response: The Advantages of Open Source Development. In: *nethope.org* [online]. 23. 9. 2014 [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <http://solutionscenter.nethope.org/blog/view/uavs-in-humanitarian-response-the-advantages-of-open-source-development>

- [51] ANGELOV, Plamen P. *Sense and avoid in UAS: research and applications* [online]. Hoboken, N.J.: Wiley, c2012. Aerospace series (Chichester, England). Dostupné z: <http://site.ebrary.com/lib/cvut/detail.action?docID=10542562>