



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
LETECKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF AEROSPACE ENGINEERING

# MOŽNOSTI ROZVOJE A ZAJIŠTĚNÍ BEZPEČNOSTI DÁLKOVĚ ŘÍZENÝCH LETADEL (RPAS) V ČR

DEVELOPMENT OPPORTUNITIES AND ENSURE THE SAFETY OF REMOTE-CONTROLLED  
AIRCRAFT (RPAS) IN CZECH REPUBLIC

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Bc. LUKÁŠ HABRNAL

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. VIKTOR HODAŇ

BRNO 2015



Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Letecký ústav

Akademický rok: 2014/2015

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

student(ka): Bc. Lukáš Habrnal

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Letecký provoz (3708T011)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

### **Možnosti rozvoje a zajištění bezpečnosti dálkově řízených letadel (RPAS) v ČR**

v anglickém jazyce:

#### **Development opportunities and ensure the safety of remote-controlled aircraft (RPAS) in Czech Republic**

Stručná charakteristika problematiky úkolu: Segment dálkově řízených letadel pochází bouřlivým rozvojem a tato technologie je stále dostupnější. Úkolem práce zmapovat probíhající vývoj jak po stránce provozní, tak i předpisové. Identifikovat problematické aspekty pro další rozvoj RPAS a současně identifikovat možná bezpečnostní rizika.

Cíle diplomové práce:

- Provést zmapování současného stavu z hlediska technologických možností RPAS, platné a připravované legislativy.
- Identifikovat možné problematické oblasti, které mohou ohrozit rozvoj kategorie RPAS.
- Analyzovat možná bezpečnostní rizika, která plynou z rozvoje kategorie RPAS.

Seznam odborné literatury:

(1) DALY, Mark, Martin STREETLY a Kenneth MUNSON. Jane's unmanned aerial vehicles and targets. Coulsdon: Jane's Information Group Limited, 2008, [29], 731 s

(2) NEWCOME, Laurence R. Unmanned aviation: a brief history of unmanned aerial vehicles. 1st ed. Reston: AIAA American Institute of Aeronautics, 2004, 172 s. ISBN 1-56347-644-4.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Viktor Hodaň

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/2015.

V Brně, dne 21.11.2014

L.S.

## **ABSTRAKT**

Tato diplomová práce se zabývá možnostmi rozvoje a zajištěním bezpečnosti dálkově řízených letadel (RPAS) v ČR. Práce je rozdělena do 3 hlavních částí: legislativní, technické a bezpečnostní. V legislativní části najdeme současné a připravované předpisy pro RPAS. Technická část popisuje vývoj bezpilotního letectví až k dnešním civilním RPAS, které jsou popsány na příkladech používaných v ČR. V poslední části je věnován prostor oblastem, které, především z bezpečnostního hlediska, omezují rozvoj RPAS.

## **ABSTRACT**

The present master thesis deals with development opportunities and ensure the safety of remotely piloted aircraft systems (RPAS) in the Czech Republic. Thesis is divided into 3 main parts: legislation, technical part and safety/security. We can find present and future regulations for RPAS. Technical part describes development of unmanned flying from origins to present civil RPAS, which are described by using example of RPAS used in Czech Republic. Last part is dedicated to areas, which are limiting for RPAS development from safety/security point of view.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

dálkově řízená letadlo, bezpilotní letadlo, multikoptéra, legislativa, předpisy, Doplněk X, vývoj, civilní použití, technické možnosti, rozvoj, bezpečnost, problémy

## **KEY WORDS**

remotely piloted aircraft system, unmanned aircraft system, multicopter, legislation, regulations, Appendix X, development, civil usage, technical possibilities, progress, safety, security, problems

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

HABRNAL, L. *Možnosti rozvoje a zajištění bezpečnosti dálkově řízených letadel (RPAS) v ČR*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 89 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Viktor Hodaň.

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Možnosti rozvoje a zajištění bezpečnosti dálkově řízených letadel (RPAS) v ČR vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který tvoří přílohu této práce.

V Brně dne 29. května 2015

.....

Lukáš Habrnal

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu diplomové práce Ing. Viktoru Hodaňovi a panu Tomáši Tichému za pomoc a cenné rady při zpracování daného tématu, dále své rodině, přátelům a členům oddílu stolního tenisu TJ Slezan Frýdek-Místek za příkladnou podporu během studia. Speciální poděkování patří i mému spolubydlícímu Marťouskovi za vytvoření klidného a podnětného pracovního prostředí.

# OBSAH

ÚVOD	10
1. DEFINICE	12
2. LEGISLATIVA	13
2.1. Organizace ovlivňující legislativu RPAS	13
2.1.1. ICAO	14
2.1.2. Evropská unie	15
2.1.3. JARUS	17
2.1.4. Ministerstvo dopravy a ÚCL	17
2.2. Současné předpisy	18
2.2.1. ICAO poradní oběžník č. 328 – Bezpilotní systémy	18
2.2.2. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 216/2008	23
2.2.3. CS-LURS	23
2.2.4. RPAS C2 link RCP koncept	24
2.2.5. Zákon č. 49/1997 Sb., o civilním letectví	25
2.2.6. Vyhláška Ministerstva dopravy č. 108/1997	25
2.2.7. Předpisy řady L	25
2.2.8. Doplněk X předpisu L2	27
2.3. Připravované předpisy	29
2.3.1. ICAO Doc 10019 Manual on RPAS	29
2.3.2. Annexy	30
2.3.3. Předpisy sdružení JARUS	32
3. VÝVOJ RPAS	33
3.1. Prvopočátky	33
3.2. První světová válka a meziválečné období	35
3.3. Druhá světová válka	38
3.4. Studená válka	40
3.5. Moderní systémy	43
4. SOUČASNÉ CIVILNÍ RPAS	46
4.1. RPAS používané v ČR	46
4.2. Technické možnosti RPAS	50
4.2.1. Multikoptéry	50
4.2.2. Letouny – MAVinci Sirius	58
5. BEZPEČNOST PROVOZU	60
5.1. Lidský faktor	62
5.2. Požadavky na RPAS	65
5.3. Využívání společného vzdušného prostoru	67
5.4. Pohled veřejnosti	70
5.5. Protiprávní činy	72



6. ZÁVĚR	74
7. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	77
8. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	81
9. SEZNAM GRAFŮ	84
10. SEZNAM TABULEK	84
11. SEZNAM PŘÍLOH	85
12. PŘÍLOHY	86

# ÚVOD

Letectví je jedním z nejrychleji rozvíjejících se odvětví lidské činnosti. Touha člověka létat je známá již od starověku. Prvním bájným letcem se stal Daidalos se svým synem Ikaros. A i když Ikaros dopadl nedobře, myšlenka vyrovnat se ptákům v lidech zůstala. Své návrhy na létající stroje publikoval i věhlasný Leonardo da Vinci na přelomu 15. a 16. století. V roce 1783 se poprvé veřejně vznesl horkovzdušný balón bratří Montgolfierů, čímž bylo dokázáno, že člověk se do vzduchu dostat může. Balóny vedly ke vzniku říditelných vzducholodí ve druhé polovině 19. století. Od nich byl už jen kousek k říditelnému létajícímu stroji těžšího než vzduch. V roce 1903 se poprvé vznesl Wright Flyer a odstartoval překotně se vyvíjející éru létání. Za 111 let jsme se dostali od jednodominutového letu do období, kdy se létá do vesmíru, létá se nadzvukovými rychlostmi a civilní letectví je celosvětově rozšířené, relativně finančně dostupné a hlavně velice bezpečné. Dnešní globalizovaný svět by bez rychlé letecké dopravy nemohl fungovat.

Vedle klasického letectví se v poslední době čím dál více objevuje termín bezpilotních letadel. Jedná se o prostředky, kdy pilot není přímo na palubě letadla, ale řídí jej, s větší či menší mírou automatizace, ze země. Jakožto drtivá většina nových technických vynálezů, i bezpilotní systémy se nejprve objevily a byly rozvíjeny a používány ve vojenském prostředí. Rozvoj moderních technologií a jejich všeobecná dostupnost však způsobila, že se bezpilotní systémy dostaly i mezi širokou veřejnost. Všichni známe létající modely, které se používají pro zábavu. Dnes jsme se dostali do situace, kdy si své dálkově řízené letadlo může koupit prakticky každý, bez ohledu na zkušenosti s létáním či dokonce základních znalostí letectví.

Trend rozvoje bezpilotních letadel v nevojenském použití je celosvětový. Výhody používání RPAS při rozličných pracích jsou nesporné. Avšak jejich využívání s sebou nese také celou řadu rizik. I havárie malého bezpilotního letadla může způsobit škodu na zdraví a majetku. Klasické „velké“ letectví funguje na vysoké úrovni bezpečnosti díky snaze poučit se z každé nehody či incidentu a zabránění opakování stejných chyb v budoucnosti. UAS jsou nyní v situaci, kdy se jejich počet na obloze každoročně prudce zvyšuje. V kombinaci s nedostatkem zkušeností všech složek civilního letectví s tímto druhem létání se také rapidně zvyšuje možnost nehod.

Cílem této diplomové práce je zmapovat technologické možnosti současných dálkově řízených letadel, platné a připravované legislativy. Dále identifikovat oblasti potenciálně ohrožující rozvoj RPAS a analyzovat bezpečnostní rizika z tohoto rozvoje plynoucí.

Práce je rozdělena do 5 hlavních kapitol. V první jsou definovány základní pojmy týkající se problematiky. Druhá kapitola řeší legislativu. Tato kapitola je rozdělena do 3 částí: organizace zabývající se předpisy pro bezpilotní letectví, vyhotovené předpisy a připravované předpisy. Třetí kapitola je věnována historickému vývoji bezpilotního létání, aby byl vytvořen kontext pro současné civilní RPAS, jejichž

technické možnosti popisuje kapitola čtvrtá. V poslední kapitole je nahlíženo na provoz RPAS z hlediska bezpečnosti a překážek bránících v jejich rozvoji. Oblastí majících vliv na bezpečnost a další rozvoj bylo identifikováno 5: lidský faktor, technické požadavky na RPAS, využívání vzdušného prostoru, postoj veřejnosti a riziko zneužití k protiprávním činům.

# 1. DEFINICE

V této části jsou zadefinovány základní pojmy týkající se bezpilotních letadel používané v diplomové práci.

*Autonomní letadlo* – bezpilotní prostředek neumožňující zásahy pilota do řízení během letu [1]

*Bezpilotní letadlo (Unmanned Aircraft, UA)* – letadlo určené k provozu bez pilota na palubě. Jedná se o nadřazenou kategorii obsahující dálkově ovládaná letadla a autonomní letadla. Často se také používá zkratka UAV (Unmanned Aerial Vehicle). Tento termín je však podle ICAO Cir 328 zastaralý. [1]

*Bezpilotní letadlový systém (Unmanned Aircraft System, UAS)* – letadlo určené k provozu bez pilota na palubě se všemi proprietami potřebnými k jeho provozu. Jedná se převážně o řídicí stanici, komunikační zařízení, startovací a přistávací zařízení apod. [1]

*Dálkově ovládané letadlo (Remotely-Piloted Aircraft, RPA)* – letadlo určené k provozu bez pilota na palubě. Pilot musí být v každém okamžiku schopný aktivně zasáhnout do řízení letu. [1]

*Dálkově ovládaný letadlový systém (Remotely-Piloted Aircraft System, RPAS)* – dálkově ovládané letadlo se všemi proprietami potřebnými k jeho provozu. Jedná se převážně o řídicí stanici, komunikační zařízení, startovací a přistávací zařízení apod. [1]

*Letadlo* – zařízení schopné vyvozovat síly nesoucí je v atmosféře z reakcí vzduchu, které nejsou reakcemi vůči zemskému povrchu. [2]

*Model letadla* – letadlo neschopné nést člověka na palubě, které je používáno pouze pro rekreační, sportovní a soutěžní účely. Není vybaveno žádnou formou autopilota. V případě volného modelu je řízeno pouze za účelem ukončení letu a v případě dálkově řízeného modelu je pod neustálým přímým dohledem pilota. [3]

*Pilot* – člověk určený provozovatelem nebo vlastníkem letadla k vykonání letu. Je odpovědný za bezpečné provedení letu bez ohledu na stupeň automatizace letadla. [1]

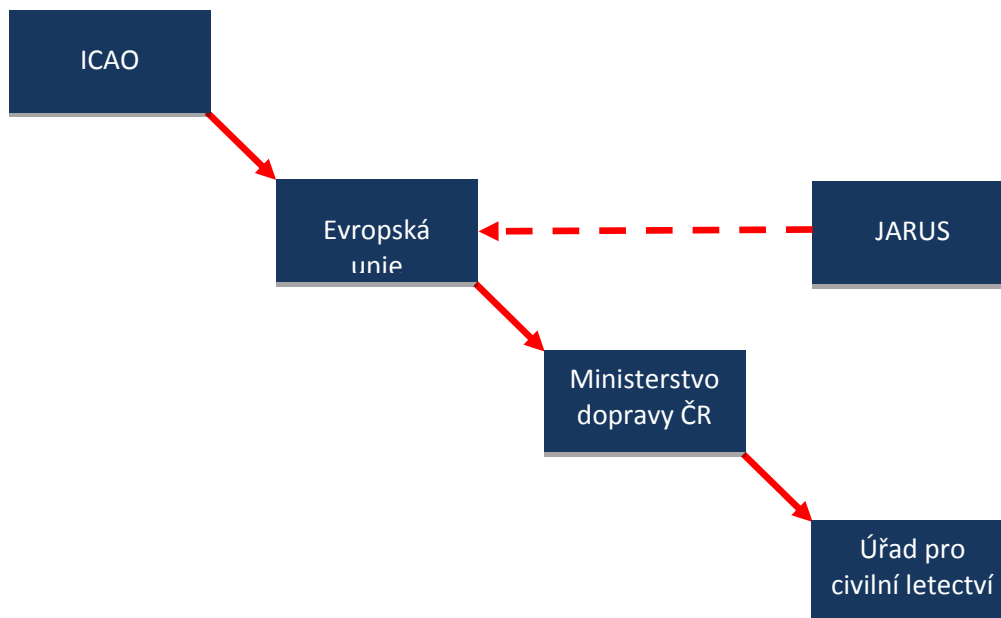
*pozn.: dle ICAO Cir 328 je RPAS podkategorií bezpilotních letadlových systémů (UAS). Doplněk X českého předpisu L2 pojem RPA ani RPAS nezavádí a všechny bezpilotní prostředky zahrnuje do nadřazené kategorie Bezpilotních letadel.*

## 2. LEGISLATIVA

Klasické letectví disponuje širokou škálou zákonů, předpisů a regulací, které popisují požadavky na veškeré činnosti v letectví. Tyto legislativní prvky byly postupně vytvářeny po několik desítek let na základě provozních zkušeností, chyb a omylů a neustále se zdokonalují v závislosti na vývoji letecké techniky a získávání nových poznatků. Jejich cílem je zajistit vysokou úroveň bezpečnosti. Podobné předpisy pomalu vznikají i pro bezpilotní prostředky. Celý proces je však celosvětově teprve v počátcích. V této části jsou popsány organizace mající vliv na tvorbu legislativy týkající se RPAS a legislativa samotná (současná i připravovaná).

### 2.1. Organizace ovlivňující legislativu RPAS

Vzhledem ke globálnímu charakteru letecké dopravy není její legislativa pouze v národních kompetencích jednotlivých států. Česká republika je členem mnoha mezinárodních organizací a činnost těchto organizací ovlivňuje tvorbu českých zákonů a předpisů. Na národní úrovni se o leteckou legislativu stará Ministerstvo dopravy České republiky ve spolupráci s Úřadem pro civilní letectví. Obsah předpisů si však netvoříme sami, nýbrž jej přebíráme z mezinárodních standardů. Nejdůležitějším mezinárodním orgánem pro tvorbu standardů a doporučení je ICAO. Pro ČR, jakožto člena Evropské unie (dále jen EU), jsou to i nařízení a směrnice Evropského parlamentu a Rady EU. Speciálně pro řešení problematiky bezpilotních prostředků byla také vytvořena skupina JARUS (Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems) sdružující národní úřady pro civilní letectví za účelem vytvoření jednotných pravidel pro UAS.



Obr. 1: Hierarchie organizací v civilním letectví

### 2.1.1. ICAO

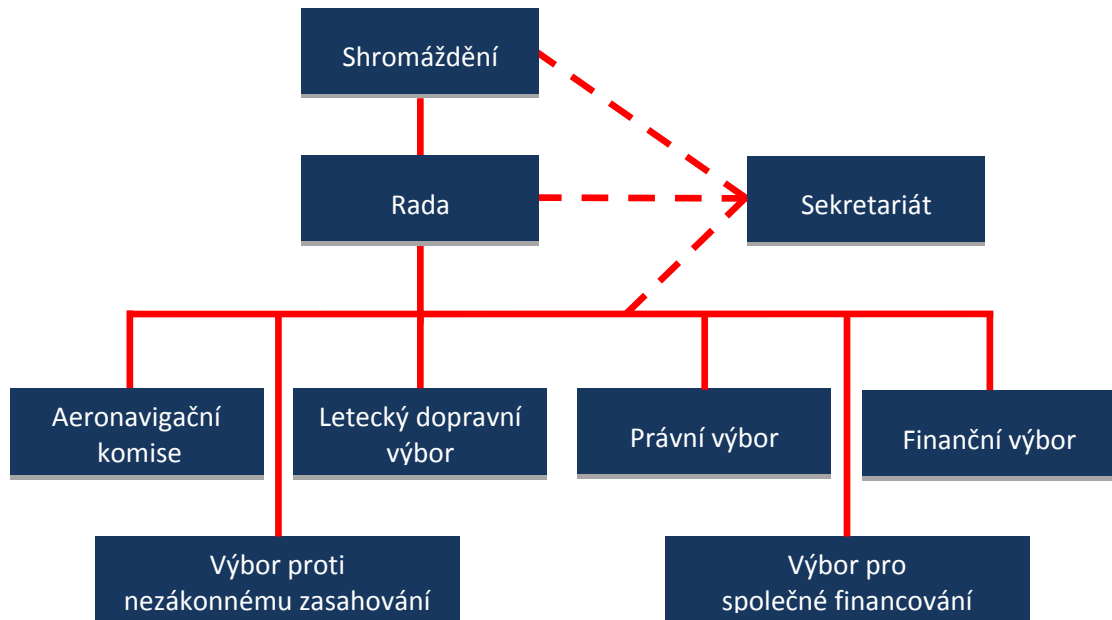
Mezinárodní organizace pro civilní letectví (International Civil Aviation Organization, ICAO) vznikla na základě článku 43 *Úmluvy o mezinárodním civilním letectví* (dále jen *Úmluva*) podepsané na Chicagské konferenci v roce 1944. Jedná se o vládní organizaci přidruženou k OSN. Podle článku 44 *Úmluvy* je cílem ICAO rozvíjet zásady a techniku mezinárodního létání a podporovat plánování a rozvoj mezinárodní letecké dopravy, a to s cílem:

- zajišťovat bezpečný a pořádaný rozvoj mezinárodního civilního letectví na celém světě,
- podporovat techniku letecké konstrukce a provozu k mírovým účelům,
- podporovat rozvoj leteckých tratí, letišť a leteckých pomocných zařízení pro mezinárodní civilní létání,
- vyhovovat potřebám lidstva týkajících se bezpečné, pravidelné, účinné a hospodárné letecké dopravy,
- zabraňovat hospodářským ztrátám vyvolaných nerozumnou soutěží,
- zajišťovat, aby bylo plně dbáno práv smluvních států a aby každému smluvnímu státu byla dána vhodná příležitost provozovat mezinárodní letecké dopravní podniky,
- zabraňovat nepříznivému rozlišování mezi smluvními státy,
- přispívat k bezpečnosti letu v mezinárodním létání,
- přispívat všeobecně k rozvoji mezinárodního civilního letectví ve všech směrech.

Hlavní sídlo ICAO se nachází v Montrealu. Regionální kanceláře sídlí v Paříži, Limě, Mexico City, Bangkoku, Dakaru, Káhiře a Nairobi.

Nejvyšším orgánem ICAO je Shromáždění. Schází se jednou za 3 roky a zahrnuje všechny členské státy. Vymezuje základní směry a činnosti ICAO, schvaluje zprávy Rady z minulého období a program činnosti Rady na období následující. Rada je stálým orgánem ICAO. Zasedání probíhají třikrát ročně. Rada má 36 členů volených v tajném hlasování. Hlasuje se tak, aby v Radě byly zastoupeny státy, které mají důležitou roli v civilním letectví, významně pomáhají ve vývoji a poskytování aeronavigačních prostředků a aby byly zastoupeny státy ze všech částí světa. Aby Rada zvládla pojmout všechny aspekty letectví, jsou jí podřízeny speciální výbory a komise. Mezi ně patří Aeronavigační komise, Letecký dopravní výbor, Právní výbor, Finanční výbor, Výbor pro společné financování letecko-provozních služeb v oblasti severního Atlantiku od 40° severní šířky a Výbor proti nezákonnému zasahování do činnosti civilního letectví. Hlavním úkolem Rady je schvalování mezinárodních norem a doporučení, které vydávají formou Příloh (Annexů) k *Úmluvě*. Annexy obsahují minimální požadavky pro fungování civilního letectví. Tyto minimální požadavky musí být ve členských státech ICAO dodržovány (pokud není sjednána výjimka) a mohou být zpřísněny. Požadavky mají formu standardů a doporučení. Plnění standardů je závazné, avšak nejsou právně vymahatelné. Doporučení jsou žádoucí a státy by měly usilovat

o jejich dodržování, protože přispívají k bezpečnosti, pravidelnosti a efektivnosti letecké dopravy. Annexy jsou přebírány jednotlivými státy, kde se stávají zákonnými normami. U nás jsou přetransformovány do leteckých předpisů L1 až L19. Doplnkovým a vysvětlujícím materiálem k Annexům jsou oběžníky. Posledním důležitým orgánem ICAO je Sekretariát. Jedná se o stálý správní orgán, jenž zajišťuje činnost Shromáždění, Rady, dalších orgánů a oblastních kanceláří. V jeho čele stojí generální tajemník ICAO. [4]



Obr. 2: Struktura ICAO

### 2.1.2. Evropská unie

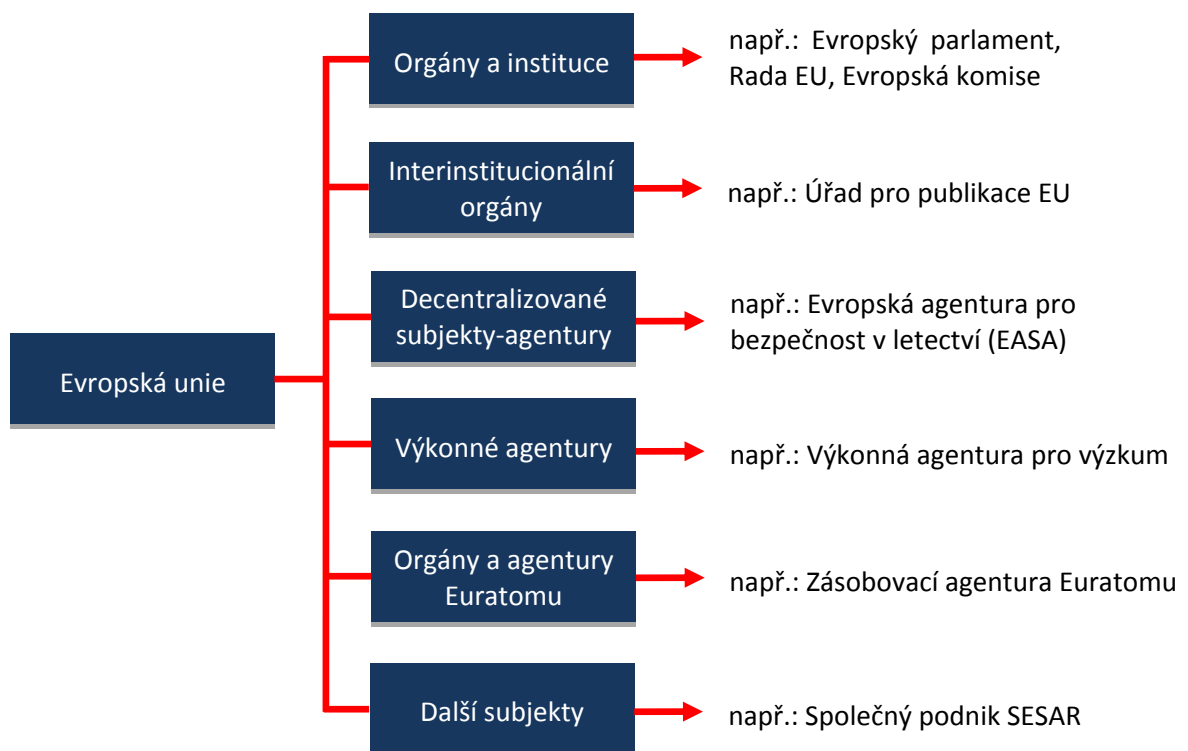
EU je politické a hospodářské sdružení 28 evropských států. Počátky EU se datují v období po druhé světové válce. Bylo založeno Evropské hospodářské společenství, protože se předpokládalo, že společně obchodující státy mezi sebou nebudou válčit. Prvotními členy EHS byla Belgie, Nizozemí, Lucembursko, Německo, Itálie a Francie. Z hospodářského svazku se stal svazek politický a roku 1993 se EHS přejmenovalo na Evropskou unii. [5]

Hlavními orgány EU jsou Evropský parlament, Rada EU a Evropská komise. Komise je představitelem výkonné moci EU. Jejimi hlavními úkoly jsou předkládání právních předpisů Radě a Parlamentu, spravování rozpočtu EU, dohlížení na dodržování evropského práva a reprezentace EU na mezinárodní scéně. K zákonodárné moci EU patří Evropský parlament a Rada EU. Společně přijímají nové právní předpisy a projednávají a přijímají rozpočet. Parlament také dohlíží na Komisi a zajišťuje demokratické fungování Unie. Rada EU kromě schvalování zákonů a rozpočtu podepisuje dohody mezi EU a dalšími zeměmi, rozvíjí zahraniční a obrannou politiku a koordinuje hospodářské směry jednotlivých členských států. [6]

Legislativa vytvořená z pera EU se dělí na tyto typy právních předpisů [7]:

- *Nařízení* – podobné zákonům. Je právně závazné a platné ve všech státech EU. Má přednost před národní legislativou, která musí být upravena, aby mu vyhovovala.
- *Směrnice* – stanovuje, jakého výsledku je potřeba dosáhnout. Tento výsledek je závazný. O způsobu dosažení rozhodují jednotlivé státy.
- *Rozhodnutí* – je určeno pro konkrétní osobu nebo organizaci. Pro tento subjekt je závazné.
- *Doporučení* – není závazné a nejsou z něj vyvozeny žádné právní důsledky. Vyjadřuje názory orgánu EU.
- *Stanovisko* – vyjádření k určité otázce orgánem EU. Není závazné pro příjemce a nejsou z něj vyvozeny žádné právní důsledky.
- *Sdělení* – dokument bez právních účinků vydaný Evropskou komisí. Vyjadřuje názor Komise na aktuální otázku.

Důležitým rádcem orgánů EU v oblasti letectví je Evropská agentura pro bezpečnost v letectví (European Aviation Safety Agency, EASA). Zabývá se certifikací, údržbou, zachováním letové způsobilosti letadel a jejich částí, způsobilostí leteckého personálu a leteckého provozu, uspořádáním letového provozu, letových navigačních služeb a letišť. EASA formou stanoviska předkládá Parlamentu, Radě a Komisi hlavní požadavky a prováděcí pravidla, které se po schválení mohou stát nařízeními či jinou formou právního předpisu. Agenturní pravidla, jako požadavky přijatelné způsoby průkazu, poradní materiál a certifikační specifikace, si EASA vydává sama. [8]



Obr. 3: Struktura EU [34]



### **2.1.3. JARUS**

Sdružení leteckých úřadů pro tvorbu leteckých předpisů v oblasti bezpilotních systémů (Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems, JARUS) je organizace spojující EASA, Eurocontrol a národní úřady pro civilní letectví včetně České republiky. JARUS vznikl v roce 2007 za účelem vytvoření harmonizovaných požadavků a doporučení pro stavbu a provoz bezpilotních systémů. Předpokládá se, že orgány EU výsledky této organizace v budoucnu přemění v nějakou formu předpisu (pravděpodobně nařízení).

Pracovníci JARUS jsou rozděleni do pracovních skupin podle oblastí, pro kterou vytvářejí standardy:

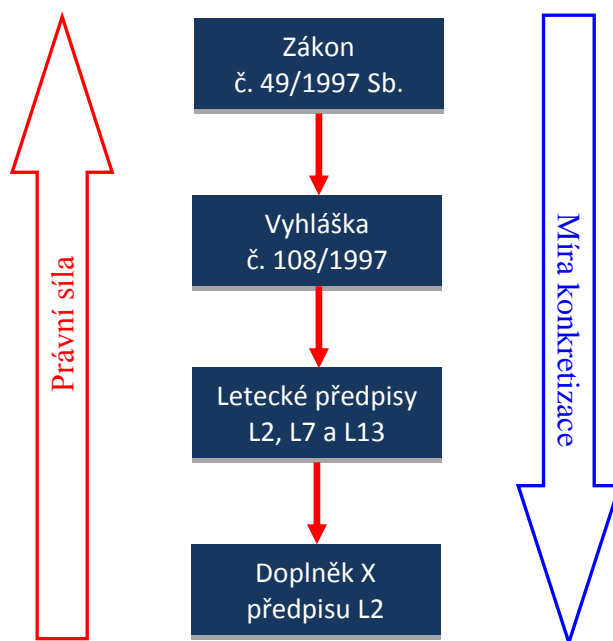
- WG-1, provozní a personální požadavky
- WG-2, schvalování organizací zúčastněných v oblasti bezpilotních letadel
- WG-3, letová způsobilost
- WG-4, detekce a vyhnutí se ostatnímu provozu
- WG-5, velení, kontrola a komunikace
- WG-6, systém bezpečnosti bezpilotních prostředků

Cílem JARUS není vydání zákonných předpisů, nýbrž pouze vytvoření doporučení a standardů. Bude na rozhodnutí každého státu nebo zodpovědné regionální organizace, jakým způsobem využijí výstupy JARUS. [9]

### **2.1.4. Ministerstvo dopravy a ÚCL**

Ministerstvo dopravy je nejvyšším orgánem ovlivňujícím civilní letectví v České republice. Zastituje všechny druhy dopravy (silniční, železniční, vodní a leteckou). Leteckou dopravu má na starosti Odbor civilního letectví. Ten se dále dělí na Oddělení letecké dopravy, Oddělení infrastruktury letišť, Oddělení ochrany civilního letectví, Oddělení leteckého provozu, techniky a rozvoje.

Ministerstvo dopravy předkládá ke schválení zákony týkající se letecké dopravy a jejich úpravy. Dále vydává vyhlášky upřesňující obsah zákona. Vyhláška je forma prováděcího předpisu. Na další úrovni najdeme konkrétní letecké předpisy. V ČR máme 19 předpisů řady L, které vycházejí z Annexů ICAO a jsou právně závazné. Jednotlivé předpisy pro Ministerstvo dopravy zpracovává Úřad pro civilní letectví. Jedná se o vnitrostátní dozorový orgán. Má na starosti dohled nad civilním letectvím v ČR, licencování leteckého personálu a certifikaci letadel a letecké techniky. Veškeré pravomoci Ministerstva dopravy týkající se letecké dopravy jsou v §88 zákona č. 49/1997 sbírky a pravomoci ÚCL v §89 a §90 stejného zákona. [10]



Obr. 4: Současná legislativní struktura vydávána českými autoritami ve vztahu k RPAS

## 2.2. Současné předpisy

Ačkoliv je legislativa k bezpilotním systémům stále v počátku, již dnes můžeme najít několik oficiálních dokumentů, které se touto problematikou zabývají. ICAO prozatím upravilo Annexy 2, 7 a 13 a vydalo poradní oběžník č. 328. Dalším dokumentem je nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 216/2008. Sdružení JARUS vydalo Certifikační specifikace pro lehké bezpilotní systémy s rotující nosnou plochou CS-LURS a koncept požadované komunikační výkonnosti spojení C2 pro dálkově řízená letadla (RPAS C2 link RCP). Ministerstvo dopravy ve spolupráci s ÚCL implementovalo úpravu výše zmíněných Annexů do našich národních předpisů řady L. Byl vytvořen Doplněk X předpisu L2, jenž je celý věnován bezpilotním prostředkům. V únoru 2015 byl také novelizován zákon č. 49/1997 Sb., o civilním letectví a prováděcí vyhláška č. 108/1997 Sb.

### 2.2.1. ICAO poradní oběžník č. 328 – Bepilotní systémy

Poradní oběžník pro bezpilotní systémy, v originále *ICAO Cir 328, Unmanned Aircraft Systems (UAS)*, byl vydán v roce 2011. Cílem ICAO je poskytnout bezpilotním systémům základní mezinárodní regulační rámec pomocí doporučení a standardů. Tento dokument je první krok k dosažení bezpečného, harmonizovaného a jednotného provozu UAS. Cílem Oběžníku je informovat státy o stanovisku ICAO k integraci UAS do neodděleného vzdušného prostoru, zvážit zásadní rozdíly oproti klasickému letectví a pobídnout státy k pomoci s tvorbou strategie k UAS poskytnutím informací o vlastních zkušenostech s provozem UAS. Oběžník je včetně úvodu rozdělen do 7 kapitol, které řeší jednotlivé oblasti problematiky UAS. Jedná se především o systémy samotné a požadavky na ně, požadavky na personál a provozní aspekty.

## Kapitola 1 – Úvod

První kapitola má pouze úvodní charakter, kde je zmiňován účel dokumentu a jeho struktura.

## Kapitola 2 – ICAO regulační rámec

Druhá kapitola se zabývá základními myšlenkami regulace UAS. Pod regulační rámec spadají všechna bezpilotní letadla (jak dálkově ovládaná, tak i autonomní), avšak pro integraci bezpilotních systémů do nesegregovaného vzdušného prostoru se počítá pouze s RPA, jelikož jsou říditelná v reálném čase. Autoři Cir 328 předpokládají, že tato integrace by se mohla povést ve střednědobém horizontu. RPA však zatím nebudou převážet pasažéry za úplatu. Do kategorie UAS nejsou započítány modely letadel. Ty nespádají do nařízení Chicagské úmluvy a jsou plně v pravomoci národních regulačních úřadů. Model letadla je určen pouze k rekreačním účelům. *Pozn. Přesný rozdíl mezi modelem letadla a UA je řešen v Doplňku X předpisu L2*

V současnosti je většina UA provozována v odděleném vzdušném prostoru, aby nepředstavovala riziko pro ostatní letadla. Klíčovým faktorem k integraci UA do společného vzdušného prostoru bude schopnost UA reagovat a chovat se stejně jako klasická letadla. Toto je úkolem vývoje techniky, která zajistí, aby RPA bylo schopno komunikovat s ATC a včas reagovat na jeho pokyny.

Úkolem regulačního rámce je zajistit nejvyšší možnou úroveň bezpečnosti provozu UA ve vztahu k ostatním uživatelům vzdušného prostoru i lidem a majetku na zemi. Prvním krokem regulačního rámce je identifikace společných rysů a rozdílů mezi bezpilotním a klasickým letectvím. Technické zabezpečení letuschopnosti, kontroly, detekce a vyhýbání a jiných funkcí je úkolem různých organizací vytvářející průmyslové standardy. ICAO se zaměřuje na vyšší úroveň výkonnostních standardů. Jinými slovy ICAO nastaví laťku požadované výkonnosti, ale už neřeší, jakým způsobem bude této výkonnosti dosaženo. To je již úkolem průmyslu.

## Kapitola 3 – Přehled UAS

UAS budou provozovány podle ICAO standardů pro klasické letectví, stejně jako podle speciálních standardů, jež postihují oblasti, ve kterých se UAS od klasického letectví liší. Pro integraci do nesegregovaného vzdušného prostoru musí vždy existovat osoba odpovědná za provedení letu. V blízké budoucnosti se nepočítá, že by zodpovědnost pilota byla nahrazena jakoukoliv technologií. To ovšem neznamená zákaz využívání autopilota či jiných technologií ulehčující pilotovi práci. Základním principem RPA zůstává, že pilot musí být v každém okamžiku schopný převzít plnou kontrolu nad ovládním letu. Nezávisle na úrovni vývoje technologií, RPA vždy musí být provozovány dle předpisů státu, ve kterém je let prováděn.

RPAS se skládá z RPA, řídicí stanice, C2 spojení (řízení a kontrola) a dalších částí systému jako například software, monitorování zdravotního stavu pilota, vybavení pro komunikaci s ATC, systém pro ukončení letu, vzletové a přistávací prvky. RPAS

nemusí být statický. To znamená, že RPA může být pilotováno z více stanic pro různé fáze letu nebo jedna řídicí stanice může ovládat více RPA.

UAS jsou vhodná k využití pro úkoly, které jsou pro pilota klasického letadla příliš monotónní nebo nebezpečné. Civilní trh s UAS poroste v závislosti na legislativních omezeních a vývoji technologií potřebných k bezpečnému provozování UAS. Rostoucí důvěra uživatelů a veřejnosti k bezpečnosti a spolehlivosti RPA povedou k růstu trhu.

#### Kapitola 4 – Legislativa

V této části jsou zmíněny články Úmluvy z roku 1944, jež se dají aplikovat pro UAS.

*Článek 3:* Signatářské státy Úmluvy jsou za určitých okolností oprávněny nařídit civilnímu letadlu v jejich vzdušném prostoru přistání na určeném letišti. Toto platí i pro RPA. To musí být vybaveno takovou technologií, aby bylo schopno uposlechnout příkazu, přesměrovat let a přistát na daném letišti.

*Článek 8:* Letadlo bez pilota na palubě se smí pohybovat ve vzdušném prostoru státu pouze se speciálním povolením daného státu. Před vydáním povolení musí být vždy zvážena bezpečnost ostatních civilních letadel.

*Článek 12:* Každý signatářský stát musí přijmout pravidla, aby zajistil, že každé letadlo letící v jeho vzdušném prostoru a každé letadlo s jeho státní imatrikulací, ať se nachází kdekoliv, se podrobí místním platným pravidlům a předpisům týkajících se pohybu letadel. Toto nařízení se aplikuje na všechna letadla, včetně bezpilotních. Za dodržování předpisů je odpovědný velící pilot nezávisle na jeho geografické pozici.

*Článek 15:* Všechna veřejná letiště na území signatářského státu musí být přístupná i letadlům jiných států za stejných podmínek (s výjimkou uvedenou v článku 68). Poplatky a přístup k letištní technice a službám musí být rovněž pro všechna letadla stejné. Stejně jako článek 12, i toto nařízení je aplikovatelné na UA.

*Článek 29:* Každé letadlo používané k mezinárodní dopravě musí mít na palubě tyto dokumenty:

- osvědčení o zápisu do rejstříku,
- osvědčení o letové způsobilosti,
- potřebné licence všech členů posádky,
- letový deník,
- povolení rádiové stanice, je-li vybaveno rádiem,
- seznam pasažérů včetně míst odletu a příletu, jsou-li přepravováni,
- manifest a detailní prohlášení o zboží, je-li přepravováno.

Zejména pro malá UA je nemožné mít na palubě všechny zmíněné dokumenty. Pro tento případ je potřeba zvážit, zda je nutné je mít všechny na palubě. Pokud není možné na palubě nést ani omezené množství dokumentů, je nutné zvážit formu elektronických dokumentů.

*Článek 31:* Každé letadlo používané v mezinárodní dopravě musí mít osvědčení o letové způsobilosti vydané státem, kde je registrováno. Toto nařízení opět platí i pro UA. Existuje možnost různých definicí letové způsobilosti v jednotlivých státech. Do doby než bude upraven Annex 8 – Letová způsobilost letadel, budou existovat i tyto rozdíly.

*Článek 32:* Pilot každého letadla včetně ostatních členů posádky musí mít platné průkazy vydané, nebo uznané za platné státem, kde je letadlo registrováno. Piloti RPA pod tento článek nespádají. I přesto musí být piloti RPA vyškoleni a vlastnit průkaz opravňující k činnosti ovládání RPA. Než bude aktualizován Annex 1 – Licencování personálu, budou existovat rozdílné požadavky na piloty RPA v závislosti na státu, kde jsou certifikováni.

*Článek 33:* Osvědčení o letové způsobilosti, průkazy a licence vydané státem, v němž je letadlo zapsáno do rejstříku, musí být ostatními státy uznány za platné za předpokladu, že podmínky udělení osvědčení jsou rovny minimálním podmínkám pro udělení stejného osvědčení v ostatních státech. Stejně jako u článku 31, i zde záleží na definování podmínek letové způsobilosti v jednotlivých státech. Sjednocení by měla přinést úprava Annexu 8.

#### Kapitola 5 – Provoz

UA se řídí pravidly létání uvedenými v Annexu 2. Tento Annex je v souladu s článkem 12 Chicagské úmluvy.

Velící pilot je zodpovědný za detekci překážek a vyhýbání se kolizím s ostatním provozem, terénem a stavbami. Základním principem pravidel létání je, že pilot je schopen zpozorovat ostatní letadla a tím se vyhnout kolizi, udržovat bezpečnou vzdálenost a řídit se pravidlem vyhýbání vpravo. Integrace RPA tyto principy nesmí změnit. Pilot klasického letadla pozoruje, vyhodnocuje a má na zřeteli širokou škálu vizuálních signálů určených k zachycení jeho pozornosti a sdělení určité informace (např. světelná návěstidla na letišti). Pilot RPA, přestože není na palubě, musí být schopen tyto signály vidět a reagovat na ně.

Provoz RPAS musí být co nejvíce kompatibilní se současnými postupy ATS. Dalším důležitým provozním faktorem je schopnost RPAS využívat současná letiště včetně všech jejich parametrů.

Bezpečnost RPA je také důležitým aspektem provozu. Řídicí stanice má stejnou funkci jako kokpit a proto musí být chráněna před sabotáží nebo nezákonným zásahem. Podobně i samotné RPA musí být uloženo tak, aby bylo zabráněno nepovolené manipulaci a zajištěna neporušenost nezbytných částí. Komunikační kanál mezi RPA a řídicí stanicí nahrazuje táhla, lana a kabely klasických letadel. Je nutné, aby byl tento kanál chráněn před útoky hackerů, počítačových virů či jiných kybernetických útoků.

#### Kapitola 6 – Letadlo a systémy

RPAS jsou integrovány do systému certifikace, který již funguje pro klasická letadla. Přináší však nové požadavky na certifikační předpisy, protože RPA nemůže

fungovat bez podpůrných prvků jako je řídicí stanice, C2 datové spojení, atd. Všechno toto vybavení musí také podléhat certifikačnímu procesu tak, aby podpůrné prvky nebyly spojené s jedním konkrétním RPA. Existují dvě varianty certifikace RPAS. V první se RPA, řídicí stanice a další nutné prvky certifikují jako jeden celek. Ve druhé variantě se každá část RPAS certifikuje individuálně.

Mnoho existujících standardů a doporučených postupů pro letovou způsobilost z klasického letectví je aplikovatelných pro UAS. Ostatní vyžadují inovativní řešení. Například absence posádky a pasažérů dovoluje nemít na palubě bezpečnosti pásy. Letová způsobilost UAS musí počítat i se standardy a doporučenými postupy pro řídicí stanice a C2 datové spojení. Současná kategorizace letadel pro certifikaci nemusí stačit k podpoře nových technologií, které UAS přinášejí. Je třeba zvážit možnosti nových draků letadel, pohonů, netradičních konstrukčních metod, technologií k detekci a vyhnutí, provozní komunikaci, C2 datovému spojení, atd.

Řídicí stanice je jednou z nejdůležitějších částí RPAS. Nahrazuje kokpit klasického letadla a z toho důvodu je potřeba, aby její funkce byla zálohovaná minimálně ve stejné míře, jako jsou zálohovány ovládací prvky klasických letadel.

V případě, že RPA nebude provozováno v přímém dohledu pilota, musí být vybaveno potřebným radionavigačním zařízením. V budoucnu by všechny UA měly být vybaveny transpondéry nebo jiným zařízením pro sledování (ADS-B). Pro komunikaci bude vyžadováno VKV rádio.

## Kapitola 7 – Personál

Licencování personálu upravuje Annex 1. Nebyl však zatím aktualizován, aby obsahoval i požadavky na personál UAS. Nejdůležitější je rozhodnout, zda je licence pilota primárně vázaná na RPA nebo na řídicí stanici. Na základě tohoto faktu by pilot dostal licenci od státu registrace RPA nebo od státu registrace stanice. Opravňující orgány by také měly vzít v potaz umístění řídicí stanice (zda je v budově, ve vozidle, na lodi, v jiném letadle, atd.).

Výcvik a licencování pilotů a dalšího personálu budou vyvíjeny podobně jako u klasického letectví. Licence se mohou dělit podle aplikace RPA (např. v přímém dohledu pilota, mimo dohled pilota) a typu RPA (např. letoun, helikoptéra). Do Annexu 1 se budou muset zavést nové pojmy jako pilot RPA, navigátor RPA, mechanik RPA či RPA pozorovatel (osoba asistující pilotovi při přímém vizuálním kontaktu).

Licencování řídicích letového provozu nebude UAS ovlivněno. Nicméně jakmile se UAS integrují do řízeného vzdušného prostoru, řídicí budou muset podstoupit pokračovací výcvik obsahující specifikační informace jednotlivých typů UAS (výkonnost, provozní limity, nouzové procedury atd.). [1]

## **2.2.2. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 216/2008**

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 216/2008 o společných pravidlech v oblasti civilního letectví a o zřízení Evropské agentury pro bezpečnost letectví, kterým se ruší směrnice Rady 91/670 EHS, nařízení (ES) č. 1592/2002 a směrnice 2004/36/ES je dokument, který jako první zásadně rozšiřuje pravomoci EASA. Hlavními předměty rozšíření jsou osvědčování způsobilosti leteckého personálu, letecký provoz a související osvědčení, provozovatelé ze třetích zemí, dozor a vynucování, pokuty a penále. [11]

Pro problematiku UAS je důležitý fakt, že do kompetencí EASA spadají pouze bezpilotní prostředky s maximální vzletovou hmotností nad 150 kg. Na základě tohoto nařízení vydalo Ministerstvo dopravy ČR v květnu 2008 Bezpečnostní opatření, jež jako první regulovalo použití UA v České republice. Opatření se stalo výchozím bodem pro vytvoření Doplnku X předpisu L2. [12]

## **2.2.3. CS-LURS**

Pracovní skupina WG-3 pro letovou způsobilost ze sdružení JARUS v říjnu 2013 vydala první verzi Certifikační specifikace pro lehké bezpilotní systémy s rotující nosnou plochou (Certification Specification for Light Unmanned Rotor Systems, CS-LURS). CS-LURS koncepčně vychází z již existujících předpisů CS. Je velice podobný především CS-27 pro malá rotorová letadla. Vzhledem ke specifickým vlastnostem UAS však obsahuje i části, které v certifikační specifikaci klasických letadel nenajdeme.

Struktura CS-LURS je stejná jako u ostatních CS. Skládá se z Knihy I a Knihy II, které obsahují jednotlivé hlavy a dodatky. Kniha I pojednává o certifikačních specifikacích, zatímco Kniha II řeší přijatelné způsoby průkazu. Prvních sedm hlav Knihy I kopíruje předpis CS-27. Zbylé dvě hlavy jsou speciální pouze pro UAS.

Jedná se o:

- Hlava A – Všeobecně
- Hlava B – Let
- Hlava C – Pevnostní požadavky
- Hlava D – Návrh a konstrukce
- Hlava E – Pohonná jednotka
- Hlava F – Vybavení
- Hlava G – Provozní omezení a informace
- Hlava H – vyhrazeno pro Detekci a vyhýbání (prozatím nezpracováno)
- Hlava I – Řídící stanice

Dodatky Knihy I pojednávají o instrukcích pro pokračující letovou způsobilost, motory, interakce mezi systémy a konstrukcí a energii rádiového vysílání a jeho vlivu na prostředí.

Hlavy Knihy II jsou totožné v rozsahu A-F. Knihy G-I jsou prozatím nezpracované, stejně jako Dodatek A. Dodatky B a C opět korespondují s Knihou I.

Předpis CS-LURS je platný pro bezpilotní systémy obsahující konvenční helikoptéru, jejíž maximální certifikovaná vzletová hmotnost nepřekračuje 750 kg. Konvenční helikoptérou je myšlena helikoptéra s jedním hlavním rotorem a jedním torzním zařízením (ocasný rotor nebo fenestron) nebo helikoptéra s více hlavními rotory (tzv. multikoptéry). Předpis není určen pro nekonvenční uspořádání jako jsou kombinované helikoptéry, vírníky a konvertoplány. Z provozního hlediska je předpis aplikovatelný na UAS pro denní a noční VFR lety v přímém dohledu pilota. Je vyloučena jakákoliv přeprava lidí, lety v podmínkách s hrozcí námrazou a akrobacie. [13]

#### **2.2.4. RPAS C2 link RCP koncept**

RPAS C2 link RCP (Required Communication Performance) je dokument řešící požadovanou komunikační výkonnost C2 (řízení a kontrola) spojení. Účelem dokumentu je vysvětlit koncept RCP spojení C2, identifikovat požadavky C2 spojení aplikovatelné pro zajištění C2 komunikace, podpořit C2 komunikaci k použití pro RPAS a poskytnout základy pro použití C2 spojení v kontextu s pracovními možnostmi.

Struktura dokumentu je následující:

1. Úvod
2. Přehled RCP
3. Určení typu RCP
4. Stanovení typu RCP pro C2 spojení
5. Dodatek A – slovník pojmů
6. Dodatek B – Příklad určení typu RCP pro C2 spojení

Spojení mezi RPA a pilotem je pro funkci RPAS životně důležité. Umožňuje přenos informací na trase země-vzduch a vzduch-země. Datový přenos také může přenášet informace mezi ATC a pilotem. Nedostatečná úroveň datového spojení mezi RPA a zemí by mohla vést k navýšení bezpečnostních rozstupů, čímž by se nepřipustně zmenšila kapacita vzdušného prostoru. Koncept RCP nenařizuje používat určitý typ technologie, ale umožňuje přístup nových technických řešení. Požadavky na C2 spojení se mohou lišit v závislosti na účelu použití RPA (např. RPA určeno pro řízený a neřízený provoz).

C2 spojení musí splňovat požadavky na čas potřebný k uskutečnění komunikace, plynulost (pravděpodobnost, že uskutečnění komunikace proběhne v daném čase), dostupnost (pravděpodobnost, že komunikace bude zahájena v případě potřeby) a integritu (pravděpodobnost, že v uskutečněné komunikaci se neobjeví chybné informace) dat. Dle hodnot jednotlivých spolehlivostních veličin bude C2 spojení rozděleno do výkonnostních úrovní. Hodnoty pro jednotlivé úrovně budou založeny na provozním hodnocení rizik. [14]



### 2.2.5. Zákon č. 49/1997 Sb., o civilním letectví

Zákon udává, že letadla bez pilota mohou nad územím České republiky létat pouze s povolením Úřadu pro civilní letectví. Letadlo musí splňovat podmínky obsažené v tomto povolení. Povolení je vydáno, pokud provoz bezpilotního letadla neohroží okolní vzdušný provoz, stavby a osoby na zemi a životní prostředí. [2]

### 2.2.6. Vyhláška Ministerstva dopravy č. 108/1997

Vyhláška zahrnuje letadla bez pilota na palubě mezi letadla, která mohou ke vzletům a přistáním využívat jak plochy k tomu v územně plánovací dokumentaci určené, tak i ostatních ploch, které nejsou letištěm ani plochou pro vzlety a přistání. Tyto plochy mohou být použity pro vzlety a přistání v rámci výcviku nebo pro provozování leteckých prací. [19]

### 2.2.7. Předpisy řady L

Na národní úrovni se bezpilotní systémy objevují v předpisech řady L. Ty vycházejí z Annexů ICAO, ale na rozdíl od nich jsou právně závazné. ICAO prozatím implementovalo problematiku UAS do Annexů 2, 7 a 13. Ministerstvo dopravy ve spolupráci s ÚCL tyto úpravy přenesly do předpisů L2 – Pravidla létání, L7 – Poznávací značky letadel a L13 – Odborné zjišťování leteckých nehod a incidentů. Součástí předpisu L2 je i Doplněk X – Bepilotní systémy, kterému je věnována samostatná kapitola.

#### L2 – Pravidla létání

Kromě zmínky v definicích se bezpilotní systémy objevují v Hlavě 3 – Všeobecná pravidla. Sekce 3.1 Ochrana osob a majetku nabízí dva pohledy na provozování RPA. Z pohledu ICAO se *dálkově řízené letadlo musí provozovat způsobem, který minimalizuje nebezpečí pro osoby, majetek nebo jiná letadla a musí být provozován v souladu s podmínkami uvedenými v Dodatku 4.* [15] Pohled ČR říká, že bezpilotní systémy, které jsou vyjmuty z pravomocí EASA na základě nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 216/2008 (viz výše), musí být provozovány podle Doplněku X předpisu L2.

Dodatek 4 vychází z oběžníku ICAO Cir 328 (viz výše) a upravuje všeobecná pravidla provozu, osvědčení a vydávání průkazů způsobilosti a žádosti o povolení. Dle všeobecných pravidel provozu RPAS pro mezinárodní provoz musí mít příslušné povolení státu vzletu a státu, ve kterém je let nebo jeho části proveden. Tato povolení je potřeba obdržet před vzletem. V případě provozu nad volným mořem je nutná koordinace s ATS. RPAS musí být provozován v souladu s předpisy státu, ve kterém je zapsán do rejstříku, státem provozovatele a státem provedení letu. Kromě toho musí RPAS obsahovat vybavení potřebné pro vzdušný prostor, ve kterém bude let proveden. Vzhledem k absenci standardů pro certifikaci a vydávání průkazů jsou certifikáty a průkazy vydávány podle národních předpisů. V ČR tuto úlohu přebírá Doplněk X. Žádosti o povolení provozování RPA nad územím daného státu musí být podány alespoň 7 dní před letem. Jednotlivé státy si mohou lhůtu změnit. V ČR je tato lhůta

prodloužena na minimálně 30 dní před datem letu a toto povolení je vydáváno ÚCL. [15]

#### L7 – Poznávací značky letadel

Označení bezpilotních letadel, kterým to určuje Doplněk X, probíhá standardně jako u klasických letadel. Po zavedení do evidence bezpilotních letadel je RPA přidělena registrační značka. Značky pro RPA v ČR mají formát OK-Xčččp, kde „č“ znamená číslice a „p“ písmeno. Dle Doplněku X musí být každé bezpilotní letadlo používané pro výdělečné, experimentální a výzkumné účely opatřeno identifikačním štítkem a značkou. U rekreačního použití při maximální vzletové hmotnosti nad 0,91 kg je vyžadován identifikační štítek. Identifikační štítek je vyroben ze žáruvzdorného materiálu a obsahuje poznávací značku letadla. Dle Doplněku X také jméno a telefonní číslo provozovatele. Pro bezpilotní letadla *musí být štítek připevněn na nápadném místě poblíž hlavního vstupu nebo vnitřním prostorem letadla nebo zřetelně připevněn na vnější straně letadla pokud neexistuje hlavní vstup nebo vnitřní prostor*. [16] Štítek musí být umístěn tak, aby umožnil provedení kontroly. Výška poznávací značky na štítku musí být alespoň 15 mm vysoká. Samotná poznávací značka musí být čistá a viditelná, aby umožnila snadnou identifikaci letadla. Předpis určuje umístění i velikost poznávací značky. Z důvodu menších rozměrů bezpilotních letadel oproti letadlům klasickým a jejich netradičním koncepcím (především multikoptéry) budou ve většině případů spadat do kategorie *zvláštních případů*, kde umístění a velikost značky schvaluje ÚCL na základě žádosti. [16]

#### L13 – Odborné zjišťování příčin leteckých nehod a incidentů

Odborné zjišťování příčin letecké nehody nebo vážného incidentu UAS probíhá pouze v případě, že letadlo disponuje schválenou konstrukcí a/nebo provozním povolením. Letecká nehoda nebo vážný incident UAS je událost, která nastala *mezi dobou, kdy je letadlo připraveno k pohybu pro účely letu a dobou, kdy zastaví na konci tohoto letu a hlavní pohonná soustava je vypnutá*. [17] Definice letecké nehody a vážného incidentu jsou pro UAS stejné jako pro klasická letadla. Letecká nehoda se vyznačuje smrtí nebo těžkým zraněním osob zainteresovaných do nehody, zničením nebo vážným poškozením letadla nebo ztracením letadla či jeho umístěním na zcela nepřístupném místě. Vážný incident je *incident, jehož okolnosti naznačují vysokou pravděpodobnost letecké nehody*. [17]

## 2.2.8. Doplněk X předpisu L2

Doplněk X je nejdůležitějším dokumentem týkající se bezpilotních systémů, protože se jedná o prozatím jediný ucelený právní předpis řešící problematiku UAS. Doplněk X je platný pro bezpilotní systémy nespádající do kompetence EASA na základě nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 216/2008. Pro modely letadel s maximální vzletovou hmotností do 20 kg se bere jako doporučený postup. Doplněk X se neaplikuje na balóny bez pilota na palubě.

### Bezpečnost

UAS musí být provozovány tak, aby nebyl ohrožen ostatní letecký provoz, osoby a majetek na zemi a životní prostředí. Modely letadel se za předchozí domluvy pilotů ve vzduchu ohrožovat mohou.

### Dohled pilota

UAS musí být provozováno v přímém dohledu pilota. Povolnými vizuálními pomůckami jsou brýle a kontaktní čočky na lékařský předpis. Pilot, nebo i poučená osoba, musí být schopen sledovat překážky a ostatní provoz. Pilot se během letu nesmí pohybovat s pomocí žádného technického zařízení. Výjimky může stanovit ÚCL.

### Odpovědnost

Pilot, bez ohledu na úroveň automatizace letu, je odpovědný za bezpečné provedení letu, předletovou přípravu a kontrolu, provozování UAS pouze k účelům, ke kterým byl vyroben nebo schválen ÚCL a musí UAS používat v souladu s Doplněkem X. Pilot je povinen vést záznamy o letech v palubním deníku. Pilot evidovaný ÚCL nesmí předat řízení osobě, která v evidenci není. V případě leteckých prací a letecké činnosti pro vlastní potřebu je nutné, aby přebírající osoba byla evidována pro stejný typ UA. V případě rekreačně-sportovního použití musí být přebírající osoba evidována pro stejnou kategorii letadel (kluzák, vrtulník, letoun motorový, letoun proudový). Za letovou způsobilost UAS je zodpovědný vlastník.

### Ukončení letu

UA o maximální vzletové hmotnosti větší než 0,91 kg musí být vybaveno systémem, který ukončí let v případě poruchy nebo možnosti ohrožení leteckého provozu, osob a majetku na zemi. Pro případy ohrožení by tímto systémem měly být vybaveny i modely letadel s maximální vzletovou hmotností 0,91-20 kg. Tyto systémy však nezabavují pilota odpovědnosti za bezpečné provedení letu.

### Prostory

Let bezpilotního letadla nebo modelu letadla smí být prováděn pouze ve vzdušném prostoru třídy G, letištní provozní zóně (ATZ) neřízeného letiště a v řízeném okrsku letiště (CTR a MCTR). Bepilotní letadlo nebo model letadla nesmí být provozován v zakázaných, nebezpečných, aktivovaných, omezených, rezervovaných a vyhrazených prostorech. Autonomní letadla nesmí být ve společném vzdušném prostoru provozovány vůbec.

Podmínky pro provoz v ATZ jsou následující: provoz bezpilotního letadla musí splňovat podmínky provozovatele letiště, být koordinován s letovou informační službou (AFIS) a stanovištěm poskytování informací známému provozu. V případě, že není AFIS nebo poskytování informací známému provozu zajištěno, musí být činnost koordinována s provozovatelem letiště. Nad vzdušným prostorem třídy G v ATZ může být bezpilotní letadlo nebo model letadla provozován pouze pokud je poskytován AFIS nebo je zajištěno poskytování informací známému provozu. Bepilotní letadla nebo modely letadel s maximální vzletovou hmotností do 0,91 kg koordinaci v ATZ nevyžadují. Musí se však pohybovat maximálně do 100 m výšky a mimo ochranná pásma letiště.

Provoz v CTR a MCTR je povolen pouze do 100 m nad zemí a v horizontální vzdálenosti větší než 5500 m od vztažného bodu řízeného letiště. Výškové omezení může být změněno na základě povolení stanoviště ŘLP, horizontální po povolení ÚCL a koordinaci se stanovištěm ŘLP. Bepilotní letadla a modely letadel do maximální vzletové hmotnosti 0,91 kg mohou létat bez koordinace i ve vzdálenosti bližší než 5500 m, ale pouze do 100 m výšky a mimo ochranná pásma letiště. Při splnění výše uvedených podmínek není potřeba, aby bylo bezpilotní letadlo nebo model letadla vybaveno odpovídačem sekundárního radaru, udržovalo obousměrné spojení ani nepodléhalo letovému povolení. V opačném případě záleží na rozhodnutí stanoviště ŘLP.

Obrázky přibližující použitelnost prostorů pro bezpilotní letadla a modely letadel jsou v Příloze 1.

#### Ochranná pásma

Let se nesmí provádět v ochranných pásmech podél nadzemních dopravních staveb, tras nadzemních inženýrských sítí, tras nadzemních telekomunikačních sítí, uvnitř zvláště chráněných území, v okolí vodních zdrojů a objektů důležitých pro ochranu státu. Výjimku může udělit ÚCL po souhlasu oprávněné osoby nebo správního orgánu. Při udělení výjimky musí být let proveden tak, aby za žádných okolností nenarušil uvedené objekty.

#### Meteorologická minima

Let může být proveden pouze mimo oblaka v prostoru třídy G a minimální vzdálenosti 300 m vertikálně a 1500 m horizontálně od oblaků v ostatních vzdušných prostorech.

#### Shazování nákladu a nebezpečný náklad

Bepilotní letadlo nesmí být použito ke shazování předmětů. Výjimku tvoří letecká veřejná vystoupení a příprava na ně. Bepilotní letadlo také nesmí převážet nebezpečné látky nebo zařízení způsobující obecné ohrožení.

#### Letecká veřejná vystoupení

Letecká veřejná vystoupení bezpilotních letadel musí být povoleny ÚCL.

## Ostatní legislativa

Bezpilotní letadlo musí být provozováno v souladu s ostatními právními předpisy. V civilní sféře především v souladu se stanoviskem Úřadu pro ochranu osobních údajů č. 1/2013

## Pohon

Bezpilotní letadla nesmí používat raketový nebo pulzační motor. Raketový motor smí být využit pouze při vzletu.

## Další podmínky

Podmínky, jež je třeba dodržet při provozu bezpilotního letadla, jsou uvedeny v tabulce Přílohy 2.

## Hlášení událostí

Je povinností hlásit události spojené s provozem bezpilotního letadla dle tabulky v Příloze 2. [3]

## **2.3. Připravované předpisy**

Rozšiřování legislativy k bezpilotním systémům je v neustálém procesu. Nejbližším připravovaným dokumentem je ICAO Doc 10019 Manual on RPAS. ICAO rovněž plánuje úpravy Annexu 1 – Licencování personálu, Annexu 6/IV – Provoz RPAS, Annexu 8 – Letová způsobilost a Annexu 10 – Řízení, kontrola a komunikace RPAS. Sdružení JARUS zpracovává problematiku požadavků na organizace (provozovatelé a výcvikové organizace), licencování dálkově řídicích pilotů a CS-LUAS – Certifikační specifikace pro lehké bezpilotní letouny.

### **2.3.1. ICAO Doc 10019 Manual on RPAS**

Manuál ICAO k RPAS by měl vyjít během roku 2015. Jedná se o další krok ICAO směrem ke standardizaci požadavků na provoz dálkově řízených letadel. Dá se předpokládat, že postupem času se tento dokument stane základem pro národní letecký předpis L10019 podobně jako tomu bylo u Doc 4444, Doc 8168 a jiných. Na základě pracovní verze Doc 10019 se dá odhadnout, jakými tématy se bude Manuál k RPAS zabývat. Dá se říci, že obsahově vychází z již vydaného oběžníku Cir 328.

V kapitole 1 se pojednává o regulačním rámci ICAO. Jsou zmíněny dokumenty, které se dají aplikovat na RPAS. Jedná se o Chicagskou úmluvu (především článek 8) a Annexy. Dále to jsou chystané regulace ze strany ICAO, a to připravované úpravy Annexů zmíněné v úvodu kapitoly. Dle vyjádření v první kapitole je manuál určen pro všechna dálkově řízená letadla, vyjma RPA ve službách státu (policie, armáda). Není také určen pro autonomní letadla, balóny bez pilota na palubě a modely letadel. Tento manuál však není závazný a záleží na jednotlivých státech, zda jej implementují do svých předpisů.

Kapitoly 2 a 3 se věnují stručnému popisu RPAS činnosti (BVLOS, integrace RPAS do civilního letectví, IFR/VFR lety RPAS) a všeobecným požadavkům. Kapitola 4 řeší letovou způsobilost, kde je potřeba se vypořádat s novým prvkem v letectví – řídicí stanicí jakožto nedílnou součástí RPA. Kapitola 5 se zabývá registrací RPAS a poznávacími značkami. Kapitola 6 obsahuje informace k osvědčování provozovatelů RPAS.

Kapitola 7 je poněkud obsáhlejší, jelikož pojednává o licencování personálu. Ovládání RPAS vyžaduje po pilotovi rozdílné schopnosti oproti pilotování klasického letadla. Proto je nutné vytvořit systém výcviku pilotů RPA. Specifický režim RPAS zavádí také nové funkce, jako je pozorovatel RPA (pomáhá pilotovi s orientací v prostoru a vyhýbání se překážkám), operátor nákladu RPA (člověk manipulující s užitečným nákladem během letu, např. videokamera, termovize, apod.), instruktor RPA a examinátor RPA.

Kapitola 8 popisuje provoz RPAS od jednotlivých fází letu, přes požadavky na jednotlivé druhy letu (VLOS, BVLOS, RLOS, VFR, IFR, atd.), výkonnostní limity, povinnosti provozovatele pro zachování letové způsobilosti, požadavky a povinnosti členů posádky až po provozní příručky a ostatní manuály potřebné k provozu RPAS. V kapitole 9, Pravidla létání, je prostor věnován především systému pro detekci a vyhnutí a meteorologickým podmínkám. Kapitola 10 řeší problematiku řídicího a kontrolního spoje (C2) a komunikaci s ATC. Kapitola 11 pojednává o srdci RPAS, řídicí stanicí. Můžeme zde najít rozdělení typů pilotních stanic a požadavky na ně podle účelu použití RPAS (VLOS, BVLOS). Pro případ, kdy jedno RPA má být řízeno z více míst, jsou zde popsány i postupy a požadavky pro předávání řízení z jedné stanice na druhou.

Poslední kapitoly jsou věnovány přístrojům, vybavení a letovým dokumentům (rychloměr, GPWS, apod.), integraci RPAS do ATM, využití letišť a speciálním druhům provozu (uvnitř objektů, v blízkosti překážek pro klasické letectví, v nebezpečných oblacích, v blízkosti ranvejí pro klasické letectví). [18]

### **2.3.2. Annexy**

ICAO pracuje na začlenění pravidel pro bezpilotní systémy i do Annexů k Úmluvě. Tyto úpravy budou pravděpodobně v souladu s oběžníkem Cir 328 a připravovaným dokumentem Doc 10019. Zveřejnění upravených Annexů jsou plánovány na rok 2018.

#### Annex 1 – Licencování personálu

Požadavky na personál obsluhující RPAS by měly vycházet ze zaběhnutých standardů používaných v klasickém letectví s rozdíly přizpůsobenými odlišnému způsobu provozu RPAS. Piloti by měli mít znalosti z leteckých předpisů, meteorologie, mechaniky letu RPA, funkčních a konstrukčních principů RPA i řídicí stanice, plánování a provedení letu, navigace a radionavigace, komunikace a provozních postupů. Samozřejmostí by mělo být dělení licencí a doložek na základě druhu RPA (letoun, helikoptéra, ...), maximální vzletové hmotnosti, konkrétního typu RPA, druhu pohonu RPA (vrtulový, proudový, kluzák), typu provozu (VLOS, BVLOS, IFR, VFR,

noční lety, ...), možnosti ovládat jednou řídicí stanicí více letadel nebo předávat jedno letadlo mezi více stanicemi. Bylo by také zajímavé se zamyslet nad možností psychotestů pro uchazeče o licenci pilota RPAS. Pilot řídicí bezpilotní prostředek může totiž mít menší pocit zodpovědnosti za provedení letu, než pilot, který sedí přímo v letadle a svými chybami ohrožuje zdraví a život sama sebe.

Kromě pilotů provoz RPAS zajišťují i další osoby, které také musí podléhat licencování. Může jít o pozice známé z klasického letectví, jako třeba mechanik, instruktor, examinátor, navigátor, s výcvikem upraveným pro RPAS. Objevují se však i nové funkce, které se v klasickém letectví nevyskytují. Jedná se o pozorovatele či operátora nákladu. I tito lidé by měli prodělat výcvik podobný tomu, který podstupuje pilot, aby bylo zajištěno, že RPAS budou obsluhovat pouze kvalifikované osoby.

#### Annex 6/IV – Provoz RPAS

Čtvrtá část Annexu 6 pravděpodobně bude mít podobnou strukturu jako Annexy pro provoz letounů nebo vrtulníků. Nejdůležitější faktorem bude rozdělení podle typu letu. Požadavky na bezpilotní letadlo se budou odvíjet od faktu, zda bude provozováno ve dne nebo v noci, IFR nebo VFR, VLOS, BVLOS, RLOS nebo EVLOS. Speciální požadavky na vybavení a postupy budou také kladeny při provozu v řízeném prostoru a na letištích. Základním kamenem pro bezpečnost provozu budou požadavky na systém detekce a vyhnutí a systém kontroly, řízení a komunikace.

#### Annex 8 – Letová způsobilost

Pro určování letové způsobilosti bude nejdůležitější vytvoření certifikačních specifikací pro RPAS. Na jejich základě se poté budou moci RPAS jednotně uznávat za letově způsobilé či nikoliv. Kromě osvědčování samotných RPA bude nutné osvědčovat také řídicí stanice a ostatní vybavení potřebné k letu. U řídicích stanic je potřeba zajistit jejich vzájemnou kompatibilitu, jelikož není možné, aby jedna stanice byla spojená pouze s jedním letadlem. Z hlediska bezpečnosti bude také důležité, aby řídicí stanice byly ochráněny před nepřátelskými zásahy. Od klasického letectví by také měl být odlišný systém údržby.

#### Annex 10 – Řízení, kontrola a komunikace RPAS

Řízení, kontrola a komunikace RPAS patří k nejpodstatnějším technickým aspektům RPAS, jelikož to je jediný způsob, jak se dá RPA ovládat. Požadavky na spojení proto musí být natolik přísné, aby byla zajištěna co nejvyšší míra spolehlivosti těchto systémů. Při poruše spojení je nutné mít připraveny postupy pro tento případ. V oblasti komunikace s ATC či jiným provozem je potřeba upravit frazeologii tak, aby každý účastník provozu ihned věděl, že se jedná o RPA. Z požadavků na vybavení můžeme jmenovat rádio, odpovídač sekundárního radaru, ADS-B, ACAS nebo GPWS.

### **2.3.3. Předpisy sdružení JARUS**

Jedním z dokumentů připravovaných sdružením JARUS je certifikační specifikace pro lehké systémy bezpilotních letounů CS-LUAS (Certification Specification for Light Unmanned Airplane Systems). CS-LUAS bude pravděpodobně koncepčně vycházet z předpisů CS-23 pro malé letouny a CS-LURS.

Další dokumenty z dílny pracovních skupin sdružení JARUS týkající se licencování dálkově řídicích pilotů a požadavků na organizace (provozovatelé, výcvikové organizace) by měly být obsahově podobné Cir 328 a Doc 10019.



### 3. VÝVOJ RPAS

Historie dálkově řízených letadel je delší, než by se na první pohled mohlo zdát. V prvních vývojových fázích a pokusech se samozřejmě ještě nedalo mluvit o dálkově řízeném létání, nýbrž opravdu pouze o bezpilotním létání. Tyto snahy o využívání služeb letadel bez pilota na palubě se staly základem pro rozvoj bezpilotního letectví a tudíž i dálkově řízených letadel. Není překvapením, že o rozvoj UAS se zasloužily především armádní složky. Důvod je prostý. Možnost využít služeb bezpilotního prostředku k vykonání mise bez rizika ztráty posádky je natolik výhodná, že pokusy o provoz bezpilotních prostředků jsou stejně staré jako klasické létání. Základními činnostmi UAS v armádním použití jsou výzvědné služby, sledování a průzkum nepřátelských území. Mohou také sloužit jako spojka v komunikaci, označovat cíle ke zničení ostatními bojovými složkami, popřípadě cíle samy zničit svými vlastními zbraňovými systémy. Ve výcviku se používají jako cvičné terče.

Velmi důležitým článkem je vývoj řízených střel. Ty jsou totiž svým způsobem také druhem bezpilotního prostředku, jejichž cílem je dostat se vzduchem z bodu A do přesně definovaného bodu B. Zde je však zásadní rozdíl oproti UAS. U UAS je základním požadavkem opakovatelnost mise. Čili UAS by měl být v ideálním případě po ukončení mise nezničen a být znovu v provozuschopném stavu. Naproti tomu u řízených střel je jejich opětovná provozuschopnost nežádoucí. Nikdo nemá zájem, aby střela po dopadu na cíl byla v neporušeném stavu poslána nepřitelem zpět ke svému původnímu majiteli. Ačkoliv je toto zcela zásadní rozdíl ve filosofii použití, vývoj UAS a řízených střel je spolu úzce propojen. Spousta nápadů původně zamýšlených pro využití u řízených střel se ujala u UAS a naopak. [20]

Tato kapitola stručně shrne vývoj bezpilotních prostředků od prvních pokusů o využití letadel bez pilota přes vojenský vývoj až k nám známým a čím dál více rozšířeným civilním RPAS.

#### 3.1. Prvopočátky

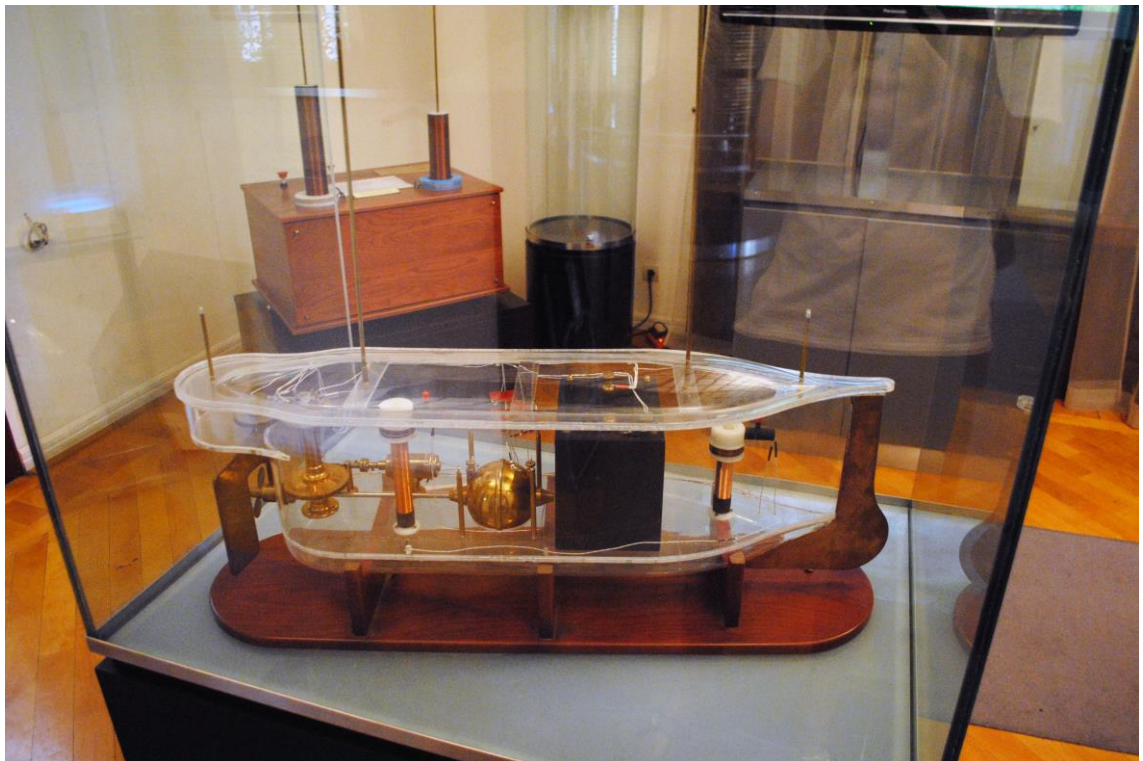
První zaznamenaný pokus o použití bezpilotního prostředku ve vojenství se datuje do roku 1849. Občané Benátek se vymanili z rakouské okupace a vyhlásili Benátskou republiku. Z důvodu nemožnosti přistavit k městu dělostřelectvo, rozhodli se Rakušané pro nový způsob ostřelování města. Využili k tomu horkovzdušné bezpilotní balóny, které byly vybaveny výbušninami a časovou pojistkou. Uvádí se také, že byly použity i pojistky aktivovány elektricky díky signálu z měděného drátu, který byl připojen ke galvanické baterii umístěné na zemi. Každý balón nesl asi 15 kg trhaviny s nastavenou časovou pojistkou na půl hodiny. Jednotky zodpovědné za vypuštění balónů měly za úkol najít v okolí města místo s větrem vanoucím správným směrem.

Především kvůli nespolehlivosti větru, první vzdušné bombardování nezpůsobilo v Benátkách žádné větší škody. Některé balóny byly dokonce před vybuchnutím

nepředpokládaným větrem odneseny zpět k rakouským jednotkám. Z tohoto důvodu bylo od použití balónů k bombardování upuštěno.

V Americe se bezpilotní balóny dostaly ke slovu během občanské války. Roku 1861 disponovala armáda Unie první „leteckou jednotkou“ skládající se z pěti horkovzdušných balónů. Původně byly používány pouze k průzkumným účelům. Roku 1863 však pan Charles Perley přišel s patentem na bezpilotní bombardovací balón. Jeho návrh se skládal z horkovzdušného balónu nesoucího koš s výbušninou a časovacím mechanismem. Časovač uvolnil úderník, který uvolnil závěsný čep, čímž otevřel dno koše a nechal vypadnout bombu. Uvolnění závěsného čepu rovněž odjistilo nálož. Perley rovněž doporučil před vypuštěním „ostrého“ balónu nejdříve vyslat testovací balón ke zjištění směru a rychlosti větru. Na základě této informace se poté zvolila doba pro nastavení časového spínače. Vzdušné proudy a počasí však bylo v tuto dobu velice složité odhadnout a proto byly americké pokusy o bombardování z bezpilotních balónů stejně neúspěšné jako pokusy rakouské.

Toto prvotní použití bezpilotních létajících prostředků mělo s UAS známými z dnešního pohledu společnou pouze základní myšlenku, využití leteckého prostředku na dálku. Opravdovým průlomem pro říditelné bezpilotní létání byla práce srbského génia Nikoly Tesly. V 90. letech 19. století začal s pokusy o bezdrátové dálkové ovládání strojů pomocí rádiových vln. Největším úspěchem skončilo předvádění v newyorské Madison Square Garden roku 1898, kde Tesla dokázal dálkově ovládat malou loďku podle pokynů z publika. Z dnešního pohledu věc naprosto samozřejmá, ale pro tehdejší obecnost byl Tesla kouzelník. Téhož roku Tesla obdržel patent pro dálkové ovládání rádiovými vlnami, bez něhož by RPAS nemohly fungovat. [21]



*Obr. 5: Rádiem řízená loď Nikola Tesly [foceno autorem]*

### 3.2. První světová válka a meziválečné období

Snahy o bezpilotní letadla dostaly reálnější kontury v období první světové války. Potřeba technické nadvlády a tudíž i vojenské výhody zapříčinila začátek vývoje. Britové zatížení velkými leteckými ztrátami na frontové linii se snažili vyvinout dálkově ovládaný kluzák schopný přelachtit frontu a na německém území po dopadu explodovat. Do výzkumu byly zahrnuty Ordnance College of Woolwich, Royal Aircraft Factory spolu s výrobcí Sopwith a de Havilland. Žádný z jejich produktů se však do konce války nepovedlo dotáhnout do konce.

Na druhé straně Atlantiku probíhal obdobný výzkum. Roku 1916 se do týmu pánů Sperryho (vynálezce gyroskopu) a Hewitta (vědec v oblasti rádiových vln) přidal Carl Norden (člověk, který později vyvinul pumový zaměřovač používaný ve druhé světové válce), aby začali pracovat na vývoji vzdušného torpéda. Nicméně po několika testech s rádiově řízenými torpédy se rozhodli zaměřit pouze na stabilizaci letu pomocí gyroskopů a měření vzdálenosti k cíli, protože usoudili, že rádiová technologie ještě není plně rozvinutá do použitelné podoby. Společná práce Glenna Curtisse (vynálezce létajícího člunu) a Sperry Flying Field pro námořnictvo vyústila v březnu 1918 v nejdelší úspěšný let vzdušného torpéda. Střela urazila 1000 yardů (cca 914 m). Experimenty s bezpilotními lety pokračovaly. V říjnu 1918 proběhl let bezpilotního letounu Curtiss N-9. Letadlo se drželo předepsaného kurzu, ale v cílové destinaci vzdálené 14500 yardů (cca 13260 m) selhalo při přistání a havarovalo v moři. Testy však pokračovaly až do podepsání příměří v listopadu 1918. Stejně jako britská vzdušná torpéda, ani tyto nebyly nasazeny v akci.

Paralelně s vývojem bezpilotních prostředků u námořnictva probíhal i výzkum u pozemních jednotek americké armády. Vývojem bezpilotní létající bomby schopné zasáhnout cíl na vzdálenost 50 mil byl pověřen Charles Kettering. Ve spolupráci s Orvillem Wrightem pro konzultaci draku letadla a zástupcem Fordu pro pomoc s motorizací vznikl Kettering Bug. Ten odstartoval, stejně jako Wright Flyer při svém prvním letu, z rampy. Ve vzduchu byl udržován v kurzu malým gyroskopem a pohyboval se rychlostí necelých 200 km/h. K tomu, aby letadlo zasáhlo cíl, bylo využito automatického vypínání pohonu. Technici před startem naplánovali trajektorii letu, vzali v úvahu předpokládaný směr a rychlost větru a na základě těchto informací vypočítali potřebný počet otáček motoru. Když stanovené otáčky uběhly, motor se mechanicky vypnul a křídla byla odhozena. Z Kettering Bugu se stala střela pohybující se po balistické křivce, na jejímž konci byl cíl. Letové testy začaly v září 1918. Kettering Bug byl bohužel neúspěšný, jelikož vykonal pouze 8 vydařených letů z 36 pokusů. Tedy ani Kettering Bug se nedočkal bojového nasazení před koncem války. Je možné, že kdyby armáda a námořnictvo na vývoji bezpilotních prostředků spolupracovaly, první světová válka by byla svědkem prvního použití této nové technologie. [20]



*Obr. 6: Kettering Bug [35]*

Po válce nastal veliký rozmach civilního letectví, což s sebou přineslo regulace z dílny FAA zajišťující bezpečnost provozu. Především definovaná pravidla letů VFR a IFR zapříčinila nemožnost rozvoje UAS do vzdušného prostoru. Neustálý pokrok ve vývoji vzdušných torpéd donutil armádní představitele si uvědomit, že letadlo se může stát rozhodující zbraní ve vedení válek a proto potřebovali začít cvičit sestřelování nepřátelských střel. Pro účely cvičných cílů se začaly vyvíjet dálkově řízená letadla.

Roku 1924 se uskutečnil první dálkově řízený let, který byl úspěšný ve všech fázích letu – vzletu, samotném letu a přistání. Jednalo se o Curtiss F-5L upravený pro dálkové ovládání. Po 14-ti měsících testování byl však projekt přerušen kvůli neúspěšnému testu v prosinci 1925.

Ve 20. letech se do vývoje vlastních bezpilotních prostředků opět pustili Britové. Jakožto námořní velmoc si uvědomili, že proti útokům ze vzduchu jsou bezbranní. Výsledkem mělo být dálkově ovládané letadlo určené k ničení i jako cvičný cíl. Jako první předělali na dálkově ovládané letadlo průzkumný dvouplošník pro provoz z vodní hladiny Fairey IIIIF. Bepilotní verze byla pojmenována Fairey Bee. Po vydařených testech ve Středozeimním moři se Britové rozhodli vytvořit celodřevěnou bezpilotní verzi letounu de Havilland Tiger Moth s označením Queen Bee. [20]



*Obr. 7: De Havilland Tiger Moth Queen Bee [36]*

### 3.3. Druhá světová válka

Druhá světová válka, stejně jako každý válečný konflikt, urychlila technologický vývoj a díky tomu se dále posunula i bezpilotní letadla. Snad nejznámější jsou německé odvetné zbraně Vergeltungswaffe označené V-1 a V-2. V-2 byla první balistická raketa a z koncepce bezpilotních prostředků už vybočuje více, než je pro potřeby této práce vhodné. Naopak dříve vyvinutá i používaná V-1 je klasický bezpilotní letoun vycházející z podobné koncepce jako Kettering Bug. Jednalo se o první úspěšně použitou řízenou střelu v reálném konfliktu.

V-1 byl bezpilotní prostředek celokovové konstrukce, doutníkového trupu, s pravoúhlými křídly a pulzním náporovým motorem. Řídící plochy byly stejné jako u klasických letounů. Startovaly z pozemních ramp nebo byly do vzduchu vynášeny bombardéry. O trasu letu se staral jednoduchý autopilot, který na základě gyroskopů udržoval stanovený kurz. Na nose V-1 byla instalována malá vrtulka, jež byla roztáčena náporom proudícího vzduchu. Na základě vzdálenosti start-cíl se vypočítal potřebný počet otáček vrtule. Když daný počet vypršel, kormidla se mechanicky zablokovala a byly vysunuty spoilery. Tímto se střela dostala do pádu a po dopadu na zem explodovala.



Obr. 8: V-1 s odpalovací rampou [foceno autorem]

Americké námořnictvo také podnikalo testy rádiově řízených letadel/střel. K navádění na cíl používali televizní přenos obrazu. V roce 1942 se podařilo navést 47 z 50 testovaných bezpilotních letadel na vzdálenost 6 mil při čistém televizním

obrazu. Na základě tohoto úspěchu byl vyvinut bezpilotní letoun TDR-1 s televizním naváděcím systémem, který byl vypouštěn a řízen z letounu Avenger. TDR-1 již nebyl určen pouze na cvičné sestřelování jako jeho američtí předchůdci, nýbrž byl konstruován jako útočný prostředek. TDR-1 byly zdárně použity při útocích na japonské cíle v Tichomoří. V říjnu 1944 se však generalita námořnictva rozhodla jednotky používající TDR-1 rozpustit především pro nemožnost vícenásobného použití.

Letectvo Spojených států spustilo v roce 1944 svůj vlastní program pro operace bezpilotních letadel nazvaný Aphrodite. Využili dosluhující bombardéry B-17, které přestavěli pro dálkové ovládání. Z letadel bylo vytaženo vše nepotřebné od sedadel přes kulometry až po obrnění, aby se ušetřila hmotnost. Takto vysvělené letadlo bylo vybaveno kamerami pro přenos obrazu a rádiovým systémem pro dálkové ovládání. Veškerá užitná hmotnost letounu byla zaplněna výbušninou. Jelikož rádiové ovládání neumožňovalo bezpečný start, letadlo do vzduchu dostala dobrovolná posádka, která v dané výšce, dovolující převzetí dálkovým pilotem, vyskočila. Bepilotní B-17 byly použity k útokům na vojenské a průmyslové cíle v Německu, avšak pouze 2 stroje trefily cíl. Z toho pouze jeden při nárazu vybuchl a způsobil Němcům škodu. Projekt Aphrodite byl tedy zrušen. Američané zopakovali stejnou chybu jako v první světové válce, kdy námořnictvo a letectvo pracovalo na svých bezpilotních programech samostatně. Kooperace mezi jednotlivými složkami US Army by teoreticky mohla přinést větší úspěchy při využití bezpilotních letadel. [20]

Paradoxně nejúspěšnější dálkově řízené letadlo v období druhé světové války byl výrobek z civilního sektoru společnosti Radioplane, bývalého britského letce z první světové války, Richarda Dennyho. Jednalo se o dálkově řízený letoun OQ-2 určený jako cvičný cíl pro letectvo a námořnictvo. Mezi lety 1939 až 1945 bylo vyrobeno téměř 15000 kusů OQ-2 v rozličných verzích. Letoun byl schopen dosáhnout rychlosti 85 mph (137 km/h) a doletu 62 mil (100 km). RC ovládací systém dodala společnost Bendix, která funguje dodnes pod vlastnictvím Honeywellu. [22]



*Obr. 8: Pokročilejší verze OQ-2 označená OQ-19A [37]*

### 3.4. Studená válka

S příchodem studené války se objevila zvýšená poptávka po špionážních letech. Potřeba zjistit, co se děje na druhé straně železné opony stála za rozvojem průzkumných letounů jak pilotních, tak bezpilotních.

Pro krátké průzkumné lety byl v polovině 50. let vyvinut dálkově řízený letoun MQM-57 Falconer. Vznikl na základech cvičných bezpilotních letounů řady OQ společnosti Radioplane. Falconer byl rádiem řízený letoun s pístovým motorem schopný fotografického či televizního průzkumu. Vzlet probíhal ze speciální stojánky za pomoci 2 startovacích raket. Pozice letounu za letu byla určována radarem a po ukončení mise se na zem bezpečně dostal za pomoci padáku. Celkem bylo vyrobeno téměř 1500 kusů MQM-57, které sloužily v US Army a NATO až do 70. let. Letoun byl schopný dosáhnout rychlosti 184 mph (296 km/h) a doletu cca 100 mil (161 km). [23]



Obr. 9: MQM-57 Falconer [38]

Ztráta špionážních letounů U-2 v Sovětském svazu v roce 1960 a nad Kubou dva roky poté přinutila vysoké americké vojenské představitelé k podpoře vývoje průzkumného bezpilotního letounu schopného dlouhých špionážních letů ve velkých výškách. Letectvo upravilo Ryan Model 147 Firebee (někdy označován Lightning Bug), bezpilotní letoun určený pro cvičné sestřely, na několik dalších verzí. Jednou z nich byl AQM-34N pro dlouhé špionážní lety. Jednalo se o první moderní bezpilotní letadlo podle definice, jakou používáme dnes. AQM-34N létalo v operační výšce 60000 ft (cca 18 km) s doletem 2400 mil (3900 km). Maximální rychlost 420 mph (676 km/h)



obstarával proudový motor. AQM-34N byly používány především na přelomu 60. a 70. let pro průzkumné přelety nad Čínou. Bezpilotní letadla startovala z letiště DC-130 a po ukončení mise se aktivoval padákový systém. Na padáku padající AQM-34N byl zachycen helikoptérou se speciální sítí na „lov“ UAS. Tento systém pro záchranu bezpilotních letadel se označoval MARS (Mid-Air Retrieval System) a údajně se díky němu podařilo ze vzduchu zachránit 65% AQM-34N. Kromě AQM-34N existovalo několik dalších verzí Ryan Model 147 pro průzkum, cvičné sestřelování v subsonických i supersonických rychlostech a dokonce i verze označená BGM-24A, jenž úspěšně odpálila střelu vzduch-země, Maverick. Tento stroj je předchůdcem moderních útočných bezpilotních letounů jako je Predator nebo Reaper. [25]



*Obr. 10: Různé verze Ryan Model 147 Firebee [39]*

Naopak námořnictvo z důvodu omezených rozměrů vzletových a přistávacích ploch na palubách lodí vsadilo na bezpilotní helikoptéru QH-50 společnosti Gyrodine Company. QH-50 provedla první bezpilotní přistání vrtulníku na palubě lodi. QH-50 byla vybavena protiponorkovými torpédami, ale byla také využívána pro průzkum a transport nákladu. CIA se zase snažila postavit hypersonický špionážní bezpilotní letoun s dlouhým doletem označovaný D-21 Tagboard. Kvůli technickým problémům a neúspěšným testům byl projekt na začátku 70. let ukončen. [24]



*Obr. 11: QH-50 [40]*

Kromě Spojených států se o vývoj bezpilotních letadel snažili i v Sovětském svazu, Evropě a Izraeli. První ruský bezpilotní systém byl TBR-1 a jeho následovník DBR-1 z konstrukční dílny Tupolevu. Zajímavostí DBR-1 bylo, že se nepočítalo se záchranou celého letadla po ukončení mise. V momentu, kdy DBR-1 dosáhl koncové oblasti svého letu, vypustil palivo a vystřelil část nosu letounu obsahující senzory a řídicí jednotku vybavenou záchranným padákovým systémem. Zbytek draku nekontrolovatelně havaroval. V polovině 70. let byly DBR-1 nahrazeny Tu-141/143, jenž se po ukončení mise zachraňovaly celé.

Evropský bezpilotní program vedla Velká Británie za asistence kanadského Canadairu. Výsledný CL-89 Midge se stal součástí výbavy i francouzské a německé armády. Jednalo se o letoun schopný letět po předem naprogramované trati, udělat denní nebo noční fotografie pozorovaných objektů a po návratu přistát na padáku. Na konci 70. let byla díky německým dotacím vyrobena nová verze se sofistikovanějšími systémy a delším doletem označená CL-289. Dnešní bezpilotní mocnost Izrael začínala s bezpilotními systémy během Yomkippurské války, kdy si vypůjčili od Američanů letku bezpilotních průzkumných letadel. Izraelci spustili vlastní vývoj UAS, jehož výsledkem byly na počátku 80. let letouny IAI Scout a Tadiran Mastiff. Druhý jmenovaný se stal základem pro velmi úspěšný bezpilotní prostředek IAI RQ-2 Pioneer sloužící od roku 1986. Pioneer svou konstrukcí velmi inspiroval konstruktéry amerických UAS Predator a Shadow. [24]



Obr. 12: Tadiran Mastiff [41]

### 3.5. Moderní systémy

V období od 90. let do dnes bylo vyvinuto velké množství bezpilotních letadel různých velikostí, vlastností, konstrukčních koncepcí a cílových použití. Hlavním znakem moderních UAS je velká vytrvalost, možnost ovládní letadla přes polovinu zeměkoule, satelitní navigace a autonomní způsob letu. Posledním jmenovaným rysem se sice dostáváme do kategorie autonomních letadel, nicméně současné civilní RPAS využívají a vycházejí z technologií v tomto segmentu letectví.

Absence nutnosti pilotní kabiny či jiných prostorů pro posádku dala konstruktérům značně volnou ruku při navrhování jednotlivých koncepcí bezpilotních letadel. Současná bezpilotní letadla se svými tvary značně liší od konvenčního uspořádání klasických letadel s posádkou. Zajímavostí také je, že v bezpilotním letectví nejsou moc rozšířeny čistě proudové motory, nýbrž se používá motorů turbovrtulových. Navíc se často jedná o koncepci s tlačnou vrtulí. Důvodem je čistý a vrtulí nerušený obraz pro kameru mířící ve směru letu. Umístění motoru do zadní části letounu také chrání od provozních kapalin motoru senzory, kamery a přístroje v přední části. Riziko poškození vrtule při automatickém přistání se touto koncepcí rovněž snižuje.

Snad nejznámější bezpilotní letouny jsou americké MQ-1 Predator, RQ-4 Global Hawk a MQ-9 Reaper. Predator je ve službě od roku 1995 a bylo vyvinuto několik verzí. Jedná se o průzkumný bezpilotní letoun poháněný tlačnou vrtulí a pístovým motorem. Posádka se při neautonomním letu skládá z 3 lidí. Letoun má dolet 454 mil (730 km), dostup 25000 ft (7620 m) a maximální rychlost 135 mph (217 km/h). Volitelnou výbavou mohou být 2 rakety vzduch-země Hellfire nebo 2 rakety vzduch-vzduch Stinger. [26] Global Hawk je průzkumný autonomní letoun s vysokým dostupem a doletem (dostup – 20 km, dolet – 22000 km). Vzhledem k vysokým operačním výškám je RQ-4 poháněn turbodmychadlovým motorem Rolls-Royce. [27] Reaper je další vývojovou řadou MQ-1 označován jako Predator B. Hlavní vizuální rozdíl oproti původnímu Predatorovi je v ocasních plochách, kde MQ-1 má ocasní plochy do tvaru „V“ obráceného dolů, Reaper má ocasní „věčko“ ve standardní poloze. Reaper také nepoužívá pístový motor, nýbrž turbovrtulový. Tím mu vzrostl výkon na 230 mph (370 km/h) maximální rychlosti, 1878 mil (3022 km) doletu a 50000 ft (15240 m) dostup. Jeho hlavním cílem je najít a zničit, k čemuž je vybaven raketami Hellfire a laserově naváděnými pumami. [28] Ze stejné kategorie lze ještě zmínit například izraelský IAI Heron, britský BAE Phoenix, francouzský SPERWER či ruský Irkut-200.



*Obr. 13: MQ-9 Reaper [42]*

Kromě bezpilotních letounů se vyvíjely a vyvíjejí také helikoptéry. Ty nacházejí využití především u námořních sil díky možnosti visení na místě a nízkým nárokům na velikost vzletové a přistávací dráhy. Jmenovat můžeme třeba Schiebel S-100 a MQ-8 Fire Scout. V posledních letech se zvýšil zájem o letadla s dlouhou výdrží ve vzduchu. Výsledkem jsou letouny speciální konstrukce pro lety ve velkých výškách osazené většinou solárními panely pro větší výdrž. Tyto letouny už však slouží vědeckým účelům. NASA vyvinula bezpilotní letoun Helios, jenž dosáhl téměř letové hladiny 970 (necelých 30 km). Britská firma QinetiQ zase vytvořila rekordně dlouhý let trvající 84 hodin se svým speciálním bezpilotním letounem Zephyr. Technologický vývoj tlačící na miniaturizaci jednotlivých komponentů umožnil konstruovat čím dál menší bezpilotní letadla. Tyto bezpilotní prostředky jsou schopné startovat z ruky a jsou využívány především pro krátké průzkumné mise. [24]



*Obr. 13: MQ-8 Fire Scout [43]*



*Obr. 14: NASA Helios [44]*

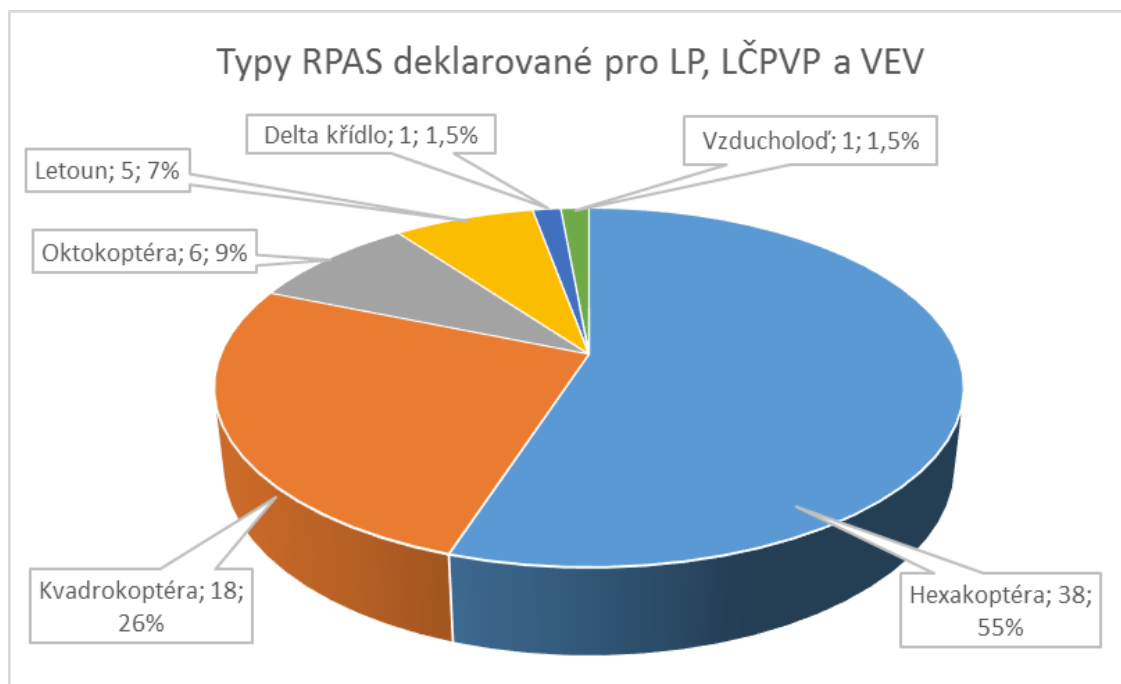
## 4. SOUČASNÉ CIVILNÍ RPAS

Průnik dálkově řízených letadel z vojenské do civilní sféry byl zapříčiněn několika faktory. Jedná se o velký pokrok v této oblasti od 90. let, kdy byla vyvinuta spousta typů různých koncepcí a velikostí, pokrok v IT a elektrotechnice umožňující miniaturizaci řídicích komponentů, hromadnější výroba, tudíž nižší cena a větší dostupnost a především široké spektrum civilního využití, které neustále zvyšuje poptávku po dálkově řízených letadlech.

Oproti velkým vojenským bezpilotním letadlům typu Predator či Global Hawk se ve veřejném sektoru k leteckým pracím využívají drobná dálkově řízená letadla s maximální vzletovou hmotností do 10 kg, výjimečně nad 10 kg. Důvodem je použití baterií jakožto zdrojů energie pro motory, kdy každý gram letové hmotnosti navíc snižuje dobu letu. Elektrické motory jsou navíc téměř bezúdržbové a levné. Při současném použití, kdy v drtivé většině případů je nákladem fotoaparát, kamera či termovize s příslušným úchytem ani není potřeba těžších, a tím pádem dražších, náročnějších a rizikovějších strojů.

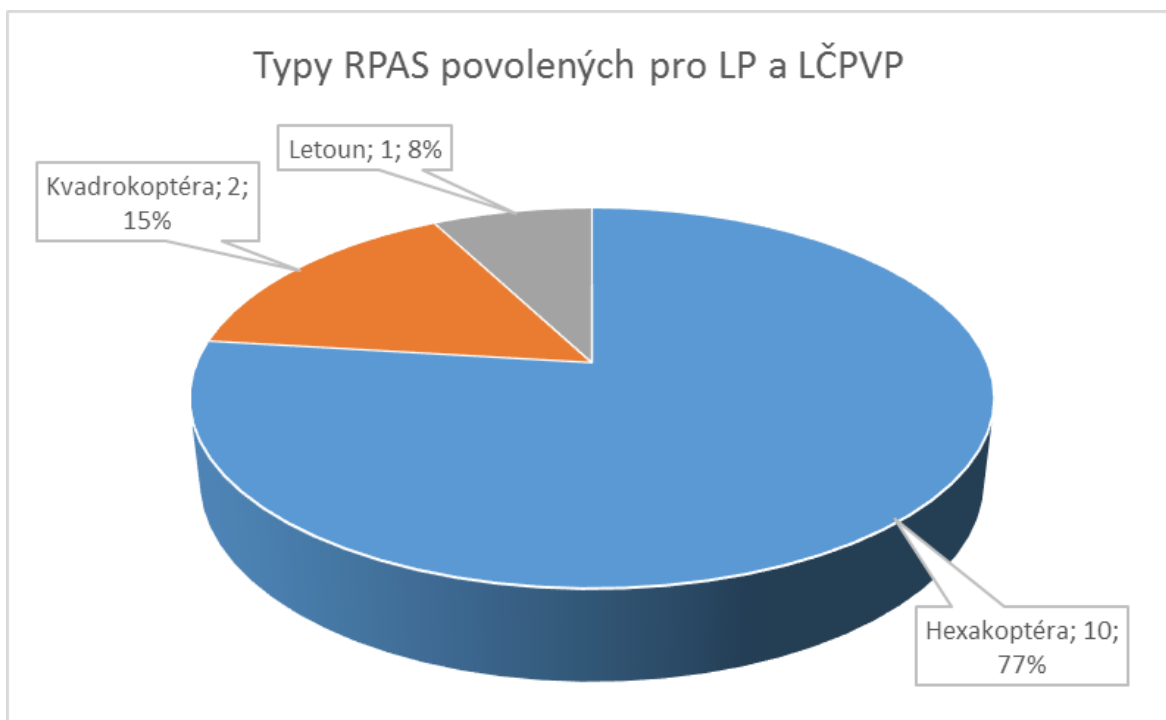
### 4.1. RPAS používané v ČR

Z evidence bezpilotních letadel Úřadu pro civilní letectví aktualizované dne 7. dubna 2015 vyplývá, že bezpilotních letadel s deklarovaným účelem k vykonávání leteckých prací (LP), leteckých činností pro vlastní potřebu (LČPVP) a výzkumné, experimentální a vědecké činnosti (VEV) je v České republice registrováno 69. Dle seznamu provozovatelů LP/LČPVP, aktualizovaného k 31. březnu 2015, je k těmto činnostem opravdu povoleno pouze 13 bezpilotních prostředků 12 provozovatelů. Statistiky ÚCL ukazují neustálý nárůst žádostí o vydání Povolení k létání pro účely LP/LČPVP, kdy od roku 2012 je počet žádostí vždy přibližně dvojnásobný oproti předešlému roku. Tento trend pokračuje i letos, kdy jen za první 4 měsíce bylo evidováno 85 nových žádostí o Povolení k létání pro LP/LČPVP. Pro srovnání, za celý rok 2014 bylo těchto žádostí evidováno 92 [29]



*Graf 4.1: Typy RPAS deklarované pro LP, LČPVP a VEV [zpracováno autorem na základě Evidence bezpilotní letadel, ÚCL]*

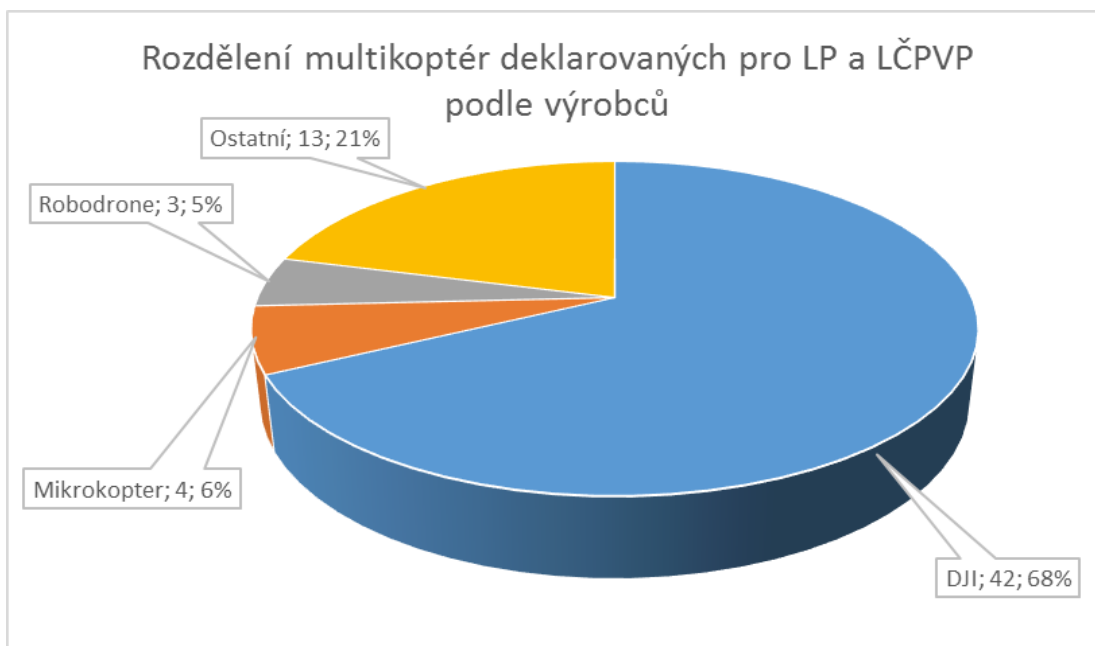
Z *Grafu 1* vyplývá, že 90% RPAS zamýšlených pro použití k LP, LČPVP a VEV jsou multikoptéry s počtem rotorů 4, 6 nebo 8. Zbytek (9%) tvoří letadla s pevnou nosnou plochou a jedna bezpilotní vzducholod'. Toto rozdělení, kdy multikoptéry zaujímají naprosto dominantní postavení ve flotile RPAS českých provozovatelů, ukazuje směr využití RPAS. Hlavní výhodou koptér je možnost statického přenosu obrazu v režimu visení a pohyb ve všech směrech. Hlavní výhodou letounu oproti multikoptéře, možnost energeticky méně náročného a rychlejšího letu na větší vzdálenosti, je limitována nutností pohybovat se ve vizuálním dohledu pilota. Vítězná koncepce se 6 rotory představuje kompromis mezi kvadrokoptéry (nižší energetická náročnost, nižší cena) a oktokopty (vysoká stabilita i při výpadku jednoho z motorů). Dá se předpokládat, že s rostoucím zájmem o letecké práce vykonávané RPAS poroste i podíl oktokopty ve skladbě bezpilotních prostředků. RPAS definitivně povolené k provozování LP/LČPVP demonstrují ještě vyšší dominanci multikoptér, kdy je povolen pouze jeden dálkově řízený letoun (viz *Graf 2*). Zde se však jedná o malý vzorek (13 RPA), který se časem přiblíží rozložení zobrazenému v *Grafu 1*.



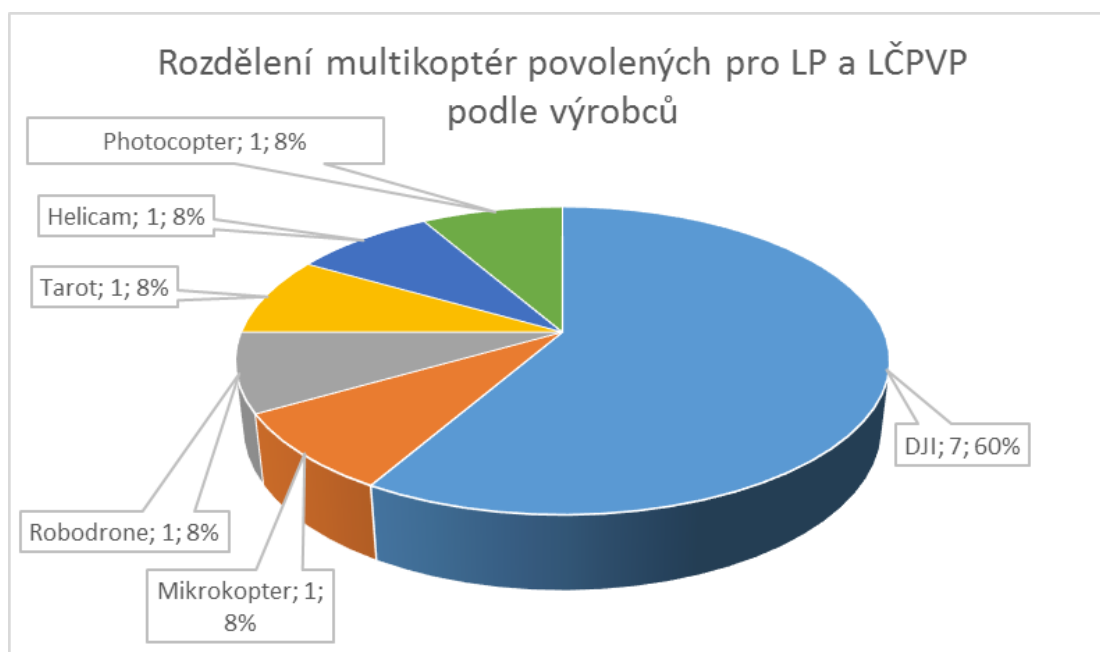
*Graf 4.2: Typy RPAS povolených pro LP a LČPVP [zpracováno autorem na základě Seznamu provozovatelů LP/LČPVP, ÚCL]*

*Graf 3* demonstrující podíl jednotlivých výrobců multikoptér registrovaných ÚCL a multikoptér povolených k provozování LP/LČPVP ukazují nadpoloviční počet RPAS čínského výrobce DJI. Dalšími výrobci, kteří mají v Evidenci bezpilotních letadel více než jeden zaregistrovaný RPAS je německý Mikrokopter (4 multikoptéry) a český Robodrone (3 multikoptéry). Zbýlých 13 multikoptér z celkem 62 registrovaných bylo vyprodukováno 13 různými výrobci. Tento jev na jednu stranu ukazuje vysokou rozličnost (16 různých výrobců), na druhou stranu je zde téměř 70% skupina RPAS DJI, které se vyznačují obdobnými vlastnostmi. U RPAS povolených pro LP/LČPVP je dominance DJI obdobná (viz *Graf 4*). Produktem DJI je 7 z 12 multikoptér pro LP/LČPVP, zbylých 5 je rozděleno mezi 5 výrobců.





Graf 4.3: Rozdělení multikoptér deklarovaných pro LP a LČPVP podle výrobců [zpracováno autorem na základě Evidence bezpilotní letadel, ÚCL]



Graf 4.4: Rozdělení multikoptér povolených pro LP a LČPVP podle výrobců [zpracováno autorem na základě Seznamu provozovatelů LP/LČPVP, ÚCL]

## 4.2. Technické možnosti RPAS

Současné multikoptéry jsou z důvodu velkého počtu výrobců, typů a možností skládání a kombinování jednotlivých komponent vzhledově velice rozličné. Funkčně se však jedná o podobné stroje. Základní funkce jsou prakticky stejné (liší se většinou jen názvem), rozdíly mohou být například ve větším výběru letových režimů. Z těchto důvodů budou technické vlastnosti popsány obecně na základě kombinovaných informací výrobků DJI (majoritní podíl multikoptér v ČR) a Mikrokopter (konkrétně na systému GeoDrone C6 provozovaného společností UpVision). Bezpilotní letouny bude reprezentovat jediný certifikovaný letoun pro LP/LČPVP, MAVinci Sirius, taktéž provozovaný společností UpVision.

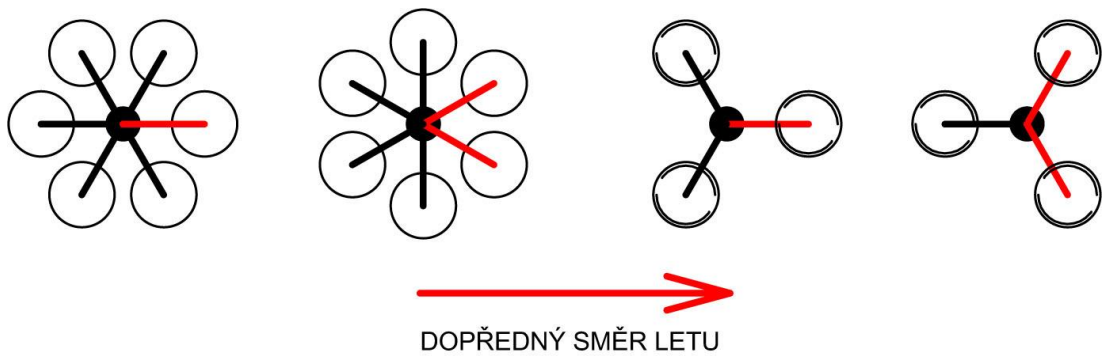
### 4.2.1. Multikoptéry

Standardní multikoptéra se skládá ze základního rámu s motory a vrtulemi, řídicí elektroniky a užitečné zátěže. Pozemní část RPAS se skládá z RC vysílače, počítače či tabletu a video-stanoviště.

#### Rám

Používanými materiály pro multikoptéry jsou plasty a uhlíkové kompozity. Dá se obecně říci, že s rostoucí cenou klesá podíl použitých plastů a roste množství uhlíkových kompozitů. Např. DJI Phantom 2, patřící mezi levné poloprofi RPAS, má tělo plastové, zatímco koptéry vyšších tříd DJI S800 nebo S900 již disponují karbonovým rámem.

Základní částí rámu jsou přístrojové lože (neboli trup), podvozek a ramena. V trupu je uložena veškerá řídicí elektronika a baterie. Na trupu je také zavěšeno užitečné zatížení, vychází z něj podvozek a ramena s vrtulemi. Kromě kamery určené k pořizování leteckých záběrů může být multikoptéra ještě vybavena FPV kamerou, která je namířena pouze dopředu a pomáhá pilotovi s orientací v prostoru. FPV kamera však dle platné legislativy nesmí nahradit přímý vizuální kontakt pilota s multikoptérou. Podvozek se skládá z 3 a více podvozkových noh, popřípadě 2 noh opatřených ližinami pro stabilní stání. Může být pevný nebo, u dražších modelů (DJI S800, S900), sklopný. Po vzletu se podvozkové nohy roztáhnou, čímž umožní zavěšené kameře nerušený rozhled v rádiusu 360°. Počet ramen se liší podle koncepce multikoptéry. Jsou používány varianty se 4, 6 a 8 rotory, přičemž u hexakoptér a oktokoptér se mohou objevit varianty se dvěma koaxiálními, protiběžnými rotory na jednom rameni. Základní směr letu vpřed je určen buď jedním odlišně zbarveným ramenem, či osou mezi dvěma odlišně zbarvenými rameny (viz *Obr. 15*). Na koncích ramen jsou umístěny elektromotory s výkonem do 500 W. Vrtule mohou být opět vyrobeny, v závislosti na ceně, z plastu nebo z uhlíkového kompozitu. Samozřejmostí je rozdílný smysl otáčení vrtulí na sousedních ramenech.



*Obr. 15: Možnosti základních konstrukčních provedení hexakoptér [vytvořeno autorem]*

Z důvodu lepší orientace pilota na zemi o aktuálním nasměrování koptéry jsou tyto bezpilotní prostředky navíc vybaveny barevnými diodami, které také barevně odlišují ramena určující dopředný směr letu. Fotoaparát či kamera bývá zavěšena pod trupem na gimbalu, který umožňuje její pohyb až ve všech 3 osách nezávisle na pohybu multikoptéry. (viz *Obr. 16*)



*Obr. 16: Hexakoptéra od společnosti Mikrokopter [45]*

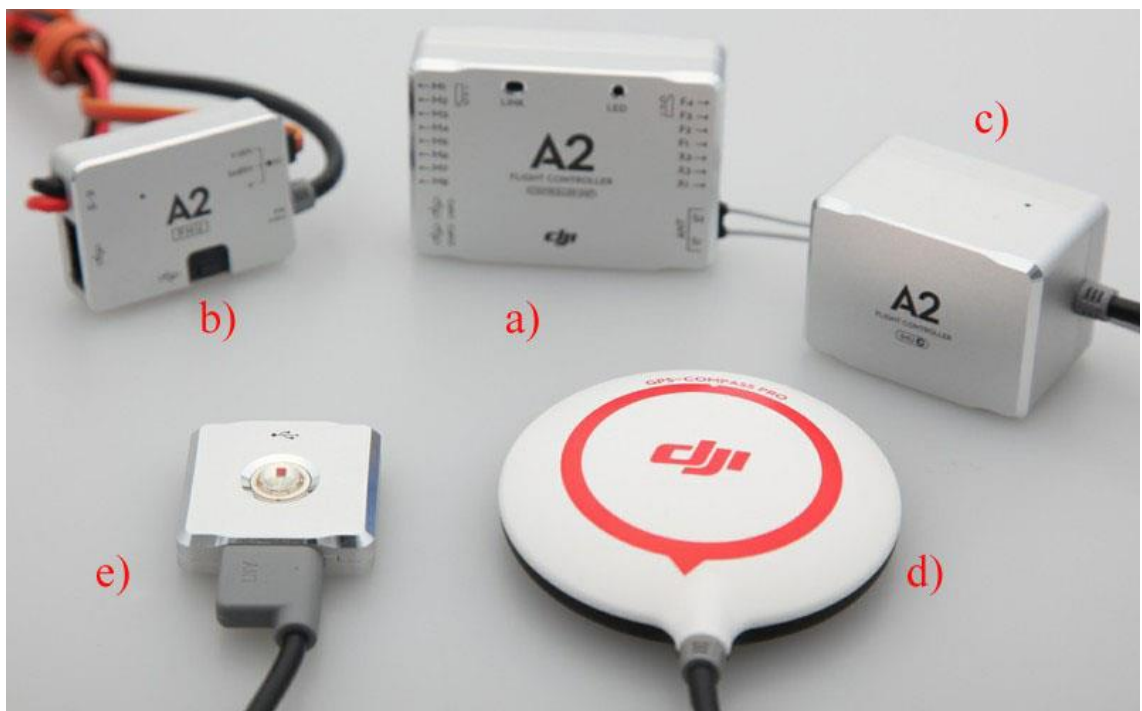


Obr. 17: DJI Phantom 2 (vlevo) a DJI S900 (vpravo) [46]

### Řídící elektronika

Základními částmi řídicí elektroniky pro multikoptéry jsou:

- řídící jednotka – jádro řídicího systému s vestavěným nebo externím přijímačem
- napájecí jednotka – řídí napájení systému z baterií
- inerciální jednotka – určuje náklon multikoptéry a výšku pomocí gyroskopů a barometrického výškoměru
- GPS jednotka – GPS přijímač pro určování polohy s magnetickým kompasem
- LED-Bluetooth jednotka – signalizuje provozní stavy za letu LED diodami a pomocí služby Bluetooth komunikuje s mobilním zařízením (chytrý telefon, tablet) na zemi. Obsahuje USB port pro připojení počítače. *Pozn.: Platí pro výrobky DJI. Mikrokoopter využívá modul xBee pracující na frekvenci 2,4 GHz, a který paralelně s telemetrií pro RC vysíláč přenáší údaje do počítače.*



Obr. 18: Řídící elektronika A2 pro multikoptéry DJI [47]

Řídicí systémy multikoptér obecně umožňují 3 režimy pilotáže: manuální, ATTI a GPS. Jednotlivé režimy se liší mírou automatické přístrojové asistence pilotovi při stabilizaci letu. Konkrétní rozdíly pro jednotlivé režimy řídicího systému A2 pro multikoptéry DJI jsou uvedeny v Tabulce 1. Tento systém navíc rozděluje režim ATTI na ATTI.1 a ATTI.2.

**Tabulka 4.1: Vlastnosti jednotlivých letových režimů řídicího systému A2 [30]**











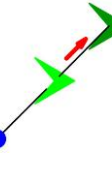
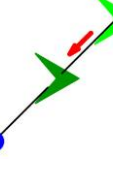

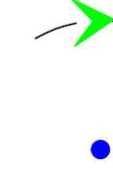

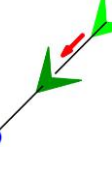

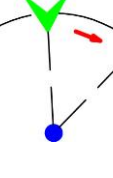
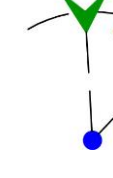
	GPS	ATTI.2	ATTI.2	Manual
<i>Lineární odezva na řízení</i>	Ano			
<i>Zatáčení</i>	Ovládá otáčení multikoptéry kolem svislé osy. Maximální rychlost otáčení je 150°/s			
<i>Klonění a klopení</i>	Ovládá otáčení multikoptéry kolem příčné a podélné osy. Ovladač ve středové pozici – 0°, v maximální výchylce – 35°			Maximální úhlová rychlost 150°/s. Neexistuje limitní úhel naklonění
<i>Plyn</i>	Ovládá výšku multikoptéry. Udržuje výšku více než 1 m nad zemí, je-li páka plynu ve středové poloze			Neudržuje výšku, je-li páka plynu ve středové poloze
<i>Všechny ovladače uvolněny</i>	Udržuje pozici a náklon, je-li GPS signál dostatečný*	Udržuje pouze náklon		Udržuje původní náklon
<i>Ztráta GPS signálu*</i>	Při ztrátě GPS signálu přechází automaticky do módu ATTI. Když je GPS signál obnoven alespoň na 2 s, vrací se zpět do GPS módu	---		---
<i>Fail-safe</i>	Při ztrátě signálu z vysílače automaticky přechází do Fail-safe režimu. Automaticky neopustí Fail-safe bez ohledu na to, zda se signál z vysílače obnoví nebo ne.		Při ztrátě signálu z vysílače automaticky přechází do Fail-safe režimu. Při obnově signálu vysílače režim Fail-safe automaticky opouští	
<i>Uplatnění GPS</i>	Ano		Ne	
<i>Ochrana při slabé baterii</i>	Světelná LED signalizace a automatické přistání nebo návrat na místo vzletu a přistání**		Světelná LED signalizace	

\*správná funkce GPS módu vyžaduje dostatečný signál minimálně ze 6 družic

\*\*ÚCL vyžaduje, aby RPAS v Fail-safe režimu okamžitě opustil vzdušný prostor bez návratu na místo vzletu

Kromě jednotlivých letových módů zjednodušují pilotovi ovládání i další pomocné prvky. Základem je normální let, kdy směr letu vpřed při vychýlení páčky ovládání klopení je orientován stejně jako příď modelu. Způsoby letu umožňující praktičtější provedení letecké práce obsahují režim Course Lock, Home Lock (Care Free u Mikrokopteru) a Point of Interest. Jednotlivé režimy se od normálního liší ve směru letu vpřed a orientace příde multikoptéry. U režimu Course Lock se směr vpřed uloží do paměti podle aktuálního směru příde. Tento směr je poté pevný, dokud není změněn nebo režim Course Lock vypnut. V režimu Home Lock směr vpřed vždy leží na polopřímce mezi zaznamenaným místem vzletu a aktuální pozicí multikoptéry. Tento režim je vhodný především pro piloty začátečníky, kteří se hůře orientují v prostoru a neuvědomují si nutnost záměny vpravo/vlevo, vpřed/vzad při letu příde k sobě. Při použití Point of Interest je multikoptéra neustále natočena čelem k zaznamenanému bodu. Směr vpřed je stejný jako směr příde. [30]

**Tabulka 4.2: Přehled pomocných režimů letu [30]**

Režim	Zápis	Výchylka ovládání klopení		Výchylka ovládání klonění	
		Nahoru	Dolů	Doleva	Doprava
<i>Normální</i>					
<i>Course Lock</i>					
<i>Home Lock</i>					
<i>Point of Interest</i>					

Dalším pomocným prvkem je funkce automatického návratu na místo vzletu. Při aktivování této funkce multikoptéra vystoupá do předem navolené výšky a v ní se vrátí na místo vzletu, kde přistane. Mikrokopter nabízí ještě režim Altitude Hold, který v průběhu letu udržuje konstantní barometrickou výšku. Vzhledem k absenci jakéhokoliv přístroje na zjištění výšky nad terénem (např. radiový výškoměr) tato

konstantní výška není konstantní výškou nad zemí. Využití Altitude Hold v kopcovitém terénu či v oblasti s vysokými překážkami vyžaduje zvýšenou opatrnost.

Jak již bylo naznačeno v Tabulce 1, podstatným bezpečnostním prvkem řídicích jednotek RPAS je režim Fail-safe. Jelikož podstatou RPAS je možnost pilota řídit průběh letu v reálném čase, režim Fail-safe je aktivován v okamžiku, kdy je z jakéhokoliv důvodu přerušeno spojení mezi řídicí stanicí a multikoptérou. Fail-safe má 2 možnosti ukončení letu. První je návrat na místo vzletu v předem určené výšce, zatímco při druhé variantě multikoptéra ihned přistane na aktuální pozici. ÚCL z bezpečnostních důvodů vyžaduje okamžité vyklizení vzdušného prostoru a přistání. Provozovatelé a výrobci naopak podporují variantu návratu na místo vzletu. DJI dokonce plánuje, že v nových řídicích jednotkách okamžité sklesání při přechodu do Fail-safe vůbec nebude k dispozici. Při poklesu napětí baterií multikoptéry je pilot upozorněn světelnou signalizací a měl by okamžitě zahájit návrat k místu vzletu a přistát. Při dalším poklesu napětí je ihned zahájeno automatické přistání.

Doba letu je závislá na vzletové hmotnosti, teplotě okolního vzduchu a charakteru letu. Při standardních podmínkách (15-20°C), zátěži v podobě gimbalu a fotoaparátu se doba letu pohybuje do 20 minut. S rostoucí hmotností a klesající teplotou výdrž baterií klesá. Baterie se používají lithium-polymerové s kapacitou 10000 – 15000 mAh. DJI používá jednu 6-ti článkovou baterii. Geodrone C6 je napájen dvěma 4-článkovými bateriemi, každá s kapacitou 5800 mAh. Tyto baterie jsou zapojeny paralelně, a tudíž se snižuje riziko výpadku elektrické energie při poruše jedné z nich. [30, 31]

#### Pozemní část

Nejdůležitějším prvkem pozemní části systému je RC vysílač. Vysílač je pro pilota RPA tím samým, jako kokpit pro pilota klasického letadla. Pomocí vysílače řídí let a odečítá telemetrické údaje (síla řídicího a GPS signálu, kapacita a napětí baterií, poloha a vzdálenost od místa vzletu, výška letu, horizontální a vertikální rychlost letu). Vysílač může být vybaven obrazovkou přenášející záběry FPV kamery (je-li na multikoptéře instalována).

RC vysílače jsou vícekanálové (většinou 12 a více kanálů) a pracují na kmitočtu 2,4 GHz. Vysílač je pevně spárován s přijímačem multikoptéry a není tudíž možné převzetí řízení cizím vysílačem. V případě rušení signálu na používané frekvenci se systém sám přeladí na volný kanál. Dosah standardního vysílače ve volném prostoru je více než 2 km, čímž silně překračuje povolené limity létání v přímém vizuálním dohledu pilota. V zastavěném území se v důsledcích elektromagnetických šumů dosah rapidně snižuje až na desetinu původní hodnoty. Video je přenášeno na frekvenci 5,8 GHz. Pro ovládání gimbalu a spouště fotoaparátu je používána oddělená stanice, kterou obsluhuje asistent pilota.



Obr. 19: RC vysílač Futaba s obrazovkou FPV kamery [foceno autorem]

Důležitou součástí pozemní řídicí stanice je počítač (laptop, tablet, chytrý telefon) s potřebným softwarem k danému typu multikoptéry. V obslužném softwaru je možné provést veškeré nastavení ovladačů, chování Fail-safe režimu a jednotlivých módů při změně polohy přepínače na RC vysílači, sledovat telemetrická data vysílaná paralelně s daty do RC vysílače a především nastavovat parametry pro automatický let. Automatický let je možný pouze při dostatečném GPS signálu (signál z 6 a více družic) a může být kdykoliv přerušen zásahem pilota do řízení. Při ztrátě GPS signálu je letadlo převedeno do ATTI režimu a řízení přebírá pilot. Automatický let je prováděn podle zadaných bodů, waypointů (dále jen WP). WP je bod v prostoru s danými GPS souřadnicemi. Multikoptéra WP v daném pořadí prolétává, čímž je schopná letět bez zásahu pilota. Software umožňuje nastavit desítky WP pro jeden let (konkrétně 100 WP u profesionální licence Mikrokopteru, 30 u amatérské licence). V rámci zachování letu v přímém vizuálním dosahu pilota je možné WP v softwaru Mikrokopter plánovat pouze do vzdálenosti 500 m od místa vzletu u profesionální licence a 250 m u amatérské licence.



Software umožňuje pro automatický let nastavit následující parametry:

- Souřadnice a výšku WP
- Poloměr WP – z důvodu nepřesnosti GPS se WP bere jako úspěšně proletěný, když multikoptéra proletí v předem definované vzdálenosti od jeho zadané polohy. WP tedy není bod, nýbrž koule o zadaném poloměru.
- Azimut multikoptéry – určuje natočení přídě RPA v místě WP
- Horizontální a vertikální rychlost – určuje rychlost pohybu multikoptéry při průletu WP
- Čas na WP – určuje, jak dlouho se má multikoptéra na WP zdržet, než poletí dále
- Činnost na WP – určuje, co má multikoptéra na WP provést. Obvykle se jedná o nastavení polohy gimbalu, stisknutí spouště fotoaparátu nebo spuštění či vypnutí natáčení videa.



Obr. 20: Ukázka z ovládacího softwaru Mikrokopty [48]

### 4.2.2. Letouny – MAVinci Sirius

Stejně jako multikoptéry, i bezpilotní systém s letounem obsahuje samotný letoun a pozemní část. Letoun se skládá z draku, řídicího systému a užitečné zátěže. Pozemní část z RC vysílače, WiFi routeru a počítače.

#### Drak

Letoun MAVinci Sirius je vyroben z materiálu Elapor (podobný polystyrenu), díky čemuž má při rozpětí 1,63 m maximální vzletovou hmotnost pouze 3,3 kg. Jedná se o hornoplošný letoun, s tažnou, sklopnou vrtulí poháněnou elektromotorem o výkonu 680 W. Letoun nemá podvozek. Vzlétá z ruky a přistává na břicho, které je pro vyšší odolnost pokryto lepicí páskou. Ovládání je zajištěno standardně pomocí křidélek, výškového a směrového kormidla. Ty jsou poháněny celkem 4 servomotory. MAVinci Sirius je rozebíratelný. Křídla, horizontální a vertikální stabilizátory se připevňují pomocí plastových šroubů. Na spodní straně křídel jsou nainstalována záblesková světla pro lepší viditelnost letounu. Veškerá řídicí elektronika včetně kamery je z aerodynamických důvodů umístěna uvnitř trupu. Kamera je umístěna pevně a je schopna snímat pouze v jednom směru (dolů). Při přelepení spár nepromokavou lepicí páskou je možné letoun provozovat i v dešti.



Obr. 21: RPA MAVinci Sirius [49]

#### Řídicí elektronika

MAVinci Sirius používá řídicí elektroniku MAVinci Autopilot. Kromě řídicí jednotky obsahuje GPS přijímač s magnetometrem, inerciální jednotku, barometrický výškoměr, modul xBee a GPS tracker. Můžeme tedy vidět, že součásti jsou obdobné jako u multikoptér. Hlavní rozdíl mezi řízením multikoptéry a letounu je především v nemožnosti režimu visení u letounu.

MAVinci umožňuje 3 režimy letu. Jedná se o let plně automatický, poloautomatický a manuální. Automatický režim je plně v kompetenci systému a autopilota podle nastavení letu v obslužném softwaru. Poloautomatický let ulehčuje pilotovi práci udržováním výšky letu a nadefinované, nepřekročitelné vzdálenosti od místa vzletu. V manuálním režimu je ovládání letounu plně v kompetenci pilota. Letoun disponuje možností automatického návratu na místo vzletu a automatického přistání. Další rozdíl

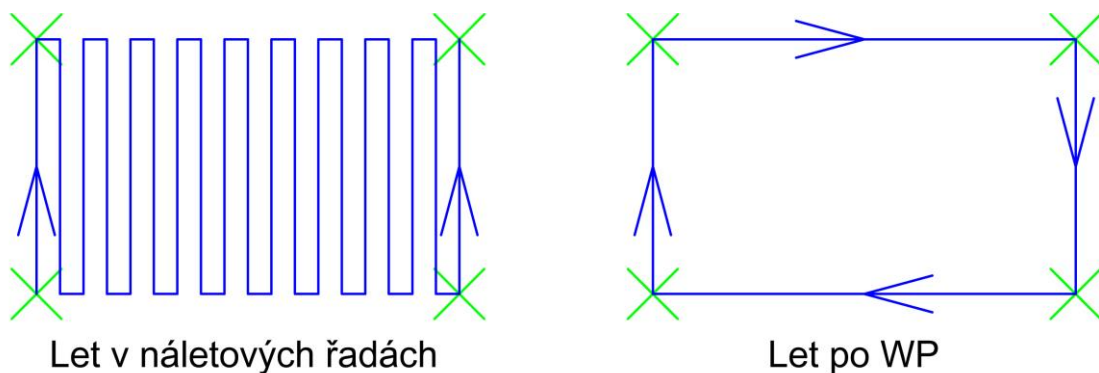
oproti multikoptérám je v chování letounu při nouzových situacích. Při výpadku nebo zhoršené kvalitě GPS signálu se MAVinci Sirius přepne do asistovaného nebo manuálního režimu. Poté je letoun pilotem naveden k místu vzletu a je provedeno přistání. Pokud dojde k výpadku spojení mezi letounem a RC vysílačem, je možné z počítače pomocí softwaru vyslat příkaz k návratu na místo vzletu, popřípadě k okamžitému přistání. Pokud dojde i k chybě spojení mezi letounem a počítačem, letoun přechází do Fail-safe režimu, kdy okamžitě začíná ve spirále klesat až k nouzovému přistání. Při poklesu napětí baterií na jakékoliv části systému je pilot na tento stav upozorněn a měl by zahájit okamžitý návrat a následné přistání. Při dalším poklesu je letoun převeden do Fail-safe režimu a po spirálovitém klesání nouzově přistává.

Letouny jsou energeticky méně náročné než multikoptéry a proto se k jejich provozu používá slabších baterií. MAVinci Sirius je napájen 5-ti článkovou lithium-polymerovou baterií o kapacitě 5300 mAh. Ta je uložena v přední části trupu letounu.

### Pozemní část

RC vysílače pro letouny jsou totožné s vysílači pro multikoptéry. Vzhledem k pevnému umístění kamery není potřeba speciální stanice pro ovládání gimbalu.

Počítač obsahuje obslužný software MAVinci Desktop, který s letounem komunikuje pomocí WiFi routeru, MAVinci Connectoru a modulu xBee. Tento datový spoj umožňuje sledování telemetrie, zadávání příkazů k návratu na místo vzletu a přistání a plánování automatického letu. Plánování automatického letu se výrazně liší od plánování pro multikoptéry. Letoun se používá téměř výhradně k mapování terénu konstantní rychlostí okolo 55 km/h. Proto u WP odpadá možnost nastavení doby na WP, vertikální a horizontální rychlosti při průletu WP či nastavení činnosti na WP. MAVinci Desktop umožňuje tvorbu tzv. náletových řad. V praxi to znamená, že operátor si na mapovém podkladu v softwaru vytyčí oblast, kterou chce zmapovat a software vypočítá potřebnou trasu tak, aby letoun přeletěl nad celou oblastí a v požadovaném rozlišení ji zmapoval. Samozřejmostí je i klasický let přes jednotlivé WP. Vzhledem k nutnosti konstantní výšky letu nad terénem pro kvalitní produkt leteckého snímkování, disponují mapové podklady MAVinci Desktop i výškovým reliéfem. Letoun tedy během letu na základě GPS souřadnic dokáže kopírovat terén. [31]



Obr. 22: Schéma variant automatického letu RPAS MAVinci [vytvořeno autorem]

## 5. BEZPEČNOST PROVOZU

Jedním ze základních pilířů letecké dopravy je bezpečnost. Pohyb vzduchem je, při výběru z variant vzduch, voda, země, pro člověka nejrizikovější způsob. Proto je nutné, aby letectví toto zvýšené riziko vyvažovalo propracovaným systémem bezpečnostních opatření, který se vyvíjí v podstatě od počátku létání. Tento systém je však nastaven pro letadla s pilotem na palubě. Jelikož RPAS jsou součástí vzdušného provozu a v budoucnosti, ať už více či méně vzdálené, se počítá s jejich rostoucí integrací do klasického provozu, je nutné, aby se i bezpečnost RPAS dostala na úroveň přijatelnou pro všechny zainteresované strany. Mezi ně patří samotní provozovatelé, ostatní uživatelé vzdušného prostoru a nezúčastněné osoby, kterých se letecký provoz může negativně dotknout.

Současná legislativa vychází z myšlenky maximální minimalizace rizika. Jsou zde nastavena taková omezení, jenž v případě problému prakticky znemožňují vznik škody na zdraví či majetku. Předpisy tedy neřeší bezpečnost z aktivního hlediska, ale zatím pouze z pasivního. Tento přístup je naprosto logický. RPAS v civilním sektoru je nový pojem, u kterého neexistuje dostatek zkušeností, z nichž by se dalo čerpat pro preventivní ochranu. Je pochopitelné, že příslušné orgány nastavily přísné restriktce, které se s přibývajícím zkušenostmi a zvyšující se aktivní bezpečností, mohou v budoucnu uvolňovat.

Rozumný je také přístup k provozování RPAS širokou veřejností za účelem pobavení a rekreace. Situace pro skupinu hobby uživatelů se dá připodobnit k cyklistům. Nikdo vás ani vaše kolo neeviduje, máte relativní svobodu v jeho užívání, ale pravidla silničního provozu dodržovat musíte. RPAS v pozici hračky sice zažívá boom, avšak v ruce člověka létajícího jen pro vlastní potěšení v parku nebo na louce je při dodržování základních pravidel prakticky neškodný. Hobby uživatel si s největší pravděpodobností nebude kupovat těžký a drahý profesionální RPAS, ale v rámci svých požadavků sáhne po cenově dostupnějším a především menším letadle. Hobby skupina je velice podobná RC modelářům, kteří fungují daleko déle než civilní RPAS a první pořádná regulace jejich činnosti přišla až s Doplňkem X. Navíc je tento sektor z praktického hlediska nehlídatelný a neregulovatelný.

Pro profesionální uživatele používající RPAS k podnikání jsou však legislativní bezpečnostní omezení především omezeními jejich činnosti a rozvoje. Provozovatelé RPAS jsou Doplňkem X vytlačeni na pole, louky a jiná neobydlená území. Použití RPAS ve městech či nad lidmi je obrovským lákadlem nejen z hlediska finančně zajímavých zakázek, ale také z pohledu veřejně prospěšných činností. Příkladem může být použití RPAS při akcích policie, zdravotnické záchranné služby a hasičů. Policie by jistě uvítala možnost využít bezpilotní prostředek k monitorování a identifikování demonstrantů nebo fotbalových fanoušků, namísto několikanásobně dražší helikoptéry. Pro zdravotnickou záchrannou službu je zase lákavá varianta létajícího defibrilátoru, který by byl schopný se ve městech rychle dostat k pacientovi a zvýšit tím šanci

na záchranu života. Hasiči by také určitě rádi použili RPAS k monitorování požáru i v obydlených oblastech a ne jen ve volné přírodě.



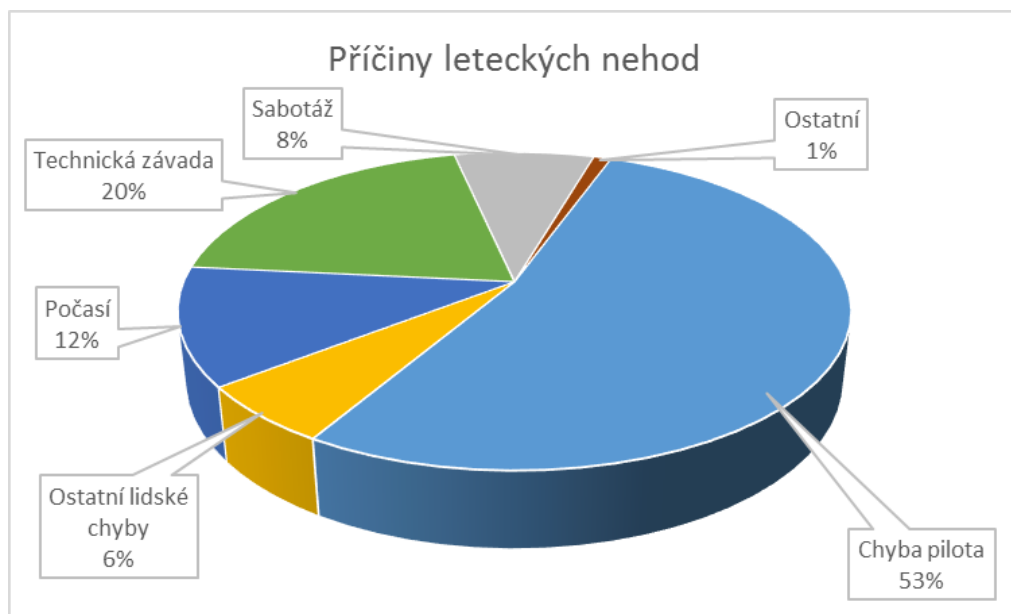
*Obr. 23: Využití RPAS ve zdravotnické záchranné službě [50]*

Pro možný posun pole působnosti provozovatelů RPAS, a celkový rozvoj tohoto sektoru letectví při zachování co nejvyšší možné míry bezpečnosti, jsou základní následující oblasti:

- vliv lidského činitele na bezpečnost RPAS
- aktivní a pasivní bezpečnost samotných RPAS
- integrace RPAS do společného vzdušného prostoru
- postoj široké veřejnosti k provozování RPAS
- ochrana před protiprávními činy

## 5.1. Lidský faktor

Lidská chyba je nejčastější příčinou okamžiků, kdy je ohrožena bezpečnost leteckého provozu. Statistiky uvádějí, že okolo 60% nehod je způsobeno lidským faktorem. Chybu může udělat každý, kdo se na letu přímo nebo nepřímo podílí. Kromě pilota se jedná i o řídící letového provozu či mechaniky pracující na údržbě daného letadla. Nejvíce chybujícími, především ve všeobecném letectví, jsou sami piloti. Přitom nezáleží, zda se jedná o nepozornost, nedostatek zkušeností, podcenění situace, přecenění schopností vlastních či schopností letadla, nezvládnutí stresové situace nebo nedostatečnou přípravu před letem.



Graf 5.1: Příčiny leteckých nehod klasického letectví [32]

V klasickém létání je riziko chyby pilota sníženo nejzákladnějším lidským pudem, pudem sebezáchovy. Jedno letecké moudro praví: „Existují dva druhy pilotů. Zbabělí piloti a mrtví piloti.“ Druhé, významově podobné zase říká: „Je lepší být na zemi a závidět těm, co jsou ve vzduchu, než být ve vzduchu a závidět těm, co jsou na zemi.“ V těchto výrocích tkví alfa a omega bezpečnosti klasického létání. Drtivá většina pilotů má v plánu po provedení letu bezpečně přistát bez zbytečného hazardování se svým vlastním životem. Zde se hlavní výhoda bezpilotního létání, nepřítomnost pilota na palubě, mění v jeho naprosto zásadní nevýhodu z hlediska bezpečnosti. V okamžiku, kdy pilot svou pilotáží není bezprostředně ohrožen na zdraví, je riziko nezodpovědného létání významně zvýšeno. Situace je navíc umocněna dojemem, že při provozu lehkého RPAS vlastně ani žádné velké nebezpečí nehrozí. Tato kombinace vede k nedostatečné předletové přípravě a prohlídce letadla, provozu v nevhodných meteorologických podmínkách, provozu s nedostatečným odstupem od třetích osob na zemi a jejich majetku nebo k výběru místa s nedostatečnou možností monitorování okolního vzdušného prostoru.

Dalším problémem bezpilotního létání je situace, kdy do tohoto sektoru přicházejí v drtivé většině lidé, kteří nemají s létáním zkušenosti a chybí jim jakékoliv obecné

znalosti letectví a jeho pravidel. Uživatelé z různých odvětví objevují stále nové varianty využití RPAS pro své potřeby. Problémem je, že lidé bez leteckého vzdělání berou bezpilotní letadla jako obyčejný pracovní nástroj, nejčastěji jako sofistikovanější stativ pro kameru, který není nutné jakkoliv složitěji řešit. Tito uživatelé tedy ani nemají tušení, že existují určité předpisy pro provoz bezpilotních letadel a tudíž se jimi ani neřídí. V sektoru provozovatelů RPAS za účelem LP/LČPVP se tato situace naštěstí mění díky osvětové kampani médií a sankcím ze strany ÚCL. Hobby provozovatelé RPAS mají ponětí o existenci pravidel mizivé a jejich konkrétní znalosti se limitně blíží nule. Ačkoliv Doplněk X není pro hobby uživatele závazný, v rámci zvýšení povědomí o bezpečnosti provozu by stálo za zvážení zavedení povinnosti pro prodejce v ČR přidávat k balení s RPAS i informativní leták vyhotovený ÚCL. Tento leták by obsahoval nejdůležitější informace z Doplněku X ohledně bezpečného provozu RPAS. V ideálním případě by rozsahem nepřesahoval jednu stránku formátu A4 a prodejci by jej přidávali buď k návodu k obsluze nebo faktuře v tištěné či elektronické verzi. Leták by měl obsahovat základní informace o vymezení hobby použití, odpovědnosti pilota a prostorovém omezení. Hlavní výhodou by bylo rozšíření povědomí o letovém provozu u úplných amatérů za minimální náklady a tím pádem i možné zvýšení úrovně bezpečnosti. Návrh konkrétní obsahové části letáku je v Příloze 3.

U profesionálních provozovatelů, rekrutovaných z řad neletců, je problematická délka a obtížnost „výcviku“ a následného přezkoušení na ÚCL. Člověk usilující o licenci PPL musí absolvovat zdravotní prohlídku, získat průkaz radiotelefonisty, odlétat minimálně 45 hodin a naučit se kvantum teorie. To se při troše dobré vůle a dostatku financí dá zvládnout za několik měsíců. Naproti tomu výcvik pilota UAV nabízený například společností Robodrone obsahuje 8 hodin teorie, 6 hodin na simulátoru a 18 praktických letových hodin. To vše během 5 dní, po kterých je frekventant připraven k přezkoušení a udělení Povolení k létání. Když odhlédneme od požadavků na přezkoušení (teorie zaměřená především na Doplněk X, let po předepsané trati v GPS módu, ukázka letu v ATTI módu, předvedení funkce Fail-safe režimu a pohovor s pilotem ohledně předletové přípravy a údržby), které budou vyřešeny v aktualizovaném Annexu 1, je nutné se zastavit u délky trvání výcviku. Z pohledu množství znalostí a praktických dovedností potřebných k úspěšnému složení zkoušky je délka dostačující. Avšak za zmíněných 5 dní je, dle mého názoru, nemožné, aby člověk bez jakéhokoliv leteckého vzdělání byl schopen poznat a pochopit fungování světa letectví. Bez tohoto pochopení je pro pilota RPAS daleko složitější cítit zodpovědnost za provedený let. Přitom právě pocit zodpovědnosti je pro něj naprosto klíčový, jelikož nahrazuje chybějící pud sebezáchovy. Problém nedostatečné úrovně leteckého vzdělání pro piloty RPAS by měl přinést upravený Annex 1 – Licencování leteckého personálu, který by měl určit konkrétní požadavky na osoby pracující s RPAS.

Určitou přirozenou cestou, jak může pilot RPAS hlouběji proniknout do principů letectví a tím získat větší pocit zodpovědnosti je tvorba provozní příručky. Provozní příručka je základním krokem k získání povolení k LP/LČPVP a obsahuje informace

o funkční struktuře provozovatele, technických údajích RPAS, specifikacích a rizicích pro jednotlivé letecké práce, provozních postupech, checklistech, popisu údržby, výcviku personálu, zajištění proti protiprávním činům a ochraně soukromí. V ideálním případě je provozní příručka sepsána hlavním pilotem společnosti. Příručka je poté dle pravidla „Neexistuje příručka, která by ÚCL uspokojila napoprvé“ připomínkována a vrácena k předělání. Tento proces víceméně supluje část výcviku, jelikož nutí pilota přemýšlet a proniknout do větší hloubky. Tím si zvyšuje pocit zodpovědnosti, který může v rámci firemní kultury předávat ostatním pilotům ve společnosti. Vytvoření provozní příručky naprosto postrádá svůj smysl v okamžiku, kdy je za několik tisíc korun napsaná na míru externí společností.

Ke sníženému pocitu zodpovědnosti za let s RPAS přispívá i fakt, že piloti RPAS jsou daleko anonymnější než piloti klasických letadel. V případě porušení předpisů u klasického létání je pilot snadno identifikovatelný podle imatrikulace letadla. V případě nehody je jednak rád, že přežil bez větší újmy na zdraví, ale především se nezbaví důkazů v podobě nefunkčního letadla. Piloti RPAS mají „výhodu“, že pokud při porušování předpisů nejsou chyceni přímo při činu, nebo se nějakým způsobem sami neprozradí, je jejich následné usvědčení složité. Letící RPA je nemožné ze země podle imatrikulace identifikovat. V případě nehody beze svědků, pilotovi, kromě vlastního svědomí, nic nebrání havarovaný RPA posbírat, odjet a o nehodě takticky pomlčet. Tento scénář je bohužel naprosto běžný. Statistiky ÚZPLN zaznamenaly v roce 2014 dvě hlášené nehody RPAS. Neoficiální zdroje hovoří o desítkách nehlášených nehod či incidentů u provozovatelů LP/LPČVP. Tyto nehody v drtivé většině případů končí pouze poškozením vlastního RPA, a tudíž se může zdát zbytečné cokoliv hlásit. Hlášení nehod a následné vyšetření příčin má však přinášet především ponaučení všem ostatním provozovatelům. V momentě, kdy jsou statistiky nehodovosti výrazně zkresleny nehlášením, odpadá možnost určení míry bezpečnosti provozu RPAS, vyhodnocení nejčastějších příčin nehod a pokusů o odstranění těchto příčin. Ačkoliv provozovatelé LP/LPČVP mají povinnost nehody hlásit, jsou prozatím inspektoři ÚZPLN odkázáni na jejich dobrou vůli při snaze přispět ke zvýšení bezpečnosti. Je však pravděpodobné, že počet hlášených nehod se zvýší v okamžiku, kdy pojišťovny proti pojistnému plnění začnou vyžadovat oficiální vyšetřovací zprávu.



## 5.2. Požadavky na RPAS

Kvalita a vspělost samotných RPAS je podstatnou součástí jejich bezpečného provozu. Ačkoliv jsou dnešní dálkově řízená letadla relativně spolehlivá, stále se nemohou měřit s technickou spolehlivostí klasických letadel. Naprostým základem pro posun spolehlivosti bude přijetí certifikačních specifikací CS-LURS a CS-LUAS Evropskou unií za závazné pro všechny RPAS pro profesionální použití. Jakmile se začnou používat certifikované výrobky nebo alespoň nejpodstatnější komponenty zaručující určitou míru spolehlivosti, posune se provozní bezpečnost RPAS o krok dále.

Než však k tomuto dojde, mají výrobci možnost si jednotlivé prvky pasivní a aktivní bezpečnosti vyzkoušet přímo v ostrém provozu s daleko menšími náklady. Základním prvkem aktivní bezpečnosti, čili té, která zabraňuje vzniku nehod v letectví, je tvorba zálohovacích systémů, jež přebírají funkci v případě selhání systému hlavního. Toto zdvojování či ztrojování není pro RPAS úplně vhodné, jelikož s každým zálohovacím prvkem roste hmotnost samotného letadla, čímž se drasticky snižuje letová vytrvalost, nehledě na fakt, že ani přítomnost redundantních systémů zcela nezabrání nehodě. V tom případě je také každý kilogram navíc nevhodný, jelikož zvyšuje dopadovou energii letadla. Za jakýsi druh zálohování můžeme považovat již zmíněné paralelní zapojení baterií v případě multikoptér Mikrokopter. Takto vybavená multikoptéra je při selhání jedné baterie schopna bezpečně přistát.

Z konstrukčního hlediska multikoptér je výhodné provozovat hexa- a více-koptéry, jelikož při výpadku jednoho z motorů se ovladatelnost zvyšuje s celkovým počtem rotorů. Rozmístění rotorů také ovlivňuje provozní bezpečnost. Standardní uspořádání s jedním rotorem na rameno je možné bezpečně provozovat při větru o maximálních rychlostech 6-8 m/s. V případě koaxiálního uspořádání rotorů (dva na jedno rameno) se hraniční rychlost větru posouvá k 14 m/s. Současné multikoptéry nemohou být provozovány v dešti, jelikož jejich elektronické součásti nejsou voděodolné. Problémem není pouze déšť, ale i zvýšená vzdušná vlhkost, která za určitých okolností může na elektronice kondenzovat. Pro tyto případy již začínají být vyráběny vodotěsné komponenty, které mohou spolehlivost RPAS zvýšit. Dalším nepříjemným jevem může být námraza na rotorech. Použití protinámrazového systému na malých vrtulích by bylo velice obtížné, drahé, zvyšující hmotnost a neefektivní, protože RPAS se z důvodu snižování kapacity baterií při nízkých teplotách používají omezeně. Rozumnější se jeví vzdělávání pilotů, aby byli schopni sami předpovědět riziko vzniku námrazy a podle toho učinili rozhodnutí o provedení letu.

V případě vzniku nehody její důsledky zmírňují prvky pasivní bezpečnosti. Pro RPAS se prozatím povinně používá systém Fail-safe, který je pro multikoptéry popsán v kapitole 4.2.1 a v kapitole 4.2.2 pro letouny. Novinkou, která může být a pravděpodobně také bude průlomová, je použití padákových systému. Padákový systém je aktivován buď na příkaz pilota, nebo automaticky, když bezpilotní prostředek vyhodnotí, že není schopen sám bezpečně přistát v režimu Fail-safe. Padáky pro malé RPAS prozatím vyrábějí 2 firmy. První z nich je čínský DJI, jež k aktivaci padáku

používá stlačený CO<sub>2</sub>. Nevýhodou tohoto padáku je kompatibilita pouze s výrobky DJI a poměrně velká hmotnost a dopadová rychlost. Liberecká firma Galaxy GRS, ve spolupráci s Leteckým ústavem VUT v Brně, vyvinula padákový systém poháněný pyrogenerátorem. Jeho hlavní výhodou je univerzálnost použití, menší hmotnost a také menší dopadová rychlost v porovnání s výrobkem DJI. [33] Padákové systémy jsou pro svou cenu a hmotnost vhodné spíše pro větší, profesionální multikoptéry. Prozatím oficiálně chrání pouze samotnou multikoptéru před větším poškozením při pádu. Jakmile padákové systémy projdou certifikací a ÚCL je shledá jako spolehlivé, bude významně sníženo riziko ohrožení osob a majetku na zemi.

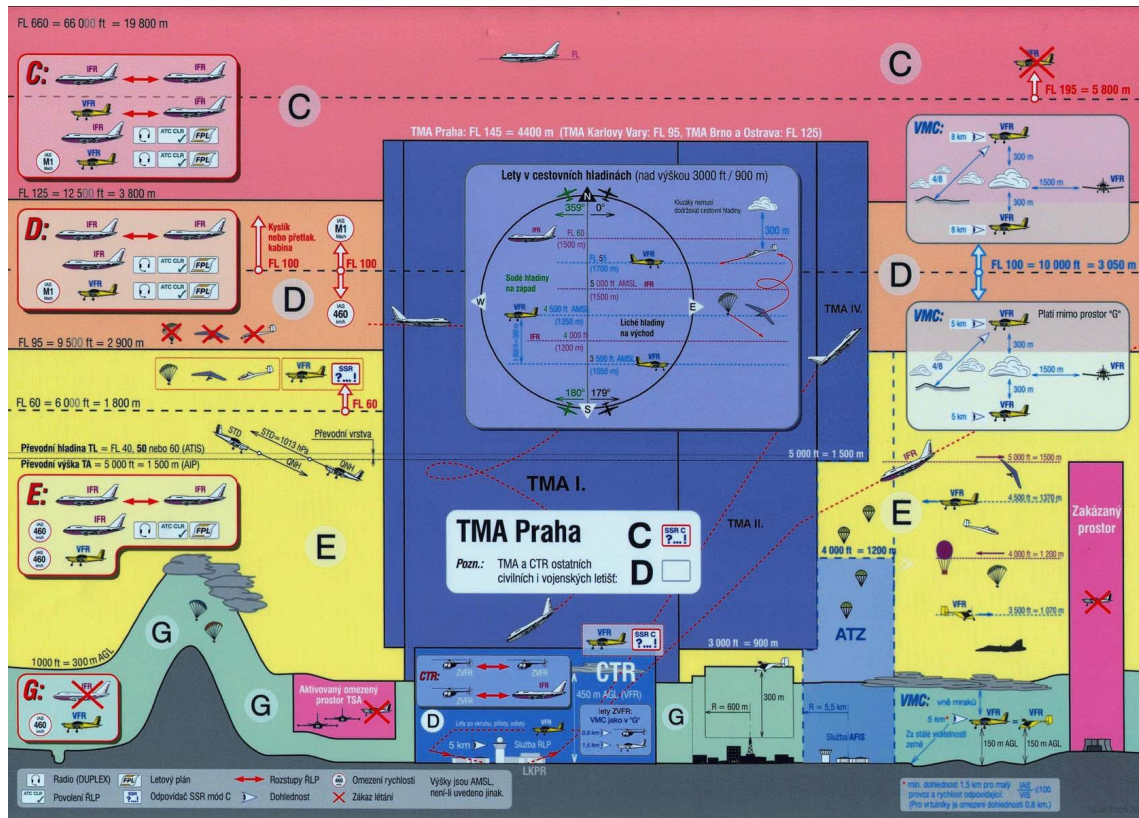
Zajímavou variantou by také mohlo být použití radiovýškoměru či laserového výškoměru, jelikož současné RPAS nejsou schopny určit výšku nad terénem. Jejich využití by bylo přínosné především při přistávání ve Fail-safe režimu. Prvotní sestup by mohl probíhat zvýšenou rychlostí, díky čemuž by byl velice rychle opuštěn nebezpečný vzdušný prostor a v určité výšce nad zemí by klesání zvolnilo až k měkkému přistání. Kromě bezpečnostního aspektu by indikace výšky nad terénem pomohla i provozovatelům multikoptér v jejich činnosti, podobně jako je tato funkce využívána u MAVinci Sirius, kde je výška nad terénem určována na základě GPS souřadnic a značně nepřesných mapových podkladů. Standardní otázkou reálného využití opět komplikuje cena a navýšení hmotnosti.

Obecně se dá říci, že spouště technických selhání můžeme předejít poctivou předletovou prohlídkou a údržbou RPAS. Zde se však dostáváme zpět k problematice lidského faktoru.

### 5.3. Využívání společného vzdušného prostoru

Ačkoliv si to většina uživatelů RPAS neuvědomuje, situace, kdy malá, dálkově řízená letadla využívají vzdušný prostor společně s ostatními, je děsivá pro nejednoho pilota klasického letadla či řídicího letového provozu. Přitom právě využívání společného vzdušného prostoru je pro provozovatele RPAS z hlediska efektivního a smysluplného provozování naprosto zásadní.

Vzdušný prostor v České republice je rozdělen do 4 tříd (viz Obr. 24), přičemž současná RPAS se reálně mohou pohybovat ve vzdušném prostoru třídy G a D. Výjimečně při nedisciplinovanosti pilota i ve třídě E. Základem pro bezpečnost v létání je pravidlo „Vidět a být viděn“, jež se uplatňuje především v prostoru třídy G u letů VFR, nebo být viditelný pro službu řízení letového provozu a být schopen řídit se jejími pokyny (lety IFR a veškeré lety v řízeném okrsku letišť).



Obr. 24: Rozdělení vzdušného prostoru v ČR [51]

Vzdušný prostor třídy G sahá do výšky 300 m nad terénem a je určen VFR letům. Kromě motorových letadel všeobecného letectví zde můžeme narazit na větroně, rogala a parašutisty. Tento prostor se vyznačuje největší mírou svobody, jelikož zde není poskytována služba řízení letového provozu. Vyhledávání provozu a vyhýbání se mu je čistě na pilotovi. A zde je jádro problému bezpilotních letadel. Nepřítomnost pilota na palubě se opět stává hlavní nevýhodou. Pilot na zemi má logicky daleko horší přehled o vzdušné situaci, než jeho kolega přímo v letadle. Zlepšení přehledu o okolním provozu značně zvyšuje výběr pozice pilota RPAS s co nejlepším výhledem a využití asistenta pilota, který monitoruje situaci a informuje pilota. Případné využití FPV kamer

pro vyhledávání provozu je prozatím nepoužitelné z několika důvodů. Prvním z nich je omezené zorné pole. Zatímco pilot na palubě je schopen si v pár okamžicích udělat přehled o okolí v celém prostoru okolo letadla, FPV kamera není schopna rychlostně konkurovat lidskému oku. Dalším problémem FPV kamer je nespolehlivost živého přenosu obrazu na pozemní řídicí jednotku. Posledním zásadní překážkou pro využití FPV kamery pro monitorování vzdušného prostoru je nízká kvalita přenášeného obrazu. Nedostatečné je jednak rozlišení obrazu, ale i velikost displeje, který pilot používá. Za předpokladu, že by se FPV kamera snažila odstranit svůj první neduh v podobě úzkého zorného pole a zabírala by maximální možný prostor, pilot by, s trochou nadsázky, potřeboval displej s alespoň metrovou úhlopříčkou, aby byl schopen identifikovat blízkí se provoz. Současné FPV kamery tedy nejsou schopny pilotovi RPAS s bezpečným předstihem zprostředkovat obraz blízkího se letadla. Spoléhat se na zvukové upozornění také nelze, jelikož ne vždy je zvuk motoru slyšet dostatečně dopředu. Vlivem odrazů zvukových vln se také pilotovi může jevit, že letadlo přilétá z jiného směru, než ve skutečnosti. Navíc je nutné počítat s bezmotorovými větroni a parašutisty.

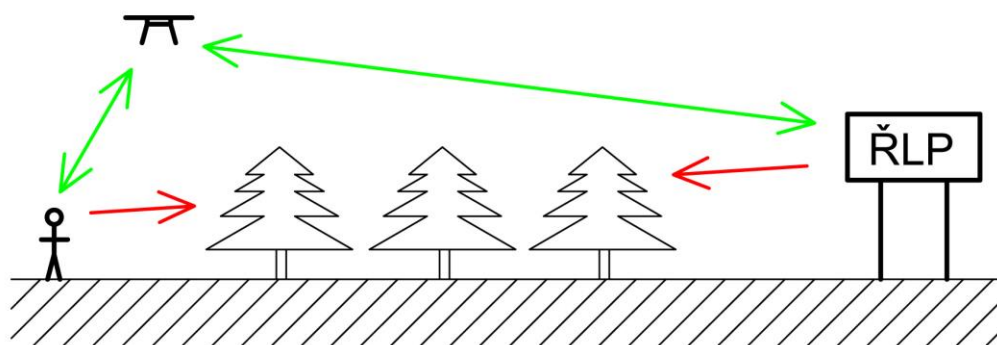
Pilot klasického letadla sice využívá výhod vlastních očí a plného rozhledu, avšak jeho schopnost včas detekovat bezpilotní prostředek je také snížena. Důvodem jsou daleko menší rozměry používaných RPAS oproti letadlům s pilotem na palubě. RPAS je tedy pilotem spatřen později. Když porovnáme rozpětí RPAS, které se pohybuje kolem 1 m, s rozpětím nejmenších letounů, vychází nám, že RPAS je přibližně 8x menší. Tedy i vzdálenost, na kterou je pilot schopen RPAS ve vzduchu spatřit, se zmenší minimálně 8x. Stovky metrů, na které je pilot schopen spatřit bez předchozího upozornění (není vyhledáváno cíleně) malé letadlo všeobecného letectví se v případě RPAS smrskávají na pouhé desítky. Při cestovních rychlostech nejpomalejších letounů okolo 150 km/h se jedná o pouhé vteřiny, během kterých má pilot v kokpitu čas zareagovat a RPAS se vyhnout.

Jeden z návrhů řešení problému „Vidět a být viděn“, je vybavení RPAS nějakým druhem antikolizního systému typu TCAS, ACAS. Antikolizní systém však pro správnou funkci vyžaduje instalaci na všech prostředcích účastnících se leteckého provozu. Zde se myšlenka využití takového systému komplikuje. Reálné by bylo vybavit všechny RPAS antikolizním systémem a pravděpodobně, i když s obtížemi, by bylo reálné vybavit všechna motorová letadla všeobecného letectví. Za hranicí proveditelnosti se však jeví použití na všech větroních a hlavně u parašutistů. V tomto okamžiku se použití antikolizního systému stává neefektivní, jelikož náklady na vybavení letadel by byly velké a bezpečnost by přitom nebyla zaručena.

Při pohybu RPAS v CTR letiště platí nejen výše zmíněná problematika obtížné vzájemné detekovatelnosti mezi RPAS a klasickými letadly, ale RPAS navíc složitě spolupracuje se systémy ŘLP. Současná ideální ukáзка spolupráce mezi pilotem RPAS a řídicím letového provozu vypadá tak, že pilot řídicímu telefonicky nahlásí svou polohu a úmysly. Řídicí poté na základě vzdušné situace vzlet buď zakáže, nebo ve volných „oknech“ povolí. Ukončení činnosti ze strany pilota RPAS je opět nahlášeno pomocí telefonu. Tento systém jednak značně omezuje pilota RPAS a zároveň ztěžuje

práci řídicímu. Řídicí letového provozu ke své práci potřebuje neustálé údaje o poloze všech letadel a stálé obousměrné spojení s piloty.

Už první požadavek RPAS nespĺňují. Jsou totiž tak malé, že je současné primární radary nejsou schopny zachytit. Vybavení RPAS odpovídači sekundárního radaru situaci neřeší, jelikož odpověď sekundárního radaru neobsahuje informaci o poloze cíle. Teoreticky by bylo možné využít systému ADS-B, který spojuje výhody primárního a sekundárního radaru do jednoho systému. Tím pádem by řídicímu byla poskytnuta informace o poloze, výšce i identifikaci RPAS. Instalace ADS-B by však zapříčinila zvýšení ceny a hmotnosti. Čili veličin, které se provozovatelé a výrobci snaží udržet na minimální hodnotě. Samotné ADS-B ovšem neřeší celý problém spolupráce RPAS s ŘLP, jelikož neposkytují obousměrné hlasové spojení mezi pilotem a řídicím. K obousměrnému spojení je nutné využít radiostanice fungující na stejných kmitočtech jako u klasických letadel. Mobilní telefon není vhodný, jelikož nespĺňuje požadavek na stálost spojení a hovor není přístupný ostatním účastníkům letového provozu. Použití přenosné radiostanice či ruční vysílačky opět ztroskotává na nepřítomnosti pilota na palubě. Umístěním radiostanice na zemi je totiž značně snížen dosah a kvalita spojení, z důvodu překážek mezi stanovištěm ŘLP a pilotem. Řešení by se mohlo inspirovat u pilotů větroňů. Ti se v situaci, kdy přistanou na poli a potřebují si vysílačkou zavolat odvoz, spojí s kolegou ve vzduchu a ten zprávu vyšle na základnu, jelikož v letové výšce má radiostanice dostatečný dosah. Obdobně by šlo za prostředníka použít samotné bezpilotní letadlo s rozdílem, že by vysílání předávalo automaticky. Toto řešení opět vyžaduje umístění potřebného zařízení přímo na RPA, čímž zase vzrůstá cena a hmotnost. Výzvou pro výrobce avioniky pravděpodobně bude zmenšit ADS-B na velikost a hmotnost únosnou pro použití u RPAS a zároveň naučit ADS-B předávat hlasové spojení, aby se nemusela instalovat dvě různá zařízení.



Obr. 25: Schéma využití RPA při obousměrném spojení [vytvořeno autorem]

Některé státy, jako například Izrael, šly cestou vyhrazení části vzdušného prostoru speciálně pro bezpilotní letadla. Pohyb ve vyhrazeném vzdušném prostoru sice eliminuje riziko srážky s klasicky pilotovanými letadly, avšak ať je vzdušný prostor pro RPAS umístěn jakkoliv, vždy bude nějaká část uživatelů omezena. Velmi pravděpodobně by také musely existovat místa, kde by se části vzdušného prostoru pro RPAS křížily s ostatními. Zde by opět bylo potřeba zajistit bezpečné rozstupy. Z těchto důvodů se mi jeví vyhrazení části vzdušného prostoru pouze pro provoz RPAS jako neefektivní.

## 5.4. Pohled veřejnosti

Na rozvoj RPAS v civilním použití má obrovský vliv i naprosto neletecký aspekt, a sice názor obecné veřejnosti na provozování bezpilotních systémů. Podobně jako u zavádění jiných nových technologií, i u RPAS se objevuje strach a odmítavý postoj. Zatímco obavy letců a pracovníků v letectví z rozvoje bezpilotních prostředků jsou založeny na racionálních důvodech a informovanosti, strach široké veřejnosti vychází spíše z pocitů a neznalosti.

Zde je uveden výběr negativních komentářů RPAS z diskuse pod článkem zabývajícím se rozvojem RPAS s názvem: „Byznys s drony v Česku vzkvátá. Poptávka roste od filmařů i energetiků“, uvedeného dne 13.4. 2015 na serveru iDnes.cz [34]:

*„Sbohem soukromí... Jsem pro maximální restrikce v této dronové vlně... Nebudou-li drastické restrikce, můžeme se snadno dočkat i nevyhlášené války - prostě drony budou nekontrolovaně létat, kam je jejich operátoři pošlou, a následně je budou ti, na druhé straně barikády, nekontrolovaně sestřelovat... Advokáti si již mohou mnout ruce - takový lukrativní byznys, to jistě nikdo z nich před pár roky ani netušil... „*

*„Abych byl upřímný, docela mě děsí, co nás čeká. Legislativa je hodně pozadu za možnostmi této techniky. Pokud něco řeší, tak jen část celého problému. Vůbec nerespektuje ochranu soukromého majetku a to jak se bude moci člověk bránit přeletu dronů nad svým pozemkem, monitorování osob a podobně. Jak to bude vypadat, když z důvodu ochrany "sundám" dron letící nad soukromým pozemkem? Jak se rozliší policejní drony od dronů provozovaných nadšenci, nebo komerčními společnostmi. Budou muset mít drony povinně označení komu patří? Certifikát o bezpečnosti provozu? Jak se bude dát vymezit bezletová zóna třeba nad firmou, nebo jiným pozemkem z důvodu ochrany dat či zabránění průmyslové špionáže? Dokáže policie například zlikvidovat dron používaný zločinci. Těch problémů, které nás čekají je obrovské množství a tento a příští rok bude rozhodující vzhledem k extrémnímu šíření této technologie.“*

*„Včera jsem potkal dron na Schodové ulici v jednom velkém městě. Asi si pořídím brokovnici. Jejich potenciální přítomnost je konec pocitu soukromí, což je pro mě dost důležitý pocit.“*

Základním problémem rozvoje RPAS se jeví obavy z narušení soukromí, ohrožení bezpečnosti a strach z protiprávních činů (bude rozebráno později). Strach ze ztráty soukromí je logický. RPAS umožňují zcela nové způsoby sledování, proti kterým je složitá obrana. Na druhou stranu jsme v dnešní době sledování téměř na každém kroku pouličními kamerami, víceméně každý člověk vlastní mobilní telefon s kvalitním fotoaparátem a naše aktivita na veřejných sítích internetu či na mobilu také není stoprocentně utajena. Například Google, Facebook a jejich systémy na zobrazování konkrétně cílené reklamy, o nás ví více, než jsme ochotni si připustit. Je potřeba si také uvědomit, že RPAS je pouze prostředníkem pro získání obrazového či zvukového záznamu a platí pro něj úplně stejné zákony na ochranu soukromí, jako pro kterýkoliv jiný přístroj či způsob. Využití RPAS k neoprávněnému pořízení a použití záznamů

soukromí třetí osoby je tedy také nezákonné. Z mého pohledu se problematika soukromí a RPAS dá shrnout do věty: „Když mě někdo bude chtít sledovat, zvládne to i bez RPAS. Když mě nebude chtít sledovat, jeho RPAS mi vadit nebude.“

Pokud se chceme vyhnout odporu veřejnosti vůči bezpilotním systémům, bude ze strany ÚCL potřeba více propagovat současné předpisy a omezení pro provoz RPAS, aby lidé nezískali pocit, že jsou jim vydáni napospas. Od provozovatelů bude zase nutné, aby vyzdvihovali přínosy používání RPAS, a to především v oblasti pátrání a záchrany, využití ze strany hasičů, geografie, kartografie, zemědělství či energetiky. Pro kladný přístup společnosti k bezpilotním systémům je také nutné, aby RPAS nezískaly nálepku nespolehlivých a nebezpečných zařízení. Pokud by takový názor ve společnosti oprávněně převládl, byla by to pro rozvoj odvětví těžko překonatelná překážka. Proto by měli výrobci i provozovatelé dbát na zodpovědný a bezpečný přístup.

## 5.5. Protiprávní činy

Bezpilotní letadla se dají využít nejen k prospěšným činnostem, jako například mapování terénu, kontrola elektrického vedení, produktovodů, větrných elektráren, úniky tepla výškových budov apod., ale také k nejrůznějším protiprávním činům. Pro zločince představují RPAS úplně stejný pokrok v jejich činnosti, jako pro všechny ostatní odvětví využívajících jejich výhod.

RPAS mohou být pro nelegální činnost použity buď přímo, nebo jako podpůrný prostředek. S trochou nadsázky můžeme říci, že se jedná o druh leteckých prací (přímé použití) a leteckých činností pro vlastní potřebu (nepřímé použití). Z protiprávních „leteckých prací“ se nabízí pašování materiálu přes státní hranice (využíváno narkokartely na trase Mexiko-USA), do vězení či naopak pryč ze střežených objektů. Největší hrozbou je zneužití RPAS k bombovým útokům. I pro málo zkušeného útočníka by neměl být problém naložit bezpilotní letadlo výbušninou a přímou cestou jej vyslat k cíli. Navíc bez rizika vlastního zranění. „Letecké činnosti pro vlastní potřebu“ představují například činnosti lupičů a zlodějů, kteří mohou RPAS používat k průzkumu vytipovaných objektů či vzdušného hlídkování přímo při provádění trestné činnosti. Určitě existují i další varianty využití RPAS k nelegální činnosti a další budou objeveny. Výhodou zločinců je, že nemusí hledět na předpisy a jsou tedy omezeni pouze vlastní fantazií a technickými možnostmi.

Všechny ochranné složky (policie, armáda, bezpečnostní agentury) byly doteď zvyklé chránit před pozemním narušením prostřednictvím plotů, zátarasů, kontrol vozidel a osob. S příchodem bezpilotních letadel je naprosto nezbytné, aby se naučily chránit i před narušením ze vzduchu. Přínos RPAS je natolik velký, že by nebylo vhodné je plošně zakazovat v domnění, že se tím zabrání protiprávním činům. Jak již bylo zmíněno výše, zločinci se předpisy neřídí a zákazy by se jich příliš nedotkly. Je nutné vyvinout nové systémy a postupy ochrany majetku a osob. Naprostým základem by měla být implementace RPAS do vybavení ochranných složek dle pravidla: „Když chceš s někým bojovat, musíš jej nejdříve pořádně poznat.“ Dalším důvodem je možnost použití vlastních RPAS k chytání ostatních. „Stíhací“ bezpilotní letadla vybavena sítěmi, do kterých jsou schopna zachytit RPAS pohybující se v nepovoleném vzdušném prostoru, jsou již dokonce v provozu. Jinou variantou ochrany před RPAS mohou být rušičky signálu GPS a signálu pozemní ovládací stanice. Rušení signálu GPS znemožní automatický let na předem zvolené místo a rušička signálu dálkového řízení zabrání přímému ovládní pilotem. Jejich nevýhoda však spočívá v tom, že ruší veškerý signál na daných frekvencích. Tudíž je znemožněno použití vlastních obranných RPAS a GPS je odstavena pro všechny uživatele v dosahu rušičky. Vedlejším produktem rušení signálu pro RPAS také může být rušení internetu přenášeného Wi-Fi routery. Použití rušiček je tedy nejjistějším způsobem ochrany před RPAS, na druhou stranu omezují i svého vlastního uživatele. Krajiní variantou zásahu proti RPAS je sestřelení konvenční zbraní, nebo v budoucnu elektromagnetickým impulsem. Sestřelení ovšem způsobí situaci, které se ÚCL snaží vyhnout, a sice pád RPA. Vezmeme-li v úvahu,



že protiprávní činy se budou nejčastěji provádět ve městech, jedná se o pád značně rizikový.

Jelikož zločinci jsou neustále o krok napřed, čeká státní bezpečnostní aparát složitý úkol. Téměř každý lidský výrobek vyvinutý za účelem usnadnění lidské činnosti se dá zneužít, například útok na World Trade Center 11. září 2001. RPAS toho nejsou výjimkou. Záleží na odpovědných orgánech, aby proti protiprávním činům existovala efektivní ochrana. Na provozovatelích je, aby klady využívání RPAS převyšovaly neodstranitelné riziko.

## 6. ZÁVĚR

Létání bez pilota na palubě poskytuje mnoho výhod. Pilot neriskuje vlastní život, pořizovací a provozní náklady jsou neporovnatelně nižší než u klasických letadel a jsou schopny vykonávat letecké práce, kterých klasická letadla nejsou schopna. Proto začíná být více a více využíváno a dá se očekávat, že zájem o něj neustále poroste. S rostoucím zájmem se dá očekávat technologický pokrok, ale také zvýšené riziko nehod. K tomu, aby RPAS mohla fungovat s přijatelnou mírou bezpečnosti provozu, je zapotřebí je implementovat do současných leteckých předpisů. RPAS jsou ovšem v určitých ohledech natolik rozdílné od klasických letadel, že je nutné vymyslet úplně nový systém regulací a postupů, jelikož letectví je od začátku stavěno na přítomnosti pilota na palubě.

ICAO, EU a jednotlivé letecké úřady vyspělých zemí už na legislativě intenzivně pracují. ICAO prozatím vydalo poradní oběžník č. 328, jenž se týká problematiky RPAS a připravuje vydání rozsáhlého manuálu k RPAS označovaného jako Doc 10019. Hlavním cílem ICAO je zakomponovat RPAS do stávajících Annexů. Prozatím byl upraven Annex 2 – Pravidla létání, Annex 7 – Poznávací značky letadel a Annex 13 – Odborné zjišťování příčin leteckých nehod a incidentů. Aktualizované Annexy byly převedeny do českých předpisů řady L. Pro nejbližší budoucnost je ještě v plánu úprava Annexu 1 – Licencování personálu, Annexu 8 – Letová způsobilost, Annexu 10 – Řízení, kontrola a komunikace RPAS a vytvoření nového Annexu 6/IV – Provoz RPAS.

EU prozatím spíše vyčkává. Nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 216/2008 vyčlenila RPAS s maximální vzletovou hmotností pod 150 kg z kompetencí EASA. RPAS pod 150 kg tedy spadají pod letecké úřady v jednotlivých zemích. Některé úřady letecky vyspělých zemí založily skupinu JARUS, kde se společnými silami snaží tvořit postupy a doporučení k RPAS. Předpokládá se, že EU využije výstupy JARUS k vytvoření dokumentů s právní silou. Skupina JARUS prozatím vytvořila certifikační specifikace pro lehké bezpilotní systémy s rotující nosnou plochou (CS-LURS) a dokument zabývající se požadavky na řízení a kontrolu nazvaný RPAS C2 link RCP koncept. V přípravné fázi se nachází certifikační specifikace pro lehké bezpilotní letouny (CS-LUAS), licencování pilotů a požadavků na organizace.

Samotná Česká republika již počítá s letadly bez pilota na palubě v základním leteckém zákoně č. 49/1997 Sb. i prováděcí vyhlášce Ministerstva dopravy č. 108/1997. Jak již bylo řečeno, RPAS jsou zahrnuty v české mutaci ICAO Annexů, předpisech řady L. Nejzásadnějším a nejkonkrétnějším dokumentem upravujícím používání RPAS je Doplněk X předpisu L2 – Pravidla létání. Doplněk X přesně definuje, na jaký druh letadel se vztahuje, upravuje požadavky na provoz a nutnost evidence bezpilotních prostředků a pilotů.

Je důležité si uvědomit, že všechny výše jmenované instituce ve svých dokumentech nepočítají se všemi bezpilotními systémy (UAS), ale pouze s jejich podkategorií, dálkově řízenými systémy (RPAS). Základním rysem RPAS je neustálý dohled pilota

a možnost kdykoliv aktivně zasáhnout do řízení letu v reálném čase. Autonomní letadla, která tvoří druhou podkategorii UA a vyznačují se naprosto samostatným letem bez možnosti aktivního řízení ze strany pilota, nejsou považována za vhodná pro účely civilního letectví.

Civilní RPAS mohly vzniknout díky obrovskému rozvoji bezpilotních prostředků v armádách vyspělých států v 90. letech minulého století. Samotná letadla určená k provozu bez pilota na palubě jsou však ve vojenských kruzích využívána od počátků letectví. Zásadním okamžikem pro existenci dálkově řízených letadel bylo vynalezení kontroly strojů na dálku pomocí rádiových vln na sklonku 19. století. Zatímco nejnámější vojenská bezpilotní letadla jsou velikostně srovnatelná s klasickými letadly všeobecného letectví a jejich použití se omezuje na průzkum, ničení a nácvik střelby, civilní stroje šly cestou malých rozměrů a nabízejí širokou škálu možností využití.

Typický RPAS je multikoptéra s maximální vzletovou hmotností do 10 kg a užitečným zatížením v podobě kamery, termovize či nějakého měřicího přístroje. Nezbytnou součástí je také dálková řídicí stanice a počítač s ovládacím softwarem. RPAS se využívá především k pořizování leteckých záběrů pro film, televizi a reklamu, kontrolu produktovodů, drátů elektrického vedení, úniku tepla výškových budov, mapování terénu, měření radiace, pátrání a záchraně, atd. RPAS se dá v podstatě použít ke kontrole čehokoliv, kam se člověk složitě dostává nebo je to příliš nebezpečné. Rozvoj RPAS v ČR je však brzděn předpisy, které provozní možnosti značně omezují. Tvůrci předpisů počítají s haváriemi, a proto je provoz povolen pouze v takových mezích, aby nedošlo ke zranění osob na zemi, poškození majetku a byl co nejméně ohrožen ostatní vzdušný provoz. Dá se předpokládat, že v okamžiku, kdy bude riziko nehod sníženo pod určitou úroveň, omezení budou uvolněna.

Dle mého názoru je pro rozvoj RPAS naprosto zásadních 5 oblastí. První z nich je lidský faktor. RPAS provozují převážně lidé bez vztahu k letectví a znalosti leteckého prostředí. Kombinace se sníženým pudem sebezáchovy pilotů, kteří stojí v poklidu na zemi, je pro bezpečnost provozu RPAS naprosto zásadní. Jelikož pilot RPAS na životě v důsledku chybné pilotáže ohrožen nikdy nebude, je jedinou cestou vzdělávání. Vzdělaný a uvědomělý pilot je zároveň zodpovědný pilot. A zodpovědný pilot je zárukou bezpečného létání. Výchova zodpovědných pilotů by měla být hlavním cílem ÚCL a ostatních leteckých autorit.

Druhou oblastí jsou technické možnosti zajištění bezpečnosti samotných RPAS. Podstatné jsou prvky bezpečnosti aktivní i pasivní. Problémem je, že každý bezpečnostní prvek přidává hmotnost, která je pro RPAS ještě významnější než pro klasická letadla, protože jsou zásadně omezena výdrží baterií. Vývoj bezpečnějších RPAS tedy určitě povede ke zvětšování rozměrů, hmotnosti, požadavků na výkon a kapacitu baterií.

Třetí oblast se týká bezpečnosti ve vzduchu a společného využívání vzdušného prostoru RPAS a klasických letadel. RPAS k létání ve společném vzdušném prostoru zatím nejsou uzpůsobeny. Nejenže nevyhovují požadavkům pro lety VFR, poněvadž pilot má ze země omezený přehled o okolním provozu a RPA ve vzduchu je pro pilota

v letadle těžko spatřitelné, ale také nesplňují ani požadavky pro pohyb v řízeném prostoru. Nejsou detekovatelné radarem a neumožňují efektivní, obousměrné, stálé, hlasové spojení na dostatečnou vzdálenost. Řídící letového provozu tudíž RPAS nevidí a má i omezené možnosti komunikace. Vyřešit tyto problémy je hlavním úkolem pro výrobce RPAS a avioniky. Stejně jako u zvyšování aktivní a pasivní bezpečnosti, i zde můžeme očekávat nárůst hmotnosti kvůli instalaci přístrojů pro komunikaci, hlášení polohy a antikolizních systémů.

Předposlední oblast ohrožující rozvoj se netýká přímo bezpečnosti, nýbrž obsahuje postoj veřejnosti k RPAS, jakožto nové, neznámé a potenciálně ohrožující technologii. I přes nesouhlasné postoje určitých skupin lidí věřím, že přínosy RPAS v průmyslu a službách budou značně převyšovat strach ze ztráty soukromí, který je hlavním argumentem odpůrců RPAS. S postupným rozvojem RPAS se situace uklidní, podobně jako u mobilních telefonů s fotoaparátem, které ve svých počátcích budily podobné emoce. Pohled veřejnosti mohou nejvíce ovlivnit sami provozovatelé svým zodpovědným přístupem.

Poslední oblast také není letecká. Jedná se o potenciální zneužití k protiprávním činům, protože RPAS poskytují nové možnosti i činností za hranicí zákonů. Toto je úkol pro bezpečnostní sektor, který se musí naučit vypořádat s RPAS cíleně ohrožující zdraví a majetek nebo napomáhající trestné činnosti.

Rozvoj RPAS s sebou nese spoustu otázek a problémů, které bude potřeba vyřešit z hlediska bezpečnostního, provozního i legislativního. I když jsou civilní RPAS teprve na svém počátku, mají obrovský potenciál, který je potřeba postupně rozvíjet s ohledem na tenkou hranici mezi rozvojem umožňujícím bezpečné provozování a neorganizovaným, nebezpečným chaosem. Více než bezpilotní revoluce nás čeká bezpilotní evoluce. Evoluce, která nás může dovést k bezpilotnímu létání mimo přímý dohled pilota, bezpilotním cargo letadlům a v daleké budoucnosti i třeba k bezpilotním dopravním letadlům.

## 7. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ICAO. *ICAO Cir 328, Unmanned Aircraft Systems (UAS)*. 2011 [cit. 2015-01-14]. ISBN 978-92-9231-751-5. Dostupné z: [http://www.icao.int/Meetings/UAS/Documents/Circular%20328\\_en.pdf](http://www.icao.int/Meetings/UAS/Documents/Circular%20328_en.pdf)
- [2] Česká republika. Zákon č. 49/1997 Sb. o civilním letectví, ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka zákonů*. 1997 [cit. 2015-01-14]. Dostupné z: [http://www.mdcr.cz/NR/rdonlyres/DBFE6B7E-815D-4F11-94D2-601262631A71/0/zakon\\_o\\_cl\\_uplne\\_zneni.pdf](http://www.mdcr.cz/NR/rdonlyres/DBFE6B7E-815D-4F11-94D2-601262631A71/0/zakon_o_cl_uplne_zneni.pdf)
- [3] Česká republika. Doplněk X: Bezpilotní systémy. In: *Letecký předpis - Pravidla létání L2*. 2012 [cit. 2015-01-14]. Dostupné z: <http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-2/data/effective/doplX.pdf>
- [4] CHLEBEK, Jiří. *Provoz a ekonomika letecké dopravy I: Mezinárodní organizace civilního letectví*. Brno, 2003.
- [5] Europa: Jak funguje Evropská unie. *Europa.eu* [online]. 2009 [cit. 2015-01-14]. Dostupné z: [http://europa.eu/about-eu/index\\_cs.htm](http://europa.eu/about-eu/index_cs.htm)
- [6] Europa: Orgány, instituce a ostatní orgány EU. *Europa.eu* [online]. 2009 [cit. 2015-01-14]. Dostupné z: [http://europa.eu/about-eu/institutions-bodies/index\\_cs.htm#30](http://europa.eu/about-eu/institutions-bodies/index_cs.htm#30)
- [7] Europa: Nařízení směrnice a další právní akty. *Europa.eu* [online]. 2009 [cit. 2015-01-14]. Dostupné z: [http://europa.eu/eu-law/decision-making/legal-acts/index\\_cs.htm#30](http://europa.eu/eu-law/decision-making/legal-acts/index_cs.htm#30)
- [8] Základní informace. *Úřad pro civilní letectví* [online]. c2001-2010 [cit. 2015-01-14]. Dostupné z: <http://www.caa.cz/easa/zakladni-informace>
- [9] JARUS. *JARUS* [online]. 2012 [cit. 2015-01-14]. Dostupné z: [jarus-rpas.org](http://jarus-rpas.org)
- [10] CHLEBEK, Jiří. *Provoz a ekonomika letecké dopravy I: Organizace a řízení civilního letectví v ČR*. Brno, 2003.
- [11] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 216/2008. *Úřad pro civilní letectví* [online]. 2008 [cit. 2015-01-14]. Dostupné z: <http://www.caa.cz/predpisy/zakladni-informace-k-narizeni-evropskeho-parlamentu-a-rady-2>
- [12] Česká republika. AIC C 13/08. In: *Letecké informační oběžníky*. 2008 [cit. 2015-01-14]. Dostupné z: <http://www.lomcovak.cz/tmp/bo-md-208%20RC%20modely.pdf>
- [13] JARUS. *Certification Specification for Light Unmanned Rotorcraft Systems (CS - LURS)*. 2013 [cit. 2015-01-14], 128 s. Dostupné z: [http://jarus-rpas.org/phocadownloadpap/6\\_Official-Publications/JARUS\\_CS-LURS\\_V.1.0.pdf](http://jarus-rpas.org/phocadownloadpap/6_Official-Publications/JARUS_CS-LURS_V.1.0.pdf)
- [14] JARUS. *RPAS C2 link Required Communication Performance ( C2 link RCP ) concept*. 2014 [cit. 2015-01-14], 24 s. Dostupné z: [http://jarus-rpas.org/phocadownloadpap/6\\_Official-Publications/JARUS-C2-link-RCP-concept-Ed-1-00.pdf](http://jarus-rpas.org/phocadownloadpap/6_Official-Publications/JARUS-C2-link-RCP-concept-Ed-1-00.pdf)
- [15] Česká republika. Letecký předpis - Pravidla létání L2. In: *Letecké předpisy*. 2014 [cit. 2015-01-14]. Dostupné z: <http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>
- [16] Česká republika. Letecký předpis - Poznávací značky letadel L7. In: *Letecké předpisy*.

- 2012 [cit. 2015-01-14]. Dostupné z: <http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>
- [17] Česká republika. Letecký předpis - O odborném zjišťování příčin leteckých nehod a incidentů L13. In: *Letecké předpisy*. 2013 [cit. 2015-01-14]. Dostupné z: <http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>
- [18] ICAO. *Manual on Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS)*. draft. 2012 [cit. 2015-01-14], 168 s. Dostupné z: <http://adsb.tc.faa.gov/ICAO-ASP/ASP12-Montreal-12/IP%20ASP12-12-Draft%20RPAS%20Manual.pdf>
- [19] Česká republika. Vyhláška Ministerstva dopravy č. 108/1997 Sb. In: *Sbírka zákonů*. 1997 [cit. 2015-01-14]. Dostupné z: [http://www.mdcr.cz/NR/rdonlyres/64C1B362-D29A-4295-BCFB-15E2AC1B7E13/0/vyhlaska\\_108\\_97\\_konsolidovane\\_zneni\\_1\\_2\\_2015\\_CZ.pdf](http://www.mdcr.cz/NR/rdonlyres/64C1B362-D29A-4295-BCFB-15E2AC1B7E13/0/vyhlaska_108_97_konsolidovane_zneni_1_2_2015_CZ.pdf)
- [20] KEANE, John F. a Stephen S. CARR. A Brief History of Early Unmanned Aircraft. *Johns Hopkins APL Technical Digest* [online]. 2013, 32(3): 14 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: [http://www.jhuapl.edu/techdigest/TD/td3203/32\\_03-Keane.pdf](http://www.jhuapl.edu/techdigest/TD/td3203/32_03-Keane.pdf)
- [21] Remote Piloted Aerial Vehicles : An Anthology. NAUGHTON, Russel. *Monash University Engineering* [online]. 2003 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: [http://www.ctie.monash.edu/hargrave/rpav\\_home.html#Beginnings](http://www.ctie.monash.edu/hargrave/rpav_home.html#Beginnings)
- [22] Radioplane OQ-2 - Aerial Target Drone. *Military Factory* [online]. 2015 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: [http://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.asp?aircraft\\_id=331](http://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.asp?aircraft_id=331)
- [23] Factsheets : Radioplane/Northrop MQM-57 Falconer. *National Museum of the US Air Force* [online]. 2015 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://www.nationalmuseum.af.mil/factsheets/factsheet.asp?id=7684>
- [24] DALAMAGKIDIS, Konstantinos, Kimon P. VALAVANIS a Les A. PIEGL. *On Integrating Unmanned Aircraft Systems into the National Airspace System*. London: Springer, 2012. ISBN 978-94-007-2478-5.
- [25] Factsheets : Ryan AQM-34N. *National Museum of the US Air Force* [online]. 2015 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://www.nationalmuseum.af.mil/factsheets/factsheet.asp?id=394>
- [26] General Atomics MQ-1 Predator (Predator A). *Military Factory* [online]. 2015 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: [http://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.asp?aircraft\\_id=46](http://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.asp?aircraft_id=46)
- [27] Northrop Grumman RQ-4 Global Hawk. *Military Factory* [online]. 2015 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: [http://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.asp?aircraft\\_id=40](http://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.asp?aircraft_id=40)
- [28] General Atomics MQ-9 Reaper (Predator B). *Military Factory* [online]. 2015 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: [http://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.asp?aircraft\\_id=468](http://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.asp?aircraft_id=468)
- [29] ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ. *Výroční zpráva 2014* [online]. 2015, 80 s. [cit. 2015-05-19]. Dostupné také z: <http://www.caa.cz/file/7784>
- [30] DJI. *A2 Flight Control System User Manual V 1. 20* [online]. 2015, 56 s. [cit. 2015]. Dostupné také z: [http://download.dji-innovations.com/downloads/a2/en/A2\\_Quick\\_Start\\_Guide\\_v1.2\\_en.pdf](http://download.dji-innovations.com/downloads/a2/en/A2_Quick_Start_Guide_v1.2_en.pdf)

- [31] TICHÝ, Tomáš. UPVISION S.R.O. *Provozní příručka UAS pro letecké práce*. Brno, 2014.
- [32] Accident statistics. *PlaneCrashInfo.com* [online]. 2015 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://www.planecrashinfo.com/cause.htm>
- [33] Bezpečnější drony, aneb český patent na záchranné mini padáky. *Státní ozbrojené a bezpečnostní složky* [online]. 2015 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://www.ozbrojeneslozky.cz/clanek/bezpecnejsi-drony-aneb-cesky-patent-na-zachranne-mini-padaky>
- [33] Diskuse: Byznys s drony v Česku vzkvétá. Poptávka roste od filmařů i energetiků. *iDnes.cz* [online]. 2015 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: [http://ekonomika.idnes.cz/diskuse.aspx?iddiskuse=A150412\\_193021\\_ekonomika\\_rny&razeni=vlakno](http://ekonomika.idnes.cz/diskuse.aspx?iddiskuse=A150412_193021_ekonomika_rny&razeni=vlakno)
- [34] Úřad pro publikace – Pravidla pro jednotnou úpravu dokumentů: Administrativní struktura Evropské unie: úřední názvy a pořadí. *Evropská unie* [online]. 2015 [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://publications.europa.eu/code/cs/cs-390500.htm>
- [35] Photobucket. *Photobucket* [online]. 2015 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://s208.photobucket.com/user/armyjunk1/media/Wright-Patterson%20AF%20Museum/Early%20Years/0151.jpg.html>
- [36] De Havilland dh 82 Tiger Moth. *Samolotypolskie.pl* [online]. 2015 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: [http://www.samolotypolskie.pl/uploads/Products/product\\_782/de-havilland-dh-82-tiger-moth\\_src\\_2.jpg](http://www.samolotypolskie.pl/uploads/Products/product_782/de-havilland-dh-82-tiger-moth_src_2.jpg)
- [37] OQ-2. *National Museum of the US Air Force* [online]. 2015 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://www.nationalmuseum.af.mil/shared/media/photodb/photos/060930-F-1234P-001.jpg>
- [38] Falconer. *National Museum of the US Air Force* [online]. 2015 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://www.nationalmuseum.af.mil/shared/media/photodb/photos/070316-F-1234S-001.jpg>
- [39] Ryan Model 147. *Designation-Systems.net* [online]. 2002 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://www.designation-systems.net/dusrm/ryan-model-147.jpg>
- [40] GyrodyneQH-50. *Smithsonian's National Air and Space Museum* [online]. 2013 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: [http://airandspace.si.edu/webimages/collections/full/GyrodyneQH-50\\_5380.jpg](http://airandspace.si.edu/webimages/collections/full/GyrodyneQH-50_5380.jpg)
- [41] Tadiran Mastiff. *Imageshack.us* [online]. 2015 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://img31.imageshack.us/img31/2874/2191224401e0c6b4639fo.jpg>
- [42] MQ-9 Reaper. *Defense Media Activity U.S. Department of Defense* [online]. 2015 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://media.dma.mil/2009/Mar/17/2000608254/-1/-1/0/090127-F-7383P-001.JPG>
- [43] MQ-8 Fire Scout. *Aircraft-Info.net* [online]. 2012 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://www.aircraft-info.net/wp-content/uploads/2012/07/mq8b-drone.jpg>
- [44] Helios. *NASA* [online]. 2013 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: [http://www.nasa.gov/sites/default/files/images/370767main\\_ED03-0152-4\\_full.jpg](http://www.nasa.gov/sites/default/files/images/370767main_ED03-0152-4_full.jpg)

- [45] Letecké fotky, snímkování a ortofotmapy UpVision.cz. *Letecké fotky, snímkování a ortofotmapy UpVision.cz* [online]. 2015 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: [www.upvision.cz](http://www.upvision.cz)
- [46] Phantom 2 and S900. *DJI - The World Leader in Camera Drones/Quadcopters for Aerial Photography* [online]. 2015 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://www.dji.com/>
- [47] A2 Flight Controller. *DJI - The World Leader in Camera Drones/Quadcopters for Aerial Photography* [online]. 2014 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: [http://www.dji.com/wp-content/uploads/2013/08/a2\\_flight\\_controller.jpg](http://www.dji.com/wp-content/uploads/2013/08/a2_flight_controller.jpg)
- [48] Arducopter-missionplanner-waypoints. *Drones, Mikrokopter, OnyxStar, Droidworx, ArduCopter, ArduPilot, UAV : AltiGator, drones, radio controlled aircrafts: aerial photography & video* [online]. 2013 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://mikrokopter.altigator.com/images/news/arducopter/Arducopter-missionplanner-waypoints.jpg>
- [49] Micro UAV. *DirectIndustry - The Virtual Industrial Exhibition* [online]. 2014 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: [http://img.directindustry.com/images\\_di/photo-g/micro-uav-100945-6771007.jpg](http://img.directindustry.com/images_di/photo-g/micro-uav-100945-6771007.jpg)
- [50] EMS drone. *Daily Mail Online* [online]. 2014 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: [http://i.dailymail.co.uk/i/pix/2014/10/28/1414540757343\\_wps\\_24\\_epa04466923\\_A\\_woman\\_gives.jpg](http://i.dailymail.co.uk/i/pix/2014/10/28/1414540757343_wps_24_epa04466923_A_woman_gives.jpg)
- [51] Rozdělení vzdušného prostoru. *IVAO Czech Division* [online]. 2005 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: [http://www.ivao.cz/downloads/LKCT\\_Flyin/rozdeleni\\_vzd\\_prostoru.gif](http://www.ivao.cz/downloads/LKCT_Flyin/rozdeleni_vzd_prostoru.gif)



## 8. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ACAS	Airborne Collision Avoidance System	Palubní protisrážkový systém
ADS-B	Automatic Dependent Surveillance-Broadcast	Automatické závislé sledování-rozhlasové
AFIS	Aerodrome Flight Information Service	Letištní letová informační služba
ATC	Air Traffic Control	Služba řízení letového provozu
ATM	Air Traffic Management	Organizace letového provozu
ATTI	Attitude	poloha
ATZ	Aerodrome Traffic Zone	Provozní zóna letiště
BVLOS	Beyond Visual Line Of Sight	Mimo vizuální dohled
C2	Command & Control	Řízení a kontrola
CIA	Centel Intelligence Agency	Ústřední zpravodajská služba
Cir	Circular	oběžník
CS	Certification Specification	Certifikační specifikace
CS-LUAS	Certification Specification for Light Unmanned Airplane Systems	Certifikační specifikace pro lehké systémy bezpilotních letadel
CS-LURS	Certification Specification for Light Unmanned Rotorcraft Systems	Certifikační specifikace pro lehké bezpilotní systémy s rotující nosnou plochou
CTR	Control Zone	Řízený okrsek
ČR	----	Česká republika
Doc	Document	Dokument
EASA	European Aviation Safety Agency	Evropská agentura pro bezpečnost v letectví
EHS	----	Evropské hospodářské společenství
EU	European Union	Evropská unie
EVLOS	Extended Visual Line Of Sight	Rozšířený vizuální dohled
FPV	First Person View	Pohled první osoby
ft	feet	stopy
GHz	gigahertz	gigahertz

GPS	Global Positioning System	Globální poziční systém
GPWS	Ground Proximity Warning System	Výstražný systém signalizace blízkosti země
ICAO	International Civil Aviation Organisation	Mezinárodní organizace pro civilní letectví
IFR	instrument Flight Rules	let podle přístrojů
IT	Information technologies	informační technologie
JARUS	Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems	Sdružení leteckých úřadů pro tvorbu leteckých předpisů v oblasti bezpilotních systémů
kg	kilogram	kilogram
km	kilometer	kilometr
km/h	---	kilometr za hodinu
LČPVP	---	letecká činnost pro vlastní potřebu
LED	Light-Emitting Diode	dioda emitující světlo
LP	---	letecká práce
m	meter	metr
mAh	milampere hour	miliampér hodina
MARS	Mid-Air Retrieval System	systém pro záchranu dronů za letu
MCTR	Military Control Zone	Vojenský řízený okrsek
mph	mile per hour	míle za hodinu
NASA	National Aeronautics and Space Administration	Národní úřad pro letectví a kosmonautiku
NATO	Northern Atlantic Treaty Organization	Severoatlantická aliance
OSN	---	Organizace spojených národů
RC	Radio Controlled	řízený rádiem
RCP	Required Communication Performance	Požadovaná komunikační výkonnost
RLOS	Radio Line Of Sight	V rádiovém dosahu
RPA	Remote Piloted Aircraft	Dálkově řízené letadlo
RPAS	Remote Piloted Aircraft Systems	Dálkově ovládaný letadlový systém

ŘLP	----	Řízení letového provozu
TCAS	Traffic Collision Avoidance System	Palubní protisrážkový systém
UA	Unmanned Aircraft	Bezpilotní letadlo
UAS	Unmanned Aircraft System	Bezpilotní letadlový systém
UAV	Unmanned Aerial Vehicle	Bezpilotní letadlo
ÚCL	----	Úřad pro civilní letectví
US	United States	Spojené státy
USA	United States of America	Spojené státy americké
USB	Universal Serial Bus	univerzální sériová sběrnice
ÚZPLN	----	Úřad pro odborné zjišťování příčin leteckých nehod
VEV	----	vědecký a výzkumný
VFR	Visual Flight Rules	let za viditelnosti
VKV	----	velmi krátké vlny
VLOS	Visual Line Of Sight	Ve vizuálním dohledu
W	watt	watt
WG	Working Group	Pracovní skupina
WP	Way Point	traťový bod

## **9. SEZNAM GRAFŮ**

Graf 4.1: Typy RPAS deklarované pro LP, LČPVP a VEV

Graf 4.2: Typy RPAS povolených pro LP a LČPVP

Graf 4.3: Rozdělení multikoptér deklarovaných pro LP a LČPVP podle výrobců

Graf 4.4: Rozdělení multikoptér povolených pro LP a LČPVP podle výrobců

Graf 5.1: Příčiny leteckých nehod klasického letectví

## **10. SEZNAM TABULEK**

Tabulka 4.1: Vlastnosti jednotlivých letových režimů řídicího systému A2

Tabulka 4.2: Přehled pomocných režimů letu

## **11. SEZNAM PŘÍLOH**

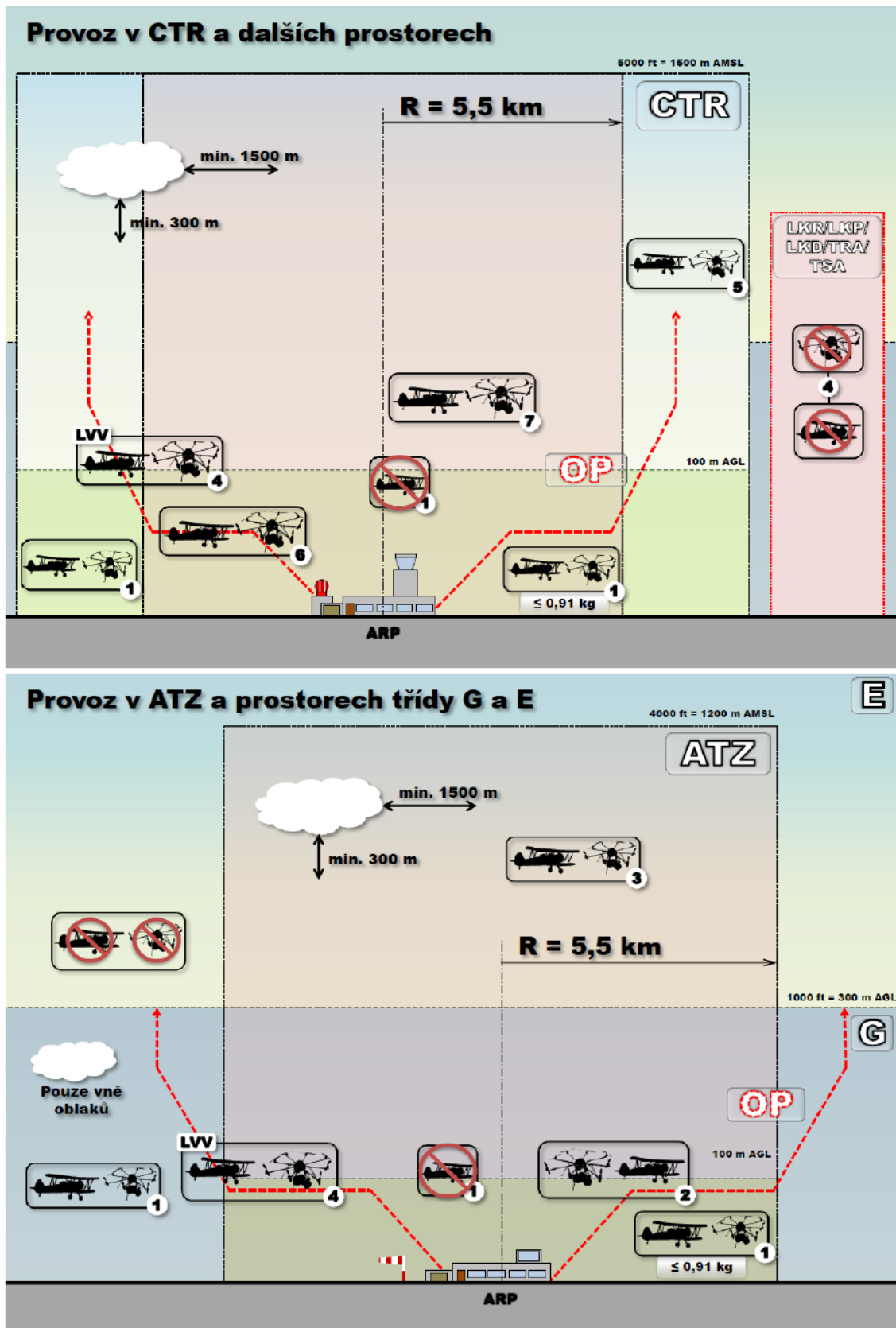
Příloha 1: Prostorové omezení provozu bezpilotních letadel a modelů letadel

Příloha 2: Tabulka podmínek provozu bezpilotních letadel

Příloha 3: Návrh informačního letáku pro hobby RPAS

## 12. PŘÍLOHY

Příloha 1: Prostorové omezení provozu bezpilotních letadel a modelů letadel [3]



Vysvětlivky k příloze 1:



Modely letadel s maximální vzletovou hmotností do 20 kg



Bezpilotní letadla (včetně modelů letadel s maximální vzletovou hmotností nad 20 kg)

<b>CTR</b>	Řízený okrsek letiště
<b>ATZ</b>	Letištní provozní zóna neřízeného letiště
<b>OP</b>	Ochranná pásma letišť
<b>G/E</b>	Označení třídy vzdušného prostoru
<b>ARP</b>	Vztažný bod letiště
<b>AMSL</b>	Nadmořská výška
<b>LKR</b>	Omezený prostor
<b>LKP</b>	Zakázaný prostor
<b>LKD</b>	Nebezpečný prostor
<b>TSA</b>	Dočasně vyhrazený prostor
<b>TRA</b>	Dočasně vymezený prostor
<b>AGL</b>	Nad úrovní země
<b>1</b>	Lety bez koordinace
<b>2</b>	Splnění podmínek provozovatele letiště (PL) + koordinace s letištní informační službou (AFIS)
<b>3</b>	Splnění podmínek PL + koordinace s AFIS
<b>4</b>	Souhlas/povolení ÚCL
<b>5</b>	Letové povolení příslušného stanoviště řízení letového provozu (ŘLP). ŘLP může dále požadovat: stálé obousměrné spojení a odpovídač sekundárního radaru
<b>6</b>	Povolení ÚCL (nebo v případě leteckých prací (LP) koordinace s ŘLP + koordinace s PL). ŘLP může dále požadovat: stálé obousměrné spojení a odpovídač sekundárního radaru
<b>7</b>	Povolení ÚCL (nebo v případě LP koordinace s ŘLP + koordinace s PL) + letové povolení ŘLP. ŘLP může dále požadovat: stálé obousměrné spojení a odpovídač sekundárního radaru

Příloha 2: Tabulka podmínek provozu bezpilotních letadel [3]

Maximální vzletová hmotnost	≤ 0,91 kg		> 0,91 kg a < 7 kg		7 – 20 kg		> 20 kg		Bespilotní letadlo provozované mimo dohled pilota
	RS	VEV	RS	VEV	RS	VEV	RS	VEV	
Účel použití ----- požadavek									
evidence letadla	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ano	ano	ano
evidence pilota	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ano	ano	ano
praktický a teoretický test pilota	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ano	ano	ano
povolení k létání	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ano	ano	ano
povolení k provádění LP a LČPVP	nelze	ano	nelze	ano	nelze	ano	nelze	ano	nelze
označení UA: ID štítek / ID štítek + pozn. značka	ne/ne	ano/ano	ano/ne	ano/ano	ano/ne	ano/ano	ano/ne	ano/ano	ano/ano
min. ve vzdálenosti (m): vzlet, přistání / osoby, stavby / osídlený prostor	bezpečná	bezpečná	bezpečná	bezpečná	bezpečná, ale minimálně 50/100/150	bezpečná, ale minimálně 50/100/150	bezpečná, ale minimálně 50/100/150	bezpečná, ale minimálně 50/100/150	bezpečná, ale minimálně 50/100/150
pojištění: běžný provoz / LVV (mil. Kč)	ne/0,25	dle nař. č. 785/2004	ne/1	dle nař. č. 785/2004	ne/3	dle nař. č. 785/2004	dle nař. č. 785/2004	dle nař. č. 785/2004	dle nař. č. 785/2004
dozor	ne	ne	ne	ne	ne	ne			ne
Fail-safe systém	ne	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano
provozní příručka UAS	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ne
hlášení událostí	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ano	ano	ano

Vysvětlivky k tabulce:

<b>RS</b>	rekreačně sportovní
<b>VEV</b>	výdělečný, experimentální, výzkumný
<b>LP</b>	letecké práce
<b>LČPVP</b>	letecká činnost pro vlastní potřebu
<b>LVV</b>	letecké veřejné vystoupení
<b>nař. č. 785/2004</b>	nařízení Evropského parlamentu a rady (ES) o pojištění provozovatelů letadel



## VÝŇATEK PROVOZNÍCH PRAVIDEL Z DOPLŇKU X

1. Povolené činnosti a zodpovědnost
  - a) Bezpilotní letadlo (dále jen UA) je bez nutnosti evidence možno provozovat pouze pro rekreační a sportovní účely.
  - b) Pro použití UA k jakékoliv výdělečné činnosti je nutné získat povolení od Úřadu pro civilní letectví.
  - c) Za bezpečný provoz UA je zodpovědná osoba, která jej dálkově řídí (pilot).
  
2. Provozní doporučení
  - a) **Let s UA může být prováděn pouze v přímém vizuálním dohledu pilota.**
  - b) **Pilot je povinen neustále sledovat vzdušný prostor ve svém okolí a vyhybat se srážkám s ostatními účastníky vzdušného provozu.**
  - c) Pilot musí stát na takovém místě, aby měl přehled o blížícím se provozu a v dostatečném předstihu ukončil let.
  - d) Při automatickém letu podle předem zvolené trasy musí být pilot připraven zasáhnout do řízení v jakémkoliv okamžiku.
  - e) Let je možné provozovat pouze do výšky **300 m nad terénem** s výjimkou okruhu **5,5 km od středu letiště**. V tomto pásmu je provoz UA **zakázán**.
  - f) **UA nesmí být provozováno nad lidmi a budovami. Minimální bezpečná vzdálenost je stanovena na dvojnásobek výšky UA nad terénem.**
  - g) UA nesmí být provozováno v ochranných pásmech nadzemních dopravních staveb, tras nadzemních inženýrských sítí, tras nadzemních telekomunikačních sítí, uvnitř zvláště chráněných území, v okolí vodních zdrojů a objektů důležitých pro obranu státu. Typickým příkladem zakázaného prostoru je Pražský hrad.
  - h) UA nesmí být provozováno v dočasně omezených či zakázaných prostorech. Pro zjištění těchto prostorů je možné využít aplikaci AisView na: <http://aisview.rlp.cz/>
  - i) Při pořizování videa či fotografií pro vlastní potřebu za pomoci UA je nutné se řídit stanoviskem Úřadu pro ochranu osobních údajů č. 1/2013.

Pro bližší informace ohledně UA navštivte webové stránky Úřadu pro civilní letectví:  
<http://www.caa.cz/letadla-bez-pilota-na-palube>