

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
BIOMEDICÍNSKÉHO
INŽENÝRSTVÍ**



**DIPLOMOVÁ
PRÁCE**

2021

**MARTIN
MOLEK**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta biomedicínského inženýrství
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

Využití bezpilotních prostředků při provádění záchranných a likvidačních prací složkami IZS

Use of Unmanned Aerial Vehicles During Rescue and Liquidation Works by IRS Units

Diplomová práce

Studijní program: Civilní nouzové plánování

Vedoucí práce: plk. Ing. Tomáš Kubín

Bc. Martin Molek

Kladno, květen 2021

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Molek** Jméno: **Martin** Osobní číslo: **492547**
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**
Garantující katedra: **Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva**
Studijní program: **Civilní nouzové plánování**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Využití bezpilotních prostředků při provádění záchranných a likvidačních prací složkami IZS

Název diplomové práce anglicky:

Use of Unmanned Aerial Vehicles During Rescue and Liquidation Works by IRS Units

Pokyny pro vypracování:

Předmětem diplomové práce bude analýza možnosti nasazení bezpilotních prostředků a systémů při provádění záchranných a likvidačních prací složkami integrovaného záchranného systému. Teoretická část práce se zaměří na popis bezpilotních systémů, přídatných technologií vhodných pro záchranné a likvidační práce a současný legislativní rámec jejich provozování. Praktická část bude zaměřena na analýzu již používaných bezpilotních prostředků složkami IZS a systému jejich provozování. Metodou dotazníkového šetření a analýzy dat ze statických přehledů o zásahů složek IZS, bude stanoveno několik návrhů variant jednotného systému provozování bezpilotních prostředků při provádění záchranných a likvidačních prací, identifikace předurčení pro jednotlivé typy mimořádných událostí a vytyčení vhodných doplňujících technologií. Multikriteriální vyhodnocení efektivnosti systému bude provedeno na základě finančních, personálních a technických kritérií.

Seznam doporučené literatury:

- [1] HOHENLOHE, Stephan zu, Drony: stručně a přehledně: výběr vhodného modelu, ovládání, foto a video, legislativa, Frýdek-Místek: Alpress, 2016, 160 s., ISBN 978-80-7543-234-6
- [2] TALLO, Anton, BOHRNOVÁ, Mária, HAJDÚKOVÁ, Tatiana, Bepilotné prostriedky vo vybraných službách policie, Bratislava: Akadémia Policajného Zboru v Bratislave, 2018, 370 s., ISBN 9788080547585
- [3] FAHLSTROM, Paul, GLEASON Thomas, Introduction to UAV systems, ed. 4., Chichester: Wiley & Sons Ltd, 2012, 306 s., ISBN 978-1-119-97866-4

Jméno a příjmení vedoucí(ho) diplomové práce:


plk. Ing. Tomáš Kubín


Jméno a příjmení konzultanta(ky) diplomové práce:

Adam Drábek

Datum zadání diplomové práce: **21.09.2020**


Platnost zadání diplomové práce: **18.09.2022**



prof. MUDr. Leoš Navrátil, CSc., MBA, dr.h.c.
podpis vedoucí(ho) katedry


prof. MUDr. Jozef Rosina, Ph.D., MBA
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student(ka) bere na vědomí, že je povinen(a) vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.


Datum převzetí zadání


Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem „Využití bezpilotních prostředků při provádění záchranných a likvidačních prací složkami IZS“ vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

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

V Kladně dne 11.02.2021

.....
podpis

Poděkování

Tímto děkuji vedoucímu práce plukovníkovi Inženýrovi Tomášovi Kubínovi a konzultantovi práce kapitánovi Inženýrovi Adamovi Drábkovi za odborné vedení práce a podnětné připomínky k práci. Dále děkuji Hasičskému záchrannému sboru České republiky, Policii ČR a jednotlivým jednotkám požární ochrany obcí, podniků a poskytovatelům zdravotnické záchranné služby (ZZS) a všem ostatním odborníkům, kteří se zapojili do dotazníkového šetření. V neposlední řadě děkuji své rodině, která mi poskytovala při celém studiu bezvýhradnou podporu.

Abstrakt

Předkládaná diplomová práce v teoretické části popisuje vývoj nasazování bezpilotních systémů, právní rámec provozování bezpilotních systémů a očekávaný vývoj legislativních dokumentů v rámci České republiky i Evropské unie, bezpilotní letadla a systémy vhodné pro nasazení při provádění záchranných a likvidačních prací složkami integrovaného záchranného systému spolu s přídatnými technologiemi, o které mohou být tyto systémy doplněny.

Praktická část práce analyzuje dosavadní využívání bezpilotních systémů v rámci integrovaného záchranného systému v ČR, přidává porovnání s využitím pilotovaných letadel z hlediska nákladů na provoz obou typů letadel. Na základě zjištění práce překládá návrh jednotného systému provozování bezpilotních prostředků při řešení vytypovaných mimořádných událostí, jehož efektivnost je vyhodnocena za pomoci multikriteriální analýzy.

Klíčová slova

Bezpilotní letadla; bezpilotní systémy; integrovaný záchranný systém; záchranné a likvidační práce.

Abstract

The diploma's thesis describes the development of deployment of unmanned systems, the legal framework for the unmanned operations and the expected development of legislative documents in the Czech Republic and the European Union. In the theoretical part of thesis are also presented unmanned aerial vehicles and systems suitable for deployment in rescue and liquidation operations.

The practical part of the thesis analyzes the current use of the unmanned systems within the integrated rescue system using a survey. Author also compares different operating costs of unmanned aircrafts and aircrafts with pilot on board. Design of the united system of deployment unmanned aerial vehicle in the IRS operations is presented in the end of the practical part of thesis with the multicriterial analysis of its effectiveness.

Keywords

Unmanned aerial vehicle; drone; unmanned systems; emergency; integrated rescue system; rescue operations.

Obsah

1	Úvod	10
2	Současný stav	12
2.1	Geneze bezpilotních systémů	12
2.2	Základní právní předpis o bezpilotních systémech	13
2.2.1	Právní předpis před rokem 2021	13
2.2.2	Právní předpis mezi lety 2021–2023	13
2.2.3	Právní předpis po roce 2023	17
2.3	Princip bezpilotních systémů	20
2.4	Kategorizace bezpilotních letadel	21
2.4.1	Konvenční způsob vzletu	22
2.4.2	Vertikální způsob vzletu	22
2.5	Používání bezpilotních systémů v IZS	25
2.5.1	Právní rámec nasazení bezpilotních letadel v IZS	25
2.5.2	Bezpilotní systémy Policie České republiky	26
2.5.3	Bezpilotní systémy Hasičský záchranný sbor ČR a JPO	27
2.6	Přídavné technologie bezpilotních systémů při činnostech IZS	29
2.6.1	Zařízení pro záznam obrazu	29
2.6.2	Zvuková zařízení	30
2.6.3	Detekce CBRN látek	31
2.6.4	Technologie pro hašení	31
2.6.5	Shazovací technologie	33
2.6.6	Doprava zdravotnických technologií a materiálu	34
3	Cíl práce	35
3.1	Výzkumný cíl	35
3.2	Výzkumná otázka	35

3.2.1	Hlavní výzkumná otázka	35
3.2.2	Výzkumné podotázky	36
4	Metodika	37
4.1	Dotazníkové šetření	37
4.2	SWOT analýza nasazení UA složkami IZS	39
4.3	Multikriteriální analýza	40
5	Výsledky	41
5.1	Dotazníkové šetření	41
5.2	SWOT analýza	56
5.3	Multikriteriální analýza	59
6	Diskuze	63
6.1	Návrh jednotného systému provozu UA složkami IZS	63
6.1.1	Minimální požadavky na UA	63
6.1.2	Legislativní vymezení UA v rámci provozu složkami IZS	67
7	Závěr	68
8	Seznam použitých zkratk	70
9	Seznam použité literatury	71
10	Seznam použitých obrázků	74
11	Seznam použitých tabulek	76
12	Seznam Příloh	77

1 ÚVOD

Příchod 21. století spojený s obrovským rozmachem nových inovativních technologií, přinesl také technologie, které nalézají své uplatnění při ochraně životů, zdraví a majetku civilního obyvatelstva v rámci bezpečnostního systému České republiky, který je převážně tvořen složkami moci výkonné. Exekutivní složky se musí řídit tzv. zásadou legality, která mj. tvrdí, že správnímu orgánu je uložena zákonná povinnost postupovat v souladu s právními předpisy. Aplikace a zapracování nejrůznějších moderních technologií do pracovních praktických postupů jednotlivých složek bezpečnostního systému ČR jsou na rozdíl od soukromoprávních korporací velmi složité a musí procházet velmi dlouhým schvalovacím procesem. Ten je příčinou, že nové a inovativní technologie nacházejí své praktické využití někdy až s několikaletým zpožděním. Navzdory těmto procesům a právních zásad již některé složky bezpečnostního systému ČR uvádějí do praxe technologie, které přispívají k ochraně civilního obyvatelstva ČR. Lokace přesné polohy nouzového volání a polohy zasahujících jednotek za pomoci systému GPS či GALILEO, moderní termokamery spolu se senzory upozorňujícími na nebezpečné látky ve vozidlech jednotek požární ochrany nebo pořízování nových velitelských automobilů pro jednotky požární ochrany (JPO) umožňují veliteli zásahu efektivní řízení zásahu a koordinaci složek integrovaného záchranného systému (IZS) na místě zásahu. To je výčet pouze některých moderních technologií, které se již podařilo prakticky zapracovat do funkčního integrovaného záchranného systému. Nemalý potenciál ke zlepšení a zefektivnění záchranných a likvidačních prací lze nalézt také v oboru letectví.

Nadhled nad všedními událostmi z ptačí perspektivy přinesl rozmach aerodynamiky a aeromechaniky ve 20. století. Možnost odprosit se od zemské perspektivy a nahlížet na svět s nadhledem umožnil zejména vynález tzv. aeroplánu, jehož služeb bylo zpočátku využíváno zejména k vojenským a dopravním účelům. Průmyslový a technologický pokrok dokázal snížit výrobní ceny strojů, které se díky principům aerodynamiky mohou pohybovat vysoko nad zemským povrchem. Dostupnost letadel a vrtulníků se tak stala i pro komerční využití v civilních operacích především v přepravě osob a zboží běžnou realitou. Provozní náklady v některých oblastech využívání leteckých služeb, kterými jsou například záchranné a likvidační práce prováděné složkami IZS, jsou enormní. Další vývoj

v oblasti vojenského i civilního letectví, umělé inteligence a výpočetní techniky však zrodil nástroj, jehož pořizovací a provozní náklady například na výcvik obsluhy či zdroj energie jsou v porovnání s pilotovanými letadly zanedbatelné. Jedná se o tzv. „drony“ v odborné terminologii pak nalezneme tyto stroje pod termínem bezpilotní letadla. Jedná se o menší lehce provozovatelná letadla, která ke svému provozu nepotřebují pilota na palubě, zato mohou být osazena nejrůznější technikou, která usnadňuje splnění vzdušných operací, k jejímž vykonávání již není zapotřebí povolávat těžká pilotovaná letadla (vrtulníky) a ohrožovat tak posádku letadla. Nasazování těchto bezpilotních systémů při řešení mimořádných událostí na území České republiky se pomalu stává běžnou praxí, která má potenciál zvyšovat bezpečnost a efektivnost zásahu složek IZS. Nekoordinované pořizování a provozování těchto systémů bez koncepce a metodiky vnáší nejasnosti a nejednoznačnosti v přínosu bezpilotních systému pro výkon činností složkami IZS.

Cílem práce je zvýšit povědomí jednotlivých složek IZS o využívání bezpilotních systémů a navrhnout jednotné bezpečné koncepční řešení této problematiky napříč bezpečnostním systémem ČR.

2 SOUČASNÝ STAV

2.1 Geneze bezpilotních systémů

O nasazování dálkově ovládaných letadel bez pilota lze nalézt doklady již z doby první a druhé světové války. Ačkoli způsobilost bezpilotního letadla (UA) ve zkušebních letech byla nejednoznačná, americká armáda nakonec uznala potenciál pro nasazení v boji, avšak příměří nastalo dříve, než bylo možné nasadit prototypy UA Sperry Aerial Torpedo (USA) a Kettering Aerial Torpedo (USA).

Více než deset let po skončení první světové války vývoj bezpilotních letadel v USA i v zahraničí prudce poklesl. V polovině 30. let se objevily nové UA jako cvičné stroje pro bojový výcvik.

Více než deset let po skončení první světové války vývoj bezpilotních letadel v USA i v zahraničí prudce poklesl. V polovině 30. let se objevily nové UA jako cvičné stroje pro bojový výcvik. Během druhé světové války představovala inovativní V-1 nacistického Německa hrozbu, kterou může UA v boji představovat. Americké pokusy o eliminaci V-1 položily základy poválečných UA programů v USA.

Od původního záměru používání UA jako cvičných dálkově pilotovaných bojových letadel postupně převzala americká UA během války ve Vietnamu novou roli, kterou byl tajný dohled a průzkum. K tomu sloužily především UA typu Firebee. V 70. letech 20. století se stalo izraelské letectvo, agresivním vývojářem UA, průkopníkem několika důležitých nových útočných UA, jejichž verze byly integrovány do vzdušných sil mnoha dalších zemí, včetně USA. Po roce 1990 již mají UA technologicky vyspělých vojenských arzenálech trvalou a nezastupitelnou roli. Například útočné UA Reaper, Pathfinder, DarkStar, Predator, Global Hawk či Helios našly ve výzbroji armády USA zásadní postavení. Podobné stroje nalézají uplatnění i v ozbrojených silách jiných zemí včetně vzdušných sil Armády České republiky. Na přelomu 20. a 21. století již UA začínají nacházet uplatnění také v civilní sféře, a to zejména v oblastech meteorologie, geodézie, kinematografie, stavebnictví, nákladní dopravy a v neposlední řadě také v nouzových službách. [1, 2, 3]

2.2 Základní právní předpis o bezpilotních systémech

2.2.1 Právní předpis před rokem 2021

Zákonodárny sbor nevěnoval rozmachu bezpilotních prostředků v České republice příliš velkou pozornost, a tak byl provoz těchto letadel upraven pouze obecně, a to leteckým zákonem číslo 49/1997 Sb., který zároveň upravuje veškerou problematiku civilního letectví. Vzdušný prostor nad Českou republikou se však musí řídit také směrnicemi a nařízeními Evropské unie. Za tímto účelem vznikl letecký předpis „L“. Problematiku bezpilotních prostředků pak upravoval doplněk „X“ k leteckému předpisu „L“. Provozování bezpilotních prostředků ke komerčním či exekutivním činnostem bylo před rokem 2021 těžce byrokraticky zatíženo zdlouhavým schvalovacím a povolovacím procesem. Problematiku bezpilotních letounů nepostihovala ani jednotná pravidla na půdě EU a letecký předpis příliš nerozlišoval jednotlivé druhy prostředků a kategorie pilotů, ani nepočítal s provozem plně autonomních bezpilotních prostředků.

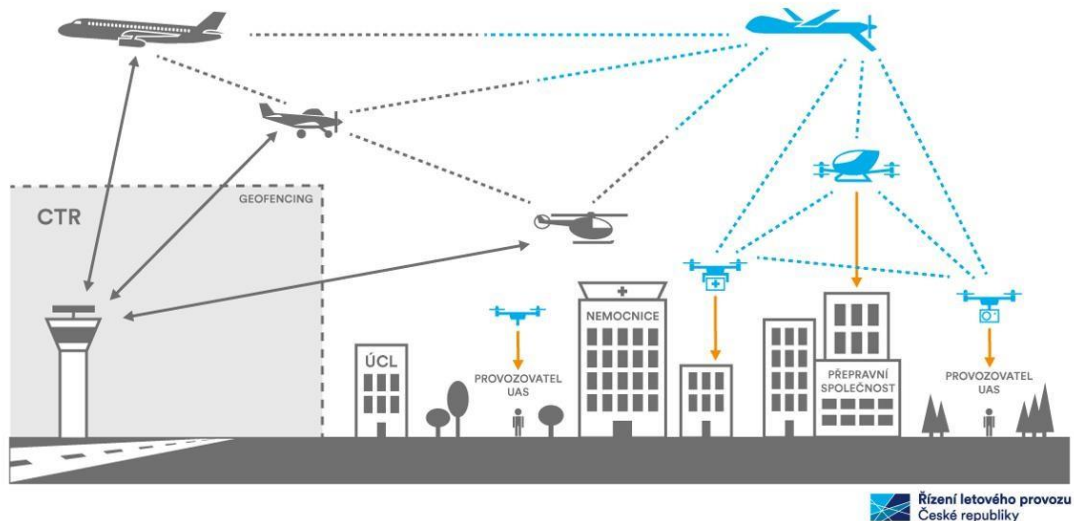
2.2.2 Právní předpis mezi lety 2021–2023

Agentura Evropské unie pro bezpečnost letectví započala rokem 2021 proces harmonizace vzdušného prostoru nad evropským kontinentem pro pilotované a autonomní lety do jednotného systému U-SPACE, který by měl být zcela dokončen v roce 2030. U-SPACE lze definovat jako jedinečný společný systém, který představuje rámec pro rutinní provoz bezpilotních letadel a definuje rozhraní mezi provozem (bepilotním i pilotovaným), poskytovateli ATM služeb (služeb řízení letového provozu), poskytovateli aplikací pro samotné piloty bezpilotních letadel a jednotlivými úřady a autoritami.

„U-SPACE bychom tedy neměli chápat pouze jako definovaný objem vzdušného prostoru, který by byl oddělen a určen pro výhradní použití dronů, naopak se bude jednat o pravidla ve sdíleném prostoru pro všechny uživatele vzdušného prostoru, (včetně např. letů vrtulníků letecké záchranné služby, motorových závěsných kluzáků či jiných letadel všeobecného letectví).

U-SPACE bude schopen zajistit plynulý provoz dronů všech typů (v dohledu i mimo dohled pilota) napříč všemi kategoriemi (dle hmotnosti a vybavení), ve všech provozních

prostředích (například lety ve městě, na předměstí či mimo zástavbu, bez ohledu na hustotu obyvatelstva) a ve všech typech vzdušného prostoru (řízený i neřízený) aniž by bylo nutno uplatňovat omezení pouze na provoz ve velmi nízkých výškách (tedy lze uvažovat lety i na 120 m nad zemí). Nové služby, které U-SPACE nabízí, spoléhají na vysokou úroveň digitalizace a automatizace funkcí, ať už jsou na palubě samotného dronu, nebo jsou součástí pozemní infrastruktury. Zavedením U-SPACE v ČR tak bude možné bezpečně realizovat lety, které za dnešních pravidel není možné provést. Jedná se např. o lety mimo dohled pilota, (tzv. BVLOS lety), či autonomní lety bezpilotních systémů.“ [4]



Obrázek 1 Systém U-SPACE [4]

Sjednocením prošla také úprava o ochraně fyzických osob v souvislosti se zpracováním osobních údajů při provozu bezpilotních letadel schopných tyto údaje zaznamenávat (záznam videa, fotografie, zvuku či polohy osob). Aplikací nové jednotné legislativy EU pod vedením EASA začaly zákonné normy nahlížet na provoz bezpilotních letadel zejména z pohledu bezpečnosti na úkor druhu prováděných leteckých prací (vyjma přepravy osob, nebezpečných látek a shazování „nákladu“). Základním dokumentem k transformaci do jednotného systému U-SPACE je Nařízení evropského parlamentu a rady EU 2018/1139 ze dne 4. července 2018.

Rozmezí let 2021 až 2023 se stává v oblasti evropské legislativy o bezpilotních prostředcích přechodným obdobím. Provozování bezpilotních letadel nad územím České republiky se v tomto období řídí Opatřením obecné povahy Úřadu pro civilní letectví,

kterým se stanoví: Omezený prostor LKR10 – UAS s účinností od 31.12.2020. Nařízení komise EU 2019/945 ze dne 12. března 2019 o bezpilotních systémech a o provozovatelích bezpilotních systémů ze třetích zemí a nařízení komise EU 2019/947 ze dne 24. května 2019 o pravidlech a postupech pro provoz bezpilotních letadel nově zavádějí 3 kategorie provozu bezpilotních systémů:

- I. otevřená (podkategorie A1, A2 a A3);
- II. specifická;
- III. certifikovaná.

Přehled kategorií bezpilotních systémů stanovuje, že:

- I) do otevřené kategorie provozu bezpilotních systémů patří ten, který: *„je zařazen do jedné ze tříd stanovených v nařízení v přenesené pravomoci nařízení EU 2019/947 nebo je soukromě zhotoven nebo splňuje podmínky stanovené v článku 20 EU 2019/945. Bzpilotní letadlo má maximální vzletovou hmotnost nižší než 25 kg. Dálkově řídicí pilot zajistí, aby bezpilotní letadlo bylo udržováno v bezpečné vzdálenosti od osob a aby nebylo provozováno nad shromážděními osob. Dálkově řídicí pilot vždy udržuje bezpilotní letadlo ve vizuálním dohledu vyjma případů, kdy je provozováno v režimu „follow-me“ nebo kdy je využit pozorovatel bezpilotního letadla, jak je stanoveno v části A přílohy EU 2019/945. Bzpilotní letadlo je za letu udržováno ve vzdálenosti do 120 metrů od nejbližšího bodu povrchu země, vyjma případů, kdy přelétává překážku, jak je stanoveno v části A přílohy EU 2019/945. Bzpilotní letadlo za letu nepřeváží nebezpečné zboží a neshazuje žádný materiál.“* [5, s.23]
- II) specifické kategorie provozu zahrnuje provoz, pro který: *„je provozovatel bezpilotních systémů povinen získat od příslušného úřadu v členském státě, ve kterém je registrován, oprávnění k provozu podle článku 12 EU 2019/945, není-li splněn některý z požadavků stanovených v článku 4 EU 2019/945 nebo v části A přílohy EU 2019/945. Pokud provozovatel žádá příslušný úřad o oprávnění k provozu podle článku 12 EU 2019/945, provede posouzení rizik podle článku*

11 EU 2019/945 a předloží je spolu s žádostí, včetně přiměřených opatření ke zmírnění rizik. V souladu s bodem UAS.SPEC.040 v části B přílohy EU 2019/945 vydá příslušný úřad oprávnění k provozu, pokud usoudí, že provozní rizika jsou přiměřeně zmírněna v souladu s článkem 12. EU 2019/945. Příslušný úřad uvede, zda se oprávnění k provozu týká:

- a) schválení jedné provozní operace nebo řady provozních operací specifikovaných v čase nebo místě (místech) nebo v čase a místě. Oprávnění k provozu musí obsahovat související přesný seznam opatření ke zmírnění rizik,
- b) schválení osvědčení provozovatele lehkých bezpilotních systémů podle části C přílohy EU 2019/945.“ [5, s.23, 24]

III) do certifikované kategorie provozu se zahrnuje bezpilotní systém, který „je certifikován v souladu s čl. 40 odst. 1 písm. a), b) a c) nařízení v přenesené pravomoci (EU) 2019/945 a provoz se uskutečňuje za některé z těchto podmínek:

- i) nad shromážděními osob;
- ii) zahrnuje přepravu osob;
- iii) zahrnuje přepravu nebezpečného zboží, což může mít za následek vysoké riziko pro třetí strany v případě nehody. Provoz bezpilotních systémů se jako provoz bezpilotních systémů v „certifikované“ kategorii klasifikuje také tehdy, pokud příslušný úřad na základě posouzení rizik podle článku 11 (EU) 2019/945 shledá, že riziko provozu nelze přiměřeně zmírnit bez osvědčení bezpilotního systému a provozovatele bezpilotních systémů a případně bez udělení průkazu způsobilosti dálkově řídicímu pilotu.“ [5, s.24]

Další změnou oproti předchozímu legislativnímu stavu se od roku 2021 stala povinnost registrace, avšak oproti letům před rokem 2021 se již nevyžaduje registrace jednotlivých bezpilotních prostředků, nýbrž je zapotřebí zaregistrovat provozovatele bezpilotních systémů (většinou se jedná o vlastníka bezpilotních letadel). Nová evropská legislativa také zavedla povinnost registraci dálkově řídicího pilota, kterým je „fyzická osoba odpovědná za bezpečné provedení letu bezpilotního letadla ovládáním jeho letových ovládacích prvků, a to buď manuálně, nebo v případě, že bezpilotní letadlo létá

automaticky, tím, že monitoruje jeho letovou dráhu a je neustále schopná kdykoli zasáhnout a jeho letovou dráhu změnit.“ [5, s.254]

Ve 3. čtvrtletí roku 2021 by mělo dojít k přijetí novely zákona o civilním letectví č. 49/1997 Sb. Tato novela mj. zákonnou normou definuje podmínky provozování a řízení bezpilotního systému, pojištění UAS, vydání osvědčení o způsobilosti k řízení UAS, podmínky pro fungování registru dálkově řídicích pilotů a provozovatelů UAS a pravomoci ÚCL a Policie ČR vůči provozovateli a pilotovi UAS, a to včetně přestupkového řízení.

2.2.3 Právní předpis po roce 2023

Od roku 2023 má být podle EASA letecká legislativa EU celkově harmonizována a připravena na provoz v jednotném systému USPACE (lety s pilotem na palubě, lety bez pilota na palubě s možností pilota zasáhnout do provozu a autonomní lety v autonomním provozu bez možnosti pilota zasáhnout do provozu). Kategorie provozu otevřená (včetně podkategorií A1, A2 i A3) a specifická by měla být prováděna zejména označenými bezpilotními prostředky. Tyto prostředky dodávané na trh po roce 2023 by podle nařízení komise EU 2019/945 měly být označeny třídami C0, C1, C2, C3 a C4.

Bezpilotní systémy třídy C0 musí splňovat podmínku maximální hmotnosti 250 g a maximální rychlosti, kterou je hodnota 19 m/s. Maximální dosažitelná výška nad terénem je 120 metrů a maximální napětí je 24 V. Bezpilotní systém musí být navržen tak, aby ovládání bylo co nejsnadnější. Neměl by mít ostré hrany, tvary a umístění vrtulí musí být navrženy tak, aby způsobily co nejmenší zranění. Bezpilotní letadla třídy C0 mohou být vybaveny režimem „Follow-me“ (automatického sledování osoby/objektu/ovladače) do max. vzdálenosti 50 m od pilota, s možností kdykoliv převzít řízení. Součástí musí být návod, který popisuje zmíněné technické parametry a jasné provozní pokyny, provozní omezení a informační sdělení zveřejněné Agenturou Evropské unie pro bezpečnost letectví (EASA), které uvádí použitelná omezení a povinnosti, v souladu s prováděcím nařízením (EU) 2019/947. [5]

Bezpilotní systémy třídy C1 mohou dosahovat maximální hmotnosti 900 g a maximální rychlosti 19 m/s. Maximální dosažitelná výška nad terénem je 120 metrů nebo hodnota, kterou může zvolit pilot a maximální napětí je 24 V. Oproti C0 musí mít navíc jedinečné sériové číslo v souladu s normou ANSI/CTA-2063 a přímou identifikaci na dálku. Musí vysílat informace o výrobním čísle, aktuální pozici, směru a výšce. Musí být vybaveny systémem geo-awareness obsahující informace o omezeních vzdušného prostoru. Musí mít jasné varování při nízkém stavu baterie letadla a řídicí stanice tak, aby měl pilot dostatek času pro bezpečné přistání. Návod musí navíc obsahovat informace o akustickém výkonu, pokyny pro údržbu a odstraňování poruch. [5]

Třída C2 musí splňovat podmínku maximální hmotnosti, která je stanovena na 4 kg a maximální dosažitelná výška nad terénem má být 120 metrů nebo hodnota, kterou může zvolit pilot. Maximální napětí prostředku je pak 48 V. Na rozdíl od třídy C1 musí být systém navíc vybaven chráněným datovým spojem proti neoprávněnému přístupu k funkcím velení a řízení. Může být i upoután na lanko o max. délce 50 m. V případě neupoutání systém musí vysílat kromě výrobního čísla i registrační číslo provozovatele. Prostředek musí být vybaven i režimem nízké rychlosti snižující maximální rychlost na nanejvýš 3 m/s a systém musí být vybaven navíc světly pro účely lepší orientace a dobré viditelnosti v noci tak, aby umožnil osobě na zemi odlišit jej od letadla s posádkou na palubě. [5]

Třída C3 má stanovenou maximální hmotnost 25 kg spolu s maximální dosažitelnou výškou nad terénem, kterou je hodnota 120 metrů nebo hodnota, kterou může zvolit pilot. Maximální napětí letadla je 48 V. Samozřejmostí je nutnost systému dálkové identifikace. [5]

Třída C4 stanovuje maximální hmotnost letadla na 25 kg, zároveň se jedná o modely, které nejsou schopny automatického řízení. Uživatelská příručka musí obsahovat technické parametry, obecné vlastnosti užitečného zatížení, informace o vybavení a software, popis chování v případě ztráty spoje, pokyny pro údržbu, pokyny pro odstraňování poruch a provozní omezení a systém dálkové identifikace. [5]

Technologická součást „Single European Sky ATM Research“ (SESAR) iniciativy EU s názvem Jednotné evropské nebe, neboli „Single European Sky“ (SES) definuje začlenění U-SPACE do SES těmito čtyřmi fázemi:

„U1: Počáteční služby U-SPACE (2019–2021) Vytvoření systému e-registrace, e-identifikace a publikace zeměpisných zón pro UAS.

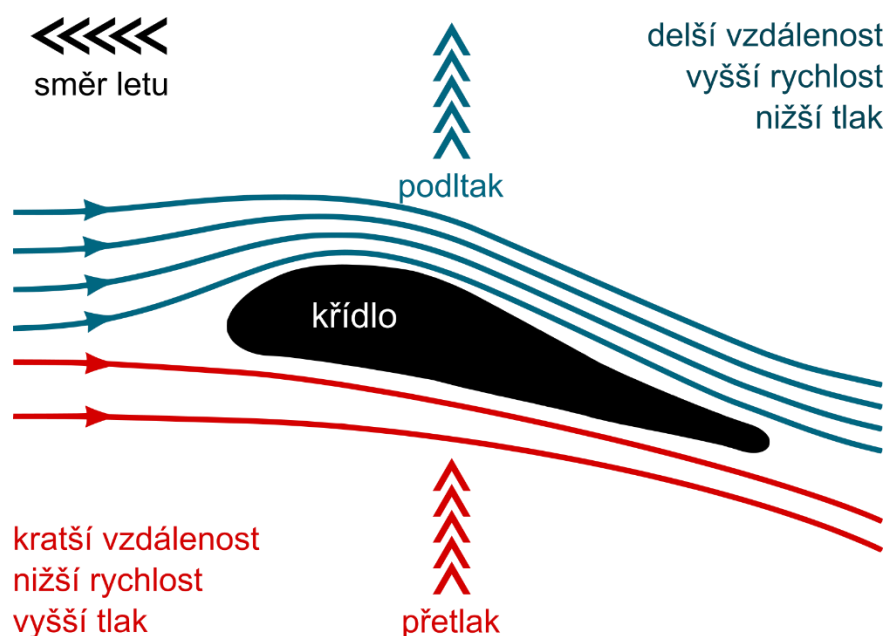
U2: Základní služby U-SPACE (2021–2025) Služby podporující uspořádání bezpilotních letů, například plánování letů, schválení letů, jeho sledování, poskytnutí dynamických informací o vzdušném prostoru, nastavení rozhraní s řízením letového provozu.

U3: Pokročilé služby U-SPACE (2025–2030+) Tyto služby již podporují složitější provoz v oblastech s větším počtem letů, mohou zahrnovat funkce jako například „řízení kapacity“ a služby „detekce konfliktního provozu“. Dostupnost právě této funkce povede k významnému nárůstu provozu v celém prostředí.

U-SPACE. U4: Kompletní služby U-SPACE/Plná integrace UAS Nabízejí integrovaná rozhraní s pilotovaným provozem, podporují plnou kapacitu U-SPACE služeb, spoléhají na velmi vysokou úroveň automatizace, konektivity a digitalizace jak pro bezpilotní letadlo, tak i pro celý U-SPACE systém.“ [6, s. 5]

2.3 Princip bezpilotních systémů

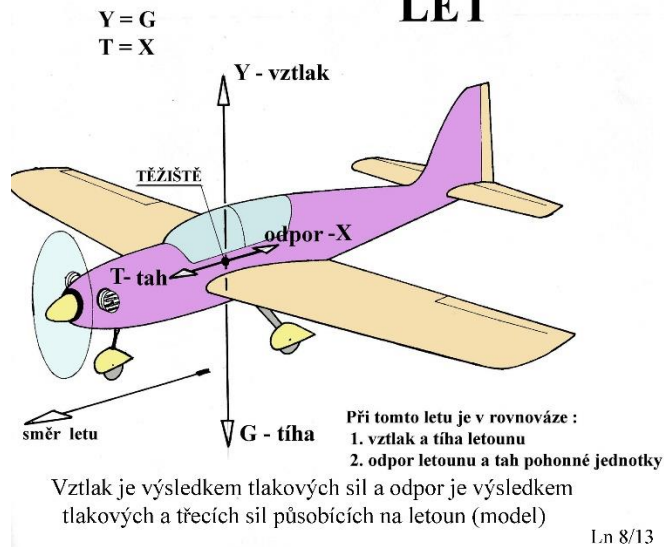
Stejně jako u pilotovaných letadel mohou bezpilotní létat zásluhou principů aerodynamiky a aeromechaniky. Jak ukazuje obrázek 2. Při obtékání vzduchu kolem zakřiveného křídla leteckého prostředku dochází k tomu, že vzduch pod křídlem překonává kratší vzdálenost pomaleji při vyvinutí vyššího tlaku tzv. přetlaku na křídlo. Vzduch nad křídlem pak musí překonat delší vzdálenost rychleji, což vede k jeho zrychlení spolu se snížením tlaku tzv. podtlaku.



Obrázek 2 - Princip křídla [vlastní zdroj]

Z obrázku číslo 3 je zjevné, že na letecký prostředek působí výsledná vztlačková síla (součet přetlaku a podtlaku) na křídlech, gravitační síla, tahová síla (ta vzniká na principu rotace vrtule) a odporivá síla (odpor). V případě obrázku č. 3 se síla vztlačková a gravitační rovnají, stejně jako se rovnají síla tahová a odporivá, jedná se tedy o ustálený přímočarý pohyb letadla.

Ustálený přímočarý **MOTOROVÝ** **LET**



Obrázek 3 Síly působící na letecký prostředek [7]

Princip popsaný na obrázku 3 funguje jak u leteckých prostředků s pevnými křídly, tak i u prostředků s pohyblivými se křídly, kde roli pevných křídel obstarávají pouze vertikálně či horizontálně usazené vrtule.

2.4 Kategorizace bezpilotních letadel

Stejně jako u pilotovaných létajících prostředků lze i u bezpilotních prostředků rozlišovat dvě základní konstrukce letadel. Jsou to letadla s konvenčním způsobem vzletu (CTOL) a s vertikálním způsobem vzletu (VTOL). Navíc se objevují prototypy letadel, které CTOL a VTOL kombinují. Bepilotní letadlo může být poháněno fosilními palivy či elektrickou energií, která je dodávána z nabitých akumulátorů. Letadlo může být i tzv upoutáno napájecím kabelem a soustavně napájeno elektrickou energií. Tento způsob samozřejmě umožňuje delší letový čas, avšak akční rádius letadla je výrazně omezen. Délka napájecího kabelu bývá v rozmezí 60 m až 150 m. Napájecí proud 20 až 50 A při napětí 11,4 V, které je běžně používané pro akumulátory, však nelze aplikovat na lehký napájecí kabel, který by UA bezpečně uneslo. Proto je zapotřebí zvýšit napětí na přibližně 100 V, což umožňuje použití. [8, 9]

2.4.1 Konvenční způsob vzletu

Letadla konstruovaná pro CTOL využívají principu pevného křídla. Tento aspekt přináší oproti VTOL sníženou spotřebu energie, větší operační rádius a dolet. Tato konstrukce však výrazně omezuje manévrovací schopnosti, což například může vést k nutnosti setrvalého kroužení po kružnicích s velkým poloměrem nad místem zájmu. Pro vzlet letadel typu CTOL je zapotřebí dostatečně dlouhá vzletová dráha (popřípadě správné vyhození letadla z ruky po kolmé trajektorii), na které musí letadlo dosáhnout takové rychlosti, aby došlo k tomu, že součet tahové a vztlakové síly je vyšší, než součet síly gravitační a odporové. Dostatečná tahová síla pro vzlet a následný dopředný let je prostředku dodávána za pomoci rotujících listů vrtule, která je umístěna horizontálně buď na přední nebo zadní části prostředku. [10, 11]



Obrázek 4 - CTOL PRIMOCO UAV ONE 150 [12]

2.4.2 Vertikální způsob vzletu

U letadel konstruovaných pro VTOL jsou na rozdíl od CTOL místo pevného křídla využívána rotující křídla (vrtule), která vzhledem k působící vztlakové síle na jednotlivé listy vrtule vzniklé při vysoké rychlosti jejich otáčení, umožňují prostředku překonání gravitační a odporové síly, které na letadlo působí. To umožňuje prostředku typu VTOL vzlétnout a provádět letecké operace.



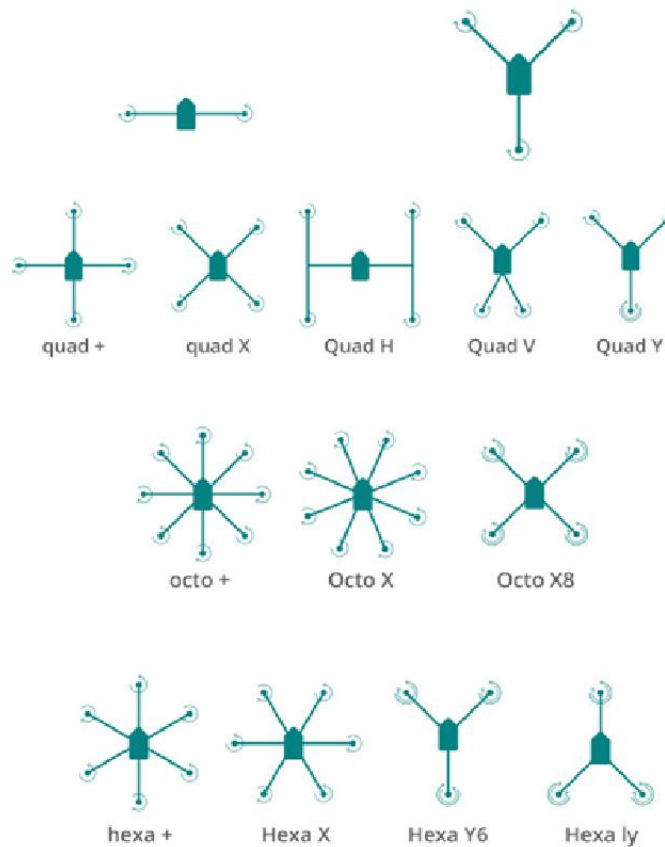
Obrázek 5 - UA VTOL hexakoptéra [zdroj vlastní]

Prostředky typu VTOL se nejčastěji osazují sudým počtem vrtulí, aby se tak kompenzoval točivý moment, který vzniká při jednostranném otáčení jednotlivých vrtulí. Při otáčení dvou vrtulí v opačném směru je točivý moment eliminován a letadlo udržuje směr letu. V případě, že je prostředek osazen pěti a více vrtulemi, lze tyto motory označit za redundantní a výpadek jednoho z nich narušuje letové schopnosti nepříliš závažným způsobem. [13]



Obrázek 6 - VTOL Skyspotter 150A [zdroj vlastní]

Konstrukce UA typu VTOL je nejčastěji tvořena rámem ve tvaru „X“ se čtyřmi vrtulemi. Další typy konstrukcí jsou na obrázku číslo 6. Při koaxiálním typu konstrukce jsou do každého ramene rámu umístěny dva motory, přičemž jeden je orientovaný směrem k vzhůru a druhý směrem dolů. V tomto případě se oba motory otáčejí opačným směrem. [14]



Obrázek 7 - VTOL typy konstrukce [14]

2.5 Používání bezpilotních systémů v IZS

2.5.1 Právní rámec nasazení bezpilotních letadel v IZS

V případě nasazení bezpilotního systému Policií ČR lze na UA pohlížet jako na policejní letadlo podle zákona o Policii ČR. Konkrétně dle § 116 zákona o číslo 273/2008 Sbírky o Policii ČR vede Ministerstvo Vnitra evidenci letadel provozovaných policií v leteckém rejstříku policejních letadel, přiděluje policejnímu letadlu poznávací značku a vydává osvědčení o zápisu policejního letadla do leteckého rejstříku policejních letadel. MV dále rozhoduje o letové způsobilosti policejních letadel, vydává osvědčení letové způsobilosti a ověřuje letovou způsobilost policejních letadel. Dle § 50 zákona číslo zákona číslo 49/1997 Sbírky o civilním letectví se létání vojenských, policejních a celních letadel řídí zákonem o civilním letectví, s výjimkou létání pro účely obrany, výcviku a zajištění bezpečnosti státu. Dále § 50, že nelze-li jinak zajistit bezpečnost osob, majetku či veřejný

pořádek, lze se výjimečně při létání policejních letadel v rozsahu zcela nezbytném odchýlit od pravidel létání.

V případě nasazení bezpilotních letadel Hasičským záchranným sborem ČR, popřípadě jinou složkou IZS (vyjma vyčleněných sil Armády ČR) neexistuje právní norma, která by tato nasazení v rámci IZS při mimořádných událostech upravovala. Ovšem se zmíněnou novelou zákona o civilním letectví (3Q 2021) by mělo dojít ke vzniku § 54t, který definuje, že pro: *„projektování, výrobu, údržbu, provoz a řízení bezpilotního systému v otevřené nebo specifické kategorii provozu pro celní, policejní, záchranné nebo hasičské účely se přímo použitelný předpis Evropské unie upravující společná pravidla v oblasti civilního letectví (Nařízení Evropského parlamentu a Rady EU 2018/1139) použije.“* [11, s. 15]

S nasazením UA jako podpůrným zařízením pro průzkum nepočítá ani Směrnice ministerstva zemědělství pro hašení lesních požárů leteckou technikou. Koncepce provozu bezpilotních systémů v rámci HZS ČR počítá s nasazením UA zejména k monitorování MU.

Podle Rozhodnutí 2019/021/R výkonného ředitele EASA ze dne 9. října 2019, kterým se vydávají přijatelné způsoby průkazu a poradenský materiál k prováděcímu nařízení Komise EU 2019/947, je povinností dálkově řídicího pilota, že: *„pokud v provozní oblasti UAS probíhají záchranné práce, měl by být provoz UAS okamžitě přerušeno, pokud nebyl výslovně schválen příslušnými záchrannými službami. Jinak musí být mezi UA a místem záchranných prací dodržována bezpečná vzdálenost, aby UA nezasahoval ani neohrožoval činnosti záchranných služeb. Provozovatel UAS by měl zvláště dbát na to, aby nebránil možné letecké pomoci a chránil soukromí osob zapojených do mimořádné události.“* [5, s. 179]

2.5.2 Bepilotní systémy Policie České republiky

Policie České republiky používá bezpilotní prostředky k dokumentaci dopravních nehod, dokumentaci a odhalování přestupků a trestných činů, a také při pátrání po pohřešované osobě a k dokumentaci zásahu složek IZS. [16,17]



Obrázek 8 - Bezpilotní letadlo Policie ČR [18]

U Policie ČR jsou v současné době nasazovány prostředky typu Flydeo X8, DJI Mavic Pro a Mavic 2 pro, Flyability Elios, DJI phantom 4 a BRUS.

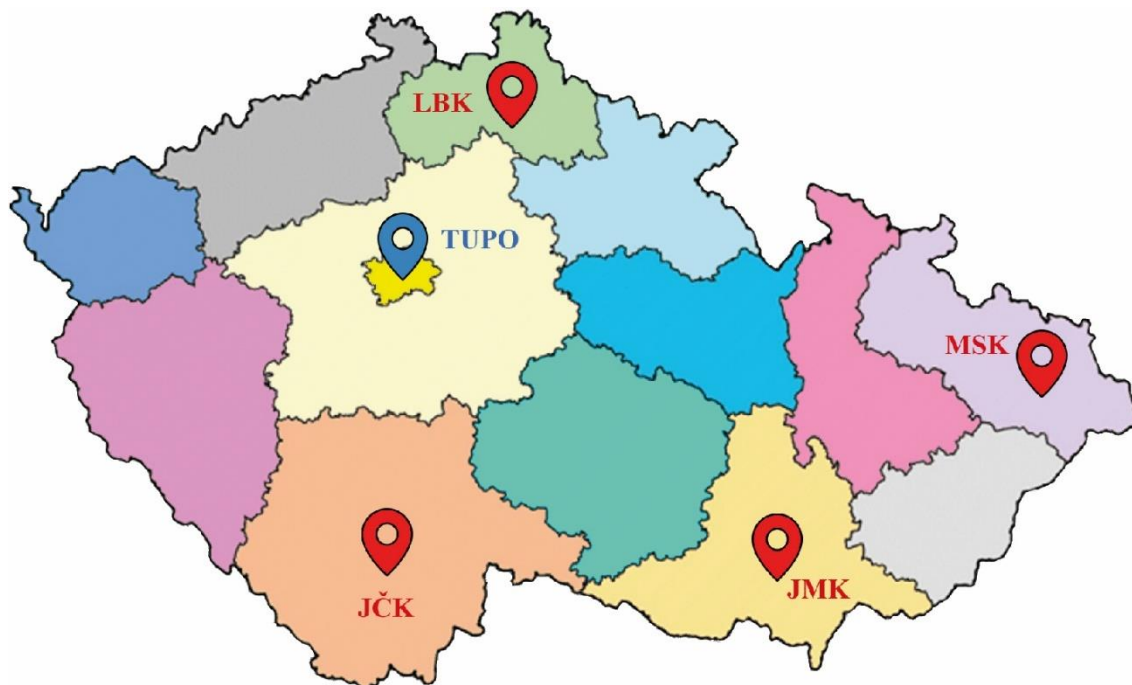


Obrázek 9- Bezpilotní letadlo s klecí Policie ČR [18]

2.5.3 Bězpilotní systémy Hasičský záchraný sbor ČR a JPO

K pořizování a provozování bezpilotních letadel není ze strany HZS ČR přistupováno koncepčně. První bezpilotní prostředky si začala pořizovat nejprve jednotlivá krajská ředitelství. HZS Pardubického kraje provozuje UA Mavic 2 Enterprise Dual a Mavic 2 Enterprise Zoom. HZS Karlovarského kraje pořídilo pro výkon služby UA Matrice 210 V2 – DJI spolu s přenosovým velitelským vozem. UA DJI Matrice 210 RTK slouží u HZS Libereckého kraje. V Technickém ústavu požární ochrany (TUPO) v Praze jsou v provozu

UA DJI F450 a Inspire 2 od firmy DJI. Dle vyjádření MV – GŘ HZS ČR tak bylo vytvořeno pět opěrných bodů v oblasti bezpilotních systémů a o využití UAS tak mohou žádat i HZS krajů, které UAS nedisponují. [19]



Obrázek 10 - Opěrné body HZS ČR pro využití bezpilotních systémů [19]

UA také disponují některé JPO podniků a obcí. Například JPO Škoda Auto a.s. provozuje UAS DJI Matrice 210. Jednotka sboru dobrovolných hasičů obce Plzeň 6 – Litice využívá ve spolupráci se správou informačních technologií města Plzeň flotilu několika UAS (DJI, Flydeo, Flyability Elios) a je jako „speciální družstvo Drony“ zařazeno do JPO obce. [20]

Dle Ústředního poplachového plánu z roku 2021 (ÚPP) je Policíí ČR poskytována plánovaná pomoc na vyžádání v oblasti leteckých prací. Konkrétně se jedná o poskytnutí „Bezpilotního prostředku DRON“ pro monitoring a on-line přenos z místa události včetně záznamu. Pro území obcí Praha, Brno, Ostrava a České Budějovice je doba potřebná pro poskytnutí sil a prostředků uváděna na 5 minut a vytrvalost letu na jednu baterii 15–20 minut, při uchycení nabíjecího kabelu neomezeně. Dle jednacního čísla MV-129394/POISZ-2017 přílohy ÚPP – Informativní seznam subjektů, se kterými byly uzavřeny jiné dohody, je se subjektem Robodrone Industries s.r.o uzavřena dohoda,

jejímž předmětem je: „Využití bezpilotních systémů při monitorování a pořizování záznamů a přenosu informací o požárech.“

2.6 Přídavné technologie bezpilotních systémů při činnostech IZS

2.6.1 Zařízení pro záznam obrazu

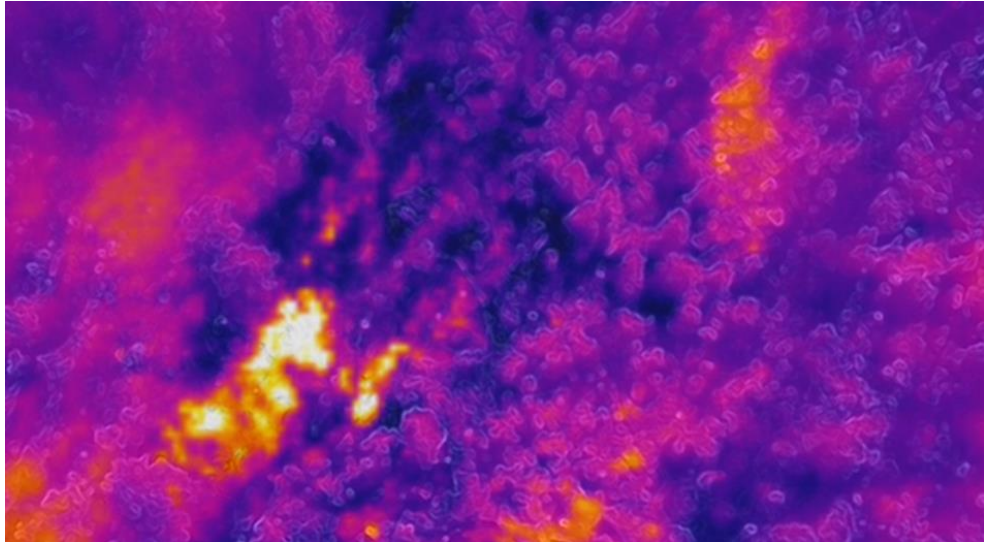
Standartním vybavením každého bezpilotního prostředku je v současné době zařízení pro záznam obrazu (video/fotografie), který může být zaznamenáván v nejrůznějších elektromagnetických spektrech. Nejčastěji je pohyblivý či statický obraz zaznamenáván v barevném (o vlnové délce 400–800 nm) a infračerveném spektru. Následně je poté přenášen dálkově řídícímu pilotovi a dalším pracovníkům obsluhy UAS na zobrazovací displej. [21]



Obrázek 11 - Fotografie v barevném elektromagnetickém spektru [poskytnuto HZS PAK – plk. Kubín]

Bezpilotní letadla osazené termovizemi a noktovizory umožňují při minimální či zhoršené viditelnosti přenášet obraz v elektromagnetických spektrech o jiných vlnových délkách než v barevném spektru. V případě termovize se jedná o záření vlnové délky

přibližně 10000 nm v případě noktovizoru o záření vlnové délky 700 až 1000 nm, které je následně zesilováno.



Obrázek 12 - Fotografie v infračerveném spektru [poskytnuto HZS PAK – plk. Kubín]

2.6.2 Zvuková zařízení a světelná zařízení

Pro obousměrnou zvukovou komunikaci lze bezpilotní letadlo osadit výkonným palubním megafonem a dostatečně odolným mikrofonem. Pro osvětlení místa zásahu pak výkonnými světly, při kterých je většinou nutné UA napájet kabelem z pozemní stanice.



Obrázek 13 - Bepilotní letadlo s megafonem [22]

2.6.3 Detekce CBRN látek

Pokroky v elektroanalytické chemii zavádějí do praxe dozimetry, senzory a biosenzory, které dokážou určit nebezpečné látky a detekovat jejich koncentrace. Technologický pokrok umožňuje zmenšování těchto senzorů spolu se snižováním pořizovacích nákladů, které tak umožňují osazovat bezpilotní letadla těmito senzory.

V případě bezpilotních letadel, lze uvažovat také o nasazení jednoduchých prostředků detekce např. chemickými dozimetry (chemické odznaky), které se dají jednoduše připevnit k UA a vzhledem ke své nízké hmotnosti nesnižují možnost přídatného zatížení prostředku. [23]

2.6.4 Technologie pro hašení

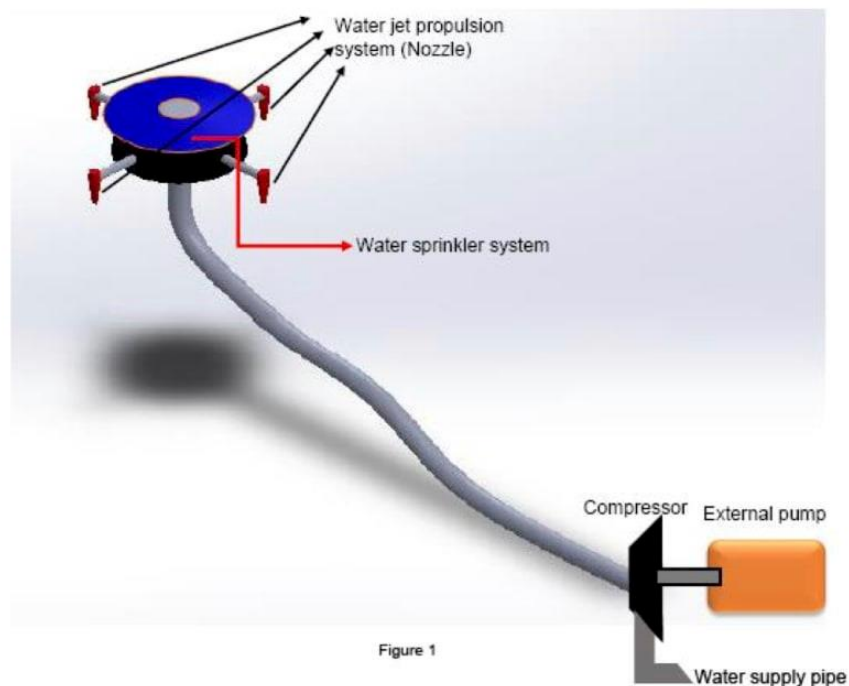
Nasazení bezpilotního letadla, které jako prostředek nese hasební látku k hašení požárů limituje zejména nízká hmotnost, nosnost a maximální doba letu UA.

Uplatnění UA při déle trvajícím hašení požárů přichází do použitelné praxe v případě soustavného napájení bezpilotního prostředku hasebním prostředkem. [24]



Obrázek 14 - UA napájen hasební látkou [25]

Lotyšská společnost Aeronex vyvinula UA pro hašení požárů výškových budov. Přísun hasebního prostředku do UA zajišťuje hadicí, jenž je připojena k cisternové automobilové stříkačce. Napájení UA lze zajistit za pomoci upoutaného kabelu nebo za pomoci baterie. UA s rozměry 3x3 metry a váhou 55 kg dokáže efektivně hasit ve výšce až 300 metrů.



Obrázek 15 - Schéma napájení UA hasebním prostředkem [26]

Osazení UA hasebním zařízením bez stálého přísunu hasební látky přináší nejednoznačnou odpověď na otázku účelnosti a efektivnosti takto vybavených letadel, avšak v případě ranného rozvoje požáru v nebezpečných oblastech (muniční sklad apod.) lze využití UA pro hasební účely jednoznačně zařadit do uvažované varianty nasazení UA při záchranných a likvidačních pracích.

V podobných intencích možnosti nasazení lze zařadit i uvažovaný systém shazování tzv. „hasících protipožárních koulí“ z UA do místa požářiště. Tyto koule fungují na principu pouzdra, které při vznícení zápalnice umístěných na obalu, uvádí do činnosti slabý

pyronáboj. Při výbuchu pyronáboje se obal rozpadá a uvnitř obsažená hoření potlačující prášková směs se rozpráší do okolí. [27]



Obrázek 16 - UA osazen "protipožárními koulemi" [28]

2.6.5 Shazovací technologie

O nasazení shazovací technologie na UA lze uvažovat i v případě plánovaného zakládání požárů (vypalování vegetace) za účelem předcházení rozvoje rozsáhlých lesních požárů (používá se v USA).

Horská služba využívá shazovací technologii při pátrání nad laviništěm při označování míst s pravděpodobným výskytem osoby zavalené sněhovou lavinou. Místa se označují shazováním praporků při zachycení signálu lavinového vyhledávače. [29,30]

Správa informačních technologií města Plzně spolu s Fakultou elektrotechnické Západočeské univerzity vyvinuly autonomní požární sensorové jednotky, které je možné osadit senzory teploty, vlhkosti, čpavku, radioaktivity a jiných toxických nebo výbušných látek, umístitelné pomocí dronů na zemský povrch v místě a okolí mimořádné události.

Osazením UA prostředky a pomůckami pro záchranu z vody, lze minimalizovat nebezpečí pro prvotní kontakt s tonoucím. Navíc se může UA osazené záchrannou pomůckou, jenž může být uvolněna, dostat nad pozici tonoucího dříve, než je loď vodní záchranné služby, HZS ČR nebo Policie ČR usazena na vodu.

2.6.6 Doprava zdravotnických technologií a materiálu

Při osazení UA zdravotnickým a humanitárním materiálem, lze doručovat potřeby pro přednemocniční lékařskou péči do míst, která nejsou příliš hustě osídlena a dojezd pozemního týmu ZZS je na hranici maximální možné dojezdové doby. [31]

3 CÍL PRÁCE

3.1 Výzkumný cíl

Výsledkem výzkumného záměru práce je navržení jednotného systému provozování bezpilotních letadel složkami IZS při provádění záchranných a likvidačních prací, při současném trendu rychlého rozvoje bezpilotních systémů v oblasti ochrany obyvatelstva.

Důraz výzkumu je kladen především na legislativní možnosti provozování bezpilotních systémů, rychlý vývoj možných přídatných technologií pro bezpilotní letadla za účelem ochrany obyvatelstva, a také na zvýšenou dostupnost těchto systémů pro potřeby složek IZS a ostatních právnických a fyzických osob.

Základním východiskem výzkumu je bezpečnost, a to zejména ve vztahu ke zvýšení bezpečnosti zasahujících složek IZS a obyvatelstva při provádění záchranných a likvidačních prací při použití jednotného systému provozu bezpilotních prostředků. Význam bezpečnosti je zohledněn také z pohledu bezpečnosti letového provozu bezpilotních systémů a letadel v okolí mimořádných událostí, a to jak ze strany zasahujících složek IZS, tak i dalších přímo či nepřímo zúčastněných osob v okolí mimořádné události.

3.2 Výzkumná otázka

Hlavní výzkumná otázka, kterou se diplomová práce zabývá, je zaměřená na definování vztahu pracovníků jednotlivých složek IZS k problematice nasazování a provozování UA k záchranným a likvidačním pracím. Další výzkumné podotázky se zaměřují na vnímání potenciálu UA a na otázku, zdali lze vytvořit koncept jednotného provozu UA ve prospěch složek IZS dle potřeb pracovníků jednotlivých složek IZS.

3.2.1 Hlavní výzkumná otázka

„Jak přispívají bezpilotní letadla k zefektivnění a vyšší bezpečnosti záchranných a likvidačních prací?“

3.2.2 Výzkumné podotázky

Výzkumná podotázka číslo 1:

„Jak vnímají potenciál nasazení UA pracovníci složek IZS?“

Výzkumná podotázka číslo 2:

„Lze navrhnout vhodný model provozu UA ve prospěch složek IZS?“

4 METODIKA

Pro dosažení výzkumného cíle práce byl na základě analýzy podkladů o dosavadním nasazení UA sestaven autorem práce dotazník pro pracovníky složek IZS. Následně byla autorem práce provedena SWOT analýza a multikriteriální analýza.

4.1 Dotazníkové šetření

Dotazník k problematice využívání UA složkami IZS byl sestaven s využitím statických přehledů HZS Pardubického kraje a dalších dostupných referencí ze zásahů HZS ČR. Na jejich základě byly identifikovány ty mimořádné události, při kterých byl UA nasazen. Následně byly tyto zásahy ve spolupráci s plk. Ing. Tomášem Kubínem (odpovědná osoba za provoz UA u HZS Pardubického kraje) analyzovány a na jejich základě byly následně utvořeny otázky pro dotazníkové šetření.

Ze statistik HZS Pardubického kraje (HZS PAK) byla nejčastější mimořádnou událostí (za roky 2019 a 2020), u které bylo UA nasazeno, požár. K události požár vyjížděl HZS PAK v roce 2019 a 2020 s bezpilotním letadlem se záznamovým zařízením v barevném i termografickém spektru celkem desetkrát, následně pětkrát k MU pohřešování a pátrání po osobě a jednou k MU povodeň. Z dalších dostupných údajů HZS ČR a dalších provozovatelů UA ve prospěch složek IZS, lze identifikovat, že v současné době se UA používají nejčastěji při MU typu požár, pátrání po osobě, povodeň a dopravní nehoda.

Datum vzniku	Popis typu	Místo události
23.02.2017 11:23	požár Poličské strojírny	Svitavy, Polička, Horní P
08.07.2019 14:10	požár strniště	Pardubice, Choltice, Ch
23.07.2019 13:20	požár pole, za kravínem, 20m2	Pardubice, Choteč, Chot
25.07.2019 12:25	požár lesa	Ústí nad Orlicí, Dolní M
26.07.2019 13:44	požár pole, za kravínem, 20m2	Pardubice, Sezemice, Dr
01.11.2019 7:15	požár sušky	Pardubice, Semtín-sever
20.11.2019 18:55	pohřešování osoby	Ústí nad Orlicí, Orlické P
06.12.2019 17:36	DN OA , pátrání po osobě	Ústí nad Orlicí, Leština, l
08.12.2019 0:05	požár RD	Pardubice, Sovolusky, Sc
16.02.2020 16:30	požár skládky	Pardubice, Zdechovice, .
17.02.2020 8:36	ptačí chřipka	Pardubice, Slepotice, Sle
21.04.2020 1:32	požár skládky	Pardubice, Zdechovice, .
03.05.2020 21:30	požár skládky	Pardubice, Chvaletice, E
15.06.2020 17:50	požár pneumatik	Pardubice, Jedousov, Je
29.06.2020 2:45	lokální povodně	Pardubice, Dolní Roveň,
13.08.2020 10:10	odchyt papouška na stromě	Svitavy, Morašice, Řikov
13.09.2020 17:07	Dezinfekce sanatoria	Pardubice, Holice, Holic
22.10.2020 11:26	pohřešovaný senior	Ústí nad Orlicí, Dolní M
01.11.2020 5:30	DN - havárie do stromu, pátrání po osobách	Ústí nad Orlicí, Vinary, V
04.11.2020 9:39	vyhledávání pohřešované osoby	Pardubice, Mnětice, Par

Obrázek 17 - HZS Pardubického kraje 2019-2020 MU s nasazeným UA [Poskytnuto HZS PAK – plk. Kubín]

Dotazník byl rozdělen do tří částí. První část zjišťovala základní informace o účastnících šetření a obsahovala informativní otázky ohledně pracovní příslušnosti, věku a zkušeností respondentů s nasazováním bezpilotních systémů a o jejich vztahu k zjišťované problematice. Druhá část zjišťovala názory účastníků na využití, dislokaci a výbavu bezpilotních letadel ve prospěch IZS. Ve třetí část se účastníci měli vyjádřit k jednotlivým možnostem nasazení a osazení bezpilotních letadel technologiemi pro výkon činností na místě mimořádné události. K hodnocení byla použita bodová škála 1 (zbytečné) až 10 (užitečné). Respondenti přidělením příslušného počtu bodů vyjadřovali svůj názor na účelnost nasazení UA při jednotlivých typech MU.

Pro srozumitelnost šetření byl v otázkách pojem bezpilotní systém, letadlo a prostředek doplňován i o laicky pochopitelné a hojně používané slovo „dron“, aby se i osoby bez znalostí problematiky bezpilotních systémů orientovali v položených otázkách.

Dotazníkové šetření proběhlo formou on-line Google formuláře. Požadavek na vyplnění byl rozeslán prostřednictvím tiskové mluvčí a další pracovníky HZS České republiky, poskytovatele ZZS, Policie ČR, JPO obcí a podniků. Stejnou formou byli osloveni odborníci z oblasti krizového řízení ČVUT FBMI a Policejní akademie České republiky v Praze

Dotazníkového šetření se zúčastnilo celkem 276 osob. Největší podíl z nich tvořili příslušníci HZS ČR (66,3 %), členové ZZS (14,1 %) a příslušníci Policie ČR (5,8 %). Dále se šetření zúčastnili zástupci odborné veřejnosti z oblastí IZS, ochrany obyvatelstva, krizového řízení (4,3 %), členové JPO obce (3,6 %), členové JPO podniku (3,3 %) a veřejnost (2,5 %).

Nejčastější role dotazovaných při řešení mimořádné události, byla pozice velitele zásahu, kterou zastávalo 124 dotazovaných. Operačních důstojníků se zúčastnilo 5 a tzv. „mokrých“ hasičů 42. Dalších odborníků podílejících se na řešení MU bylo 83. Respondentů, které se na provádění záchranných a likvidačních pracích vůbec nepodílejí, bylo 22.

Jedna třetina dotazovaných uvedla, že jejich věk je v rozmezí „31-40“ let a druhá třetina respondentů pak za svůj věk označila rozmezí „41-50 let“. Necelých 16 % respondentů svůj věk označuje jako „50 let“ a více. Opačné spektrum věkových skupin pak zajišťovalo 13,4 % respondentů, kteří za svůj věk označili možnost „35-40 let“ a 4,3 % respondentů, kteří se označili za osoby ve věku „18-24 let“.

4.2 SWOT analýza nasazení UA složkami IZS

Na základě výsledků dotazníkové šetření, analýzy nákladů na pořízování a provoz bezpilotních systémů a pilotovaných letadel byly vytyčeny silné a slabé stránky nasazení bezpilotních letadel při mimořádných událostech. Příležitosti a hrozby tohoto nasazení byly pak následně konzultovány s plk. Ing. Tomášem Kubínem, poté byla stanovena bodová ohodnocení kritérií SWOT analýzy jednotného systému provozování UA výkonnými složkami IZS při mimořádných událostech.

4.3 Multikriteriální analýza

Na základě zjištěných finančních, personálních a technických kritérií pro provoz nejčastěji používaného bezpilotního letadla Matrice 210 a vrtulníku Policie ČR byla provedena multikriteriální analýza. Omezení analýzy se vztahuje pouze na nasazení pilotovaného či dálkově pilotovaného letadla u mimořádných událostí, u kterých je možné nasadit oba typy letadel (nezahrnuje se provoz letecké záchranné služby při transportu obětí a záchranářů z či na místo MU).

Pro stanovení vah kritérií byla použita metoda pořadí podle důležitosti (od nejdůležitějšího po nejméně důležité). Následně byl těmto kritériím přiřazen autorem příslušný počet bodů b_i (nejdůležitější 10 bodů), kterým vznikl koeficient významu kritéria. Váha kritéria v_i vzejde z podílu koeficientu významu kritéria a součtu všech přidělených bodů každému z kritérií.

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^k b_i},$$

Obrázek 18 - Multikriteriální analýza – výpočet váhy kritéria

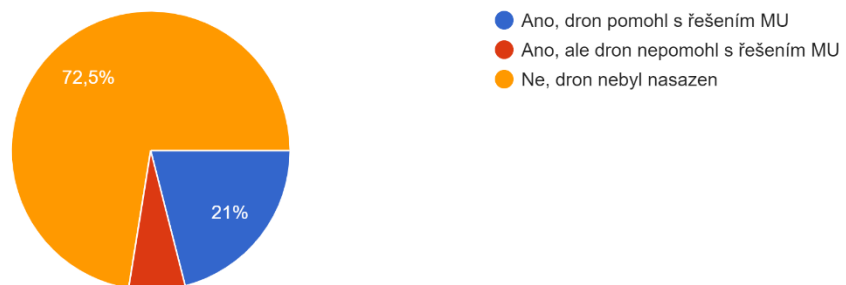
Jednotlivým letadlům jsou následně autorem přiřazeny body b_k za splnění jednotlivých kritérií (minimální pořizovací cena 10 bodů atd.). Výsledné body, které jednotlivé typy letadel za splnění jednotlivých kritérií obdržely, vzejdou ze součinu váhy kritéria v_i a přidělených bodů b_k . Součet výsledných bodů, kterých obě letadla dosáhla, určují pořadí letadel v multikriteriální analýze. Nejvhodnější je ten typ letadla, který dosáhl vyššího počtu bodů.

5 VÝSLEDKY

5.1 Dotazníkové šetření

Z první části výzkumného šetření vyplývá, že z oslovených odborníků má alespoň základní nebo profesionální znalosti v oblasti bezpilotních prostředků 59 % z nich, a to i navzdory tomu, že 72,5 % respondentů se neúčastnilo řešení mimořádné události, při níž byl bezpilotní prostředek nasazen.

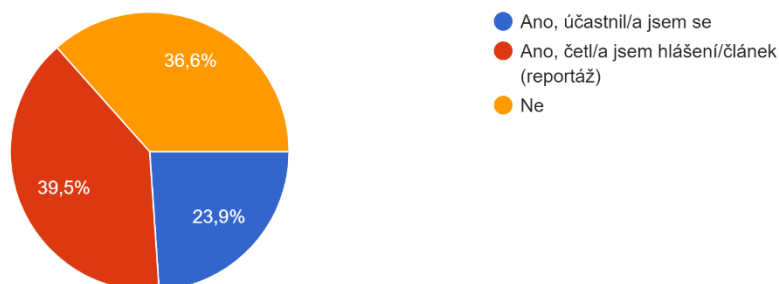
Účastnil/a jste se řešení mimořádné události, při které byl bezpilotní prostředek (dron) nasazen?
276 odpovědí



Obrázek 19 - Výsledný graf průzkumu

V kontrastu tohoto zjištění se ovšem 23,9 % respondentů účastnilo mimořádné události, při které nasazení bezpilotního prostředku bylo vhodné, ale UA nasazen nebyl, navíc 39,5 % respondentů četlo o takové události hlášení.

Účastnil/a jste se řešení mimořádní události (nebo jste o některé četli hlášení, článek/viděli reportáž) při které mohlo být nasazení bezpilotních...středku (dronu) užitečné, ale dron nasazen nebyl?
276 odpovědí



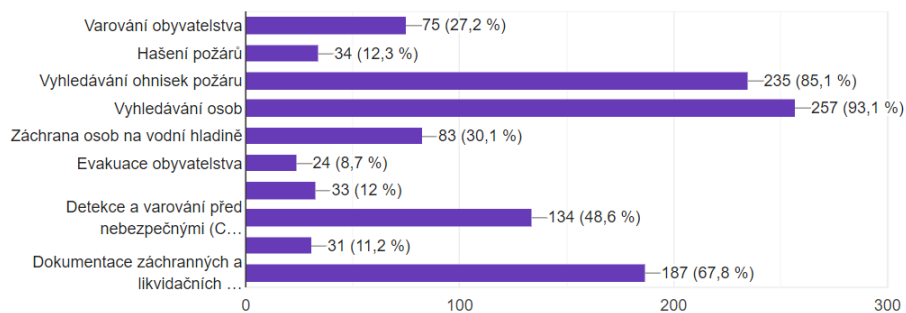
Obrázek 20 - Výsledný graf průzkumu

Druhá část šetření, jenž se zaměřovala na dislokaci a výbavů bezpilotních prostředků, nejprve odhalila, že více jak 80 % dotazovaných vidí jako vhodné použití bezpilotních letadel při požáru (238 respondentů), povodni (231 respondentů) a záchraně pohřešovaných osob (242 respondentů). Nasazení UA při úniku nebezpečných látek shledává 63 % respondentů jako vhodné.

Tato zjištění jsou v souladu s odpověďmi na otázku, ve které se měli respondenti vyjádřit o vhodnosti UA k jednotlivým činnostem na místě MU. Celkem 93,1 % respondentů se vyjádřilo kladně k činnosti vyhledávání osob za pomoci UA. Dalšími dominantními činnostmi složek IZS za přispění UA by podle respondentů měly být vyhledávání ohnisek požáru (85,1 %) a dokumentace záchranných a likvidačních prací (67,8 %). Detekovat a varovat před CBRN látkami by pak měl být schopen bezpilotní prostředek podle 48,6 % dotazovaných. Bepilotní letadlo by mělo být vybaveno pro záchranu osob z vodní hladiny podle 30,1 % respondentů a pro činnosti varování obyvatelstva podle 27,2 % dotazovaných.

K jakým činnostem ve prospěch složek IZS by měl být univerzální bezpilotní prostředek (dron) vybaven?

276 odpovědí

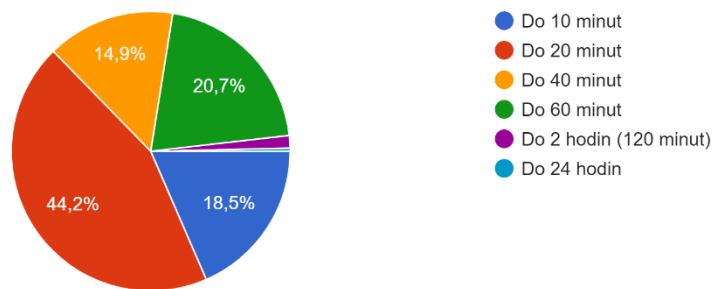


Obrázek 21 - Výsledný graf průzkumu

Otázkou dislokace UA a převedení UA do hotového stavu pro plnění úkolů na místě MU se zabývaly následující otázky druhé části šetření. Celkem 62,7 % dotázaných se v otázce dostižitelnosti UA na místě MU shodlo na časovém limitu maximálně do 20 minut od vyslání požadavku na UA.

Do kolika minut by měl být vhodný bezpilotní prostředek (dron) na místě mimořádné události od vyslání požadavku na jeho nasazení?

276 odpovědí

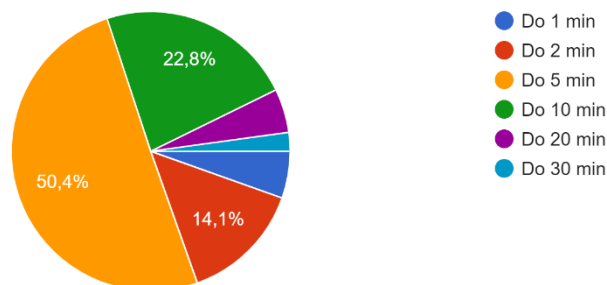


Obrázek 22 - Výsledný graf průzkumu

Do hotového stavu pro nasazení by pak UA měl být podle 69,9 % převeden do 5 minut od příjezdu či přiletu bezpilotního letadla na místo mimořádné události. Pokud by se časový limit hotového stavu UA posunul na hodnotu maximálně 10 minut, rozroste se výše zmíněný procentní podíl o dalších 22,8 % na 92,7 % dotazovaných.

Do kolika minut od příjezdu na místo mimořádné události by měl být bezpilotní prostředek připraven k plnění úkolů?

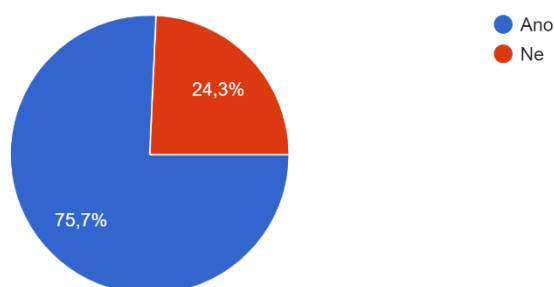
276 odpovědí



Obrázek 23 - Výsledný graf průzkumu

Z hlediska bezpečnosti místa zásahu byla koncipována otázka, zdali si respondenti myslí, že velitel zásahu by měl mít pravomoc rozhodnout o omezení letového prostoru nad místem mimořádné události. Důvodem je zejména stále větší počet UA mezi novináři a obyvateli, kteří se pokouší o pořízení záběrů místa mimořádné události z ptáčích perspektivy. Tímto jednáním však mohou ohrozit nejen nasazené prostředky složek IZS, ale i samotné zasahující osoby a další účastníky MU. Více jak 75 % dotázaných se proto vyjádřilo, že velitel zásahu by pravomoc o omezení letového provozu mít měl.

Měl by mít velitel zásahu pravomoc rozhodnout o omezení letového prostoru nad místem mimořádné události?
276 odpovědí



Obrázek 24 - Výsledný graf průzkumu

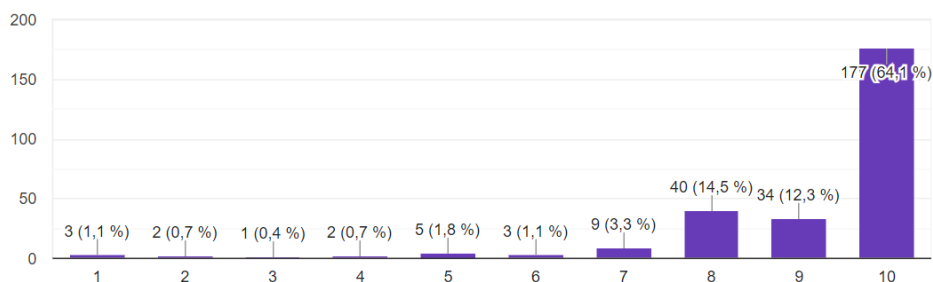
Ve třetí části dotazníkového šetření měli respondenti vyjádřit svůj názor na vhodnost využití bezpilotních letadel při řešení různých typů mimořádných událostí a na škále 1 (zbytečné) až 10 (prospěšné) udělit počet bodů, které se následně sčítaly. Maximálně tak jednotlivé příklady nasazení mohly dosáhnout hodnoty 2760 bodů. Pro lepší ilustraci činnosti byl ke každému hodnocení přiložen názorný obrázek využití UA.

První dotaz byl vznesen na využití UA osazeného záznamovým zařízením, které zaznamenává obraz v barevném spektru, jenž dokáže přenášet obrazový záznam veliteli zásahu. Respondenti udělili této technologii celkem 2520 bodů (relativně 91 %).

Živý video přenos místa MU z ptačí perspektivy pro velitele zásahu



276 odpovědí

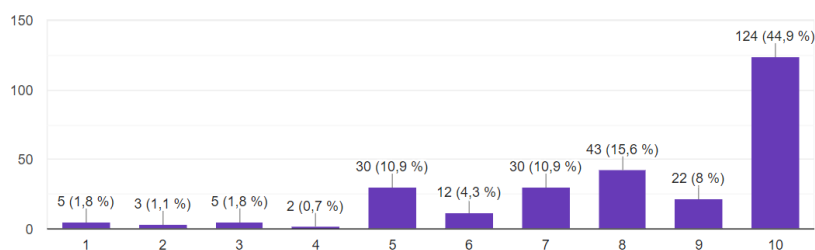


Obrázek 25- Výsledky otázky č.1; 3. část dotazníkového šetření

Dále se respondenti vyjádřili k praktičnosti bezpilotního letadla osazeného dektroy CBRN látek. Účastníci výzkumu podpořili toto nasazní 2248 body (relativně 81 %).

Detekce druhu a koncentrace CBRN látek (při osazení dronu CBRN detektory)

276 odpovědí



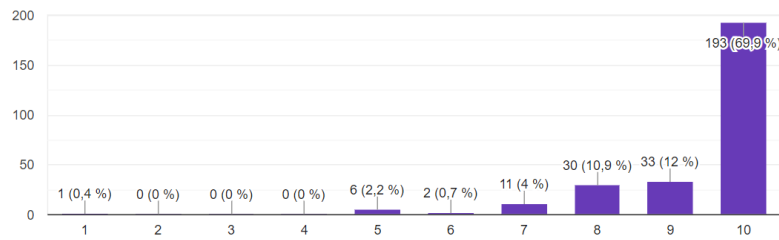
Obrázek 26- Výsledky otázky č.2; 3. část dotazníkového šetření

Názor respondentů na vhodnost praktického nasazení bezpilotní letadla osazeného záznamovým zařízením, který zaznamenává a přenáší obraz v infračerveném spektru byl vyjádřen ve třetí otázce. Kombinace UA s termografickým přenosem byla podpořena 2587 body (relativně 94 %).

Živý termografický obraz požářiště (osazení dronu termokamerou)



276 odpovědí

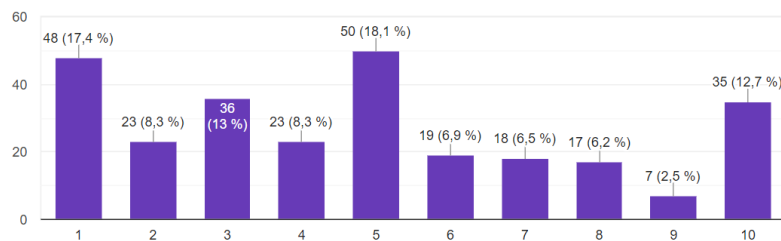


Obrázek 27- Výsledky otázky č.3; 3. část dotazníkového šetření

K použití technologií bezpilotních prostředků za účelem hašení požáru výškových budov formulovali svoji odpověď účastníci průzkumu v následující možnosti nasazení UA, které obdrželo nejmenší počet bodů 1333 (relativně 48 %).

Hašení požáru výškových budov za pomoci bezpilotního prostředku (dronu)

276 odpovědí

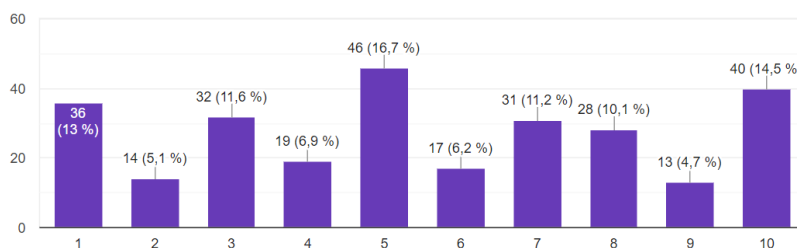


Obrázek 28- Výsledky otázky č.4; 3. část dotazníkového šetření

Pro vysoce aktuální problematiku let 2020 a 2021 dekontaminace (zvýšený počet zásahu objektových a jiných dekontaminací v souvislosti s rozšířením nemoci SARS COV-2) byl formulován dotaz na využití bezpilotních letadel k dekontaminaci osob, vozidel a zamořených prostor, kterému respondenti udělili 1526 bodů (relativně 55 %).

Dekontaminace osob/vozidel/věcí/objektů za pomoci dronu

276 odpovědí

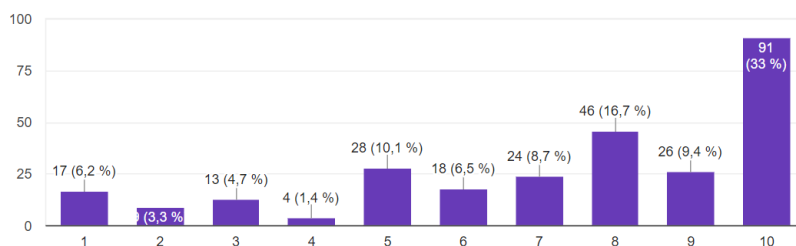


Obrázek 29- Výsledky otázky č.5; 3. část dotazníkového šetření

K problematice nasazení bezpilotních letadel k hašení požáru v nebezpečných prostorech (např. muničních skladech) se vyjadřovali respondenti dotazníkového šetření v počtu 2018 bodů (relativně 73 %).

Hašení požáru v nebezpečných prostorech (např. muniční sklad) za pomoci dronu

276 odpovědí



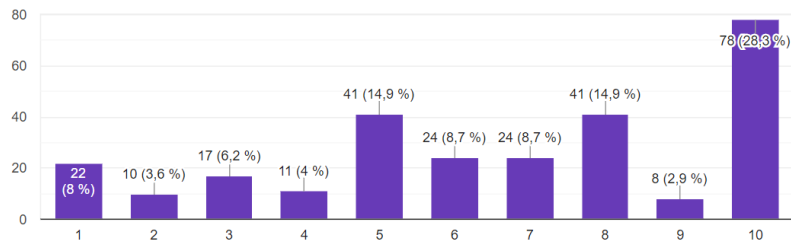
Obrázek 30-Výsledky otázky č.6; 3. část dotazníkového šetření

Problematiku využívání autonomních bezpilotních letadel k rychlé dopravě AED (automatický defibrilátor) a základního zdravotnického materiálu zahrnovala možnost číslo 7, která obdržela 1834 bodů (relativně 66 %).

Rychlá doprava AED (automatický defibrilátor) a základního zdravotnického materiálu za pomoci autonomního bezpilotního prostředku (dronu) na místo mimořádné události.



276 odpovědí

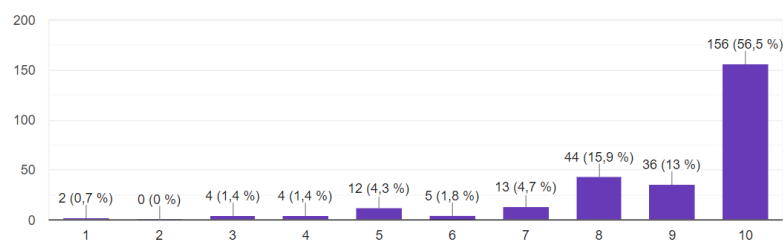


Obrázek 31- Výsledky otázky č.7; 3. část dotazníkového šetření

Praktičnost UA osazeného vyhledávacím zařízením pro záchranné práce po závalech lavinou nebo kolapsu budov byla zjišťována v osmé konfiguraci potenciálního nasazení UA, která byla ohodnocena 2447 body (relativně 89 %).

Pátrání po osobách (např. zával lavinou, kolaps budovy) za pomoci vyhledávacích zařízení na bezpilotním prostředku (dronu).

276 odpovědí

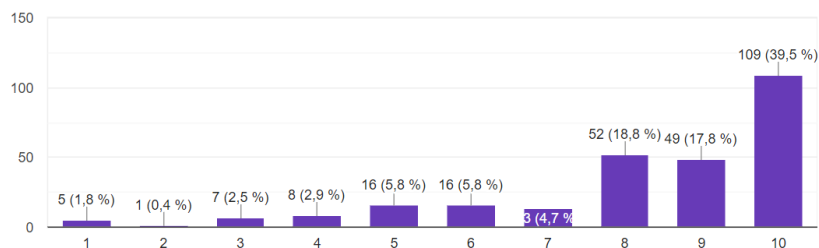


Obrázek 32 - Výsledky otázky č.8; 3. část dotazníkového šetření

Rozvoji možností nasazení prvků rozšířené a mixované reality v praxi při řešení MU byly věnovány následující dvě otázky průzkumu. Nejprve byla hodnocena praktičnost použití prvků rozšířené reality (AR) při pohledu na místo mimořádné události z bezpilotního letadla pro velitele zásahu a operační a informační středisko. Kombinace AR spolu s UA obdržela 2274 bodů (relativně 82 %).

Pohled na místo mimořádné události s prvky rozšířené reality (geografický přehled, infrastruktura, lokace záchranářů a obětí) z bezpilotního prostředku (dronu) pro velitele zásahu a OPIS (viz foto)

276 odpovědí

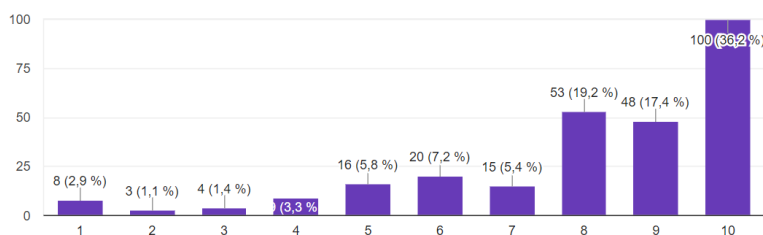


Obrázek 33- Výsledky otázky č.9; 3. část dotazníkového šetření

Následně byla pozornost zaměřena i na využití reality mixované, při jejímž použití lze prvky rozšířené reality interagovat. Otázka byla vznesena na praktičnost koordinace jednotek požární ochrany při lesních požárech za pomoci mixované reality při přenosu vývoje požáru do štábu velitele zásahu (OPIS) za pomoci monitorace rozvoje požáru bezpilotními letadly. Konfigurace MR spolu s daty získanými UA obdržela v hodnocení 2223 bodů (relativně 81 %).

Koordinace jednotek při lesních požárech za pomoci mixované reality (přenos vývoje požáru do štábu velitele zásahu/OPIS za pomoci monitorace rozvoje požáru bezpilotními prostředky).

276 odpovědí

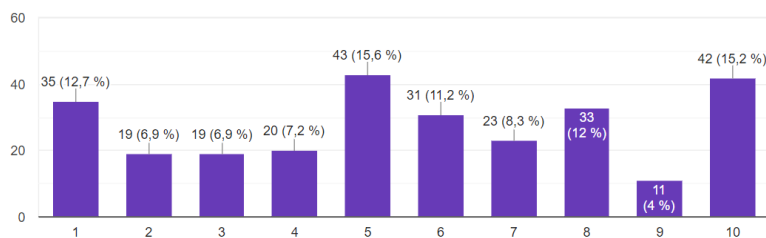


Obrázek 34- Výsledky otázky č.10; 3. část dotazníkového šetření

Problematiku nouzového zásobování vodou a potravinami dodávanými UA postihovala možnost nasazení číslo 11, pro kterou bylo hlasováno v počtu 1555 bodů (relativně 56 %).

Distribuce nouzového zásobování vodou a potravinami (humanitární pomoci) v nepřístupných oblastech za pomoci bezpilotních prostředků.

276 odpovědí

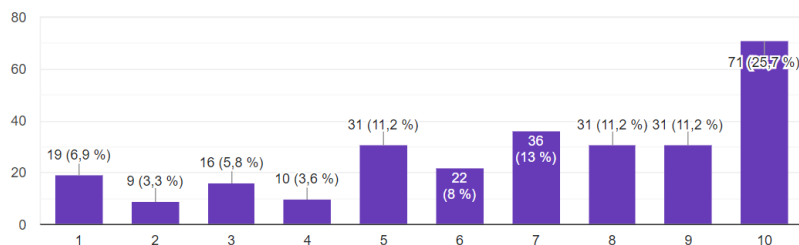


Obrázek 35- Výsledky otázky č.11; 3. část dotazníkového šetření

Záchrana tonoucí osoby na vodních plochách (včetně zamrzlých) za pomoci bezpilotního letadla byla z pohledu prospěšnosti zkoumána ve dvanácté konfiguraci nasazení, která obdržela od respondentů 1901 bodů (relativně 69 %).

Záchrana tonoucí osoby na vodních plochách (včetně zamrzlých) za pomoci bezpilotního prostředku (dronu).

276 odpovědí

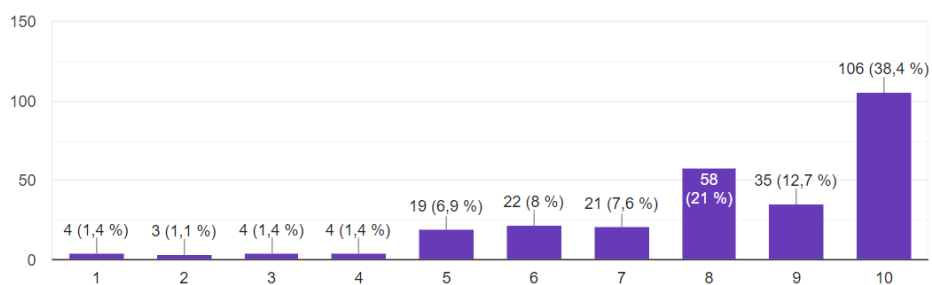


Obrázek 36- Výsledky otázky č.12; 3. část dotazníkového šetření

Poslední konfigurace průzkumu pak požadovala názor respondentů na možnost nasazení bezpilotního letadla k monitoraci rozsáhlého uzavřeného perimetru okolí místa mimořádné události a zvýšené kumulaci osob. Tato možnost obdržela 2251 bodů (relativně 82 %).

Monitorace rozsáhlého uzavřeného perimetru okolí místa mimořádné události/monitoring davu, za pomoci bezpilotního prostředku (dronu)

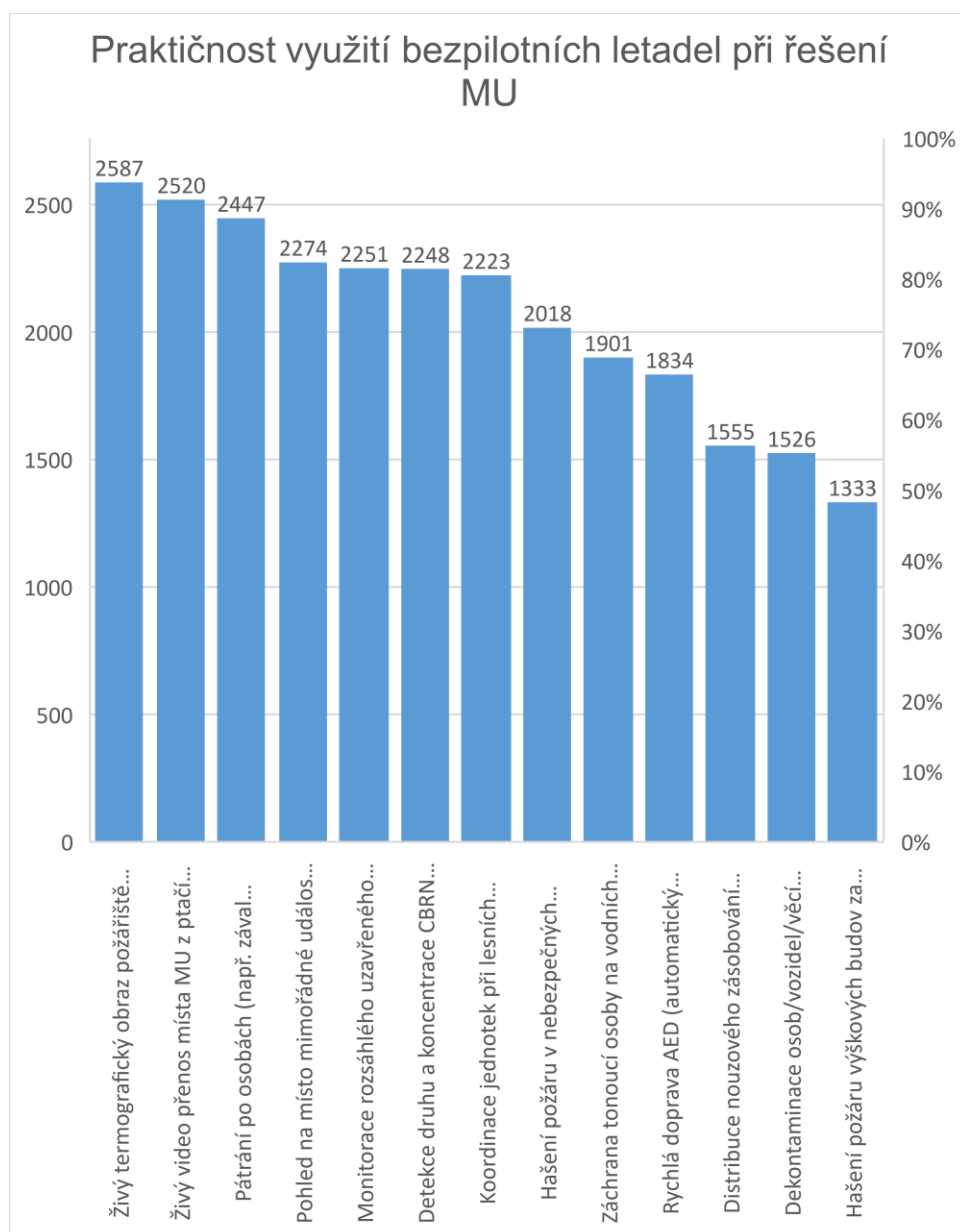
276 odpovědí



Obrázek 37- Výsledky otázky č.13; 3. část dotazníkového šetření

Výsledkem třetí části dotazníkového šetření jsou data, kdy je jednotlivým konfiguracím k činnostem při mimořádných událostech přiřazen počet dosažených bodů. Maximální možný počet dosažených bodů byla hodnota 2760 bodů, kterou nedosáhla žádná z konfigurací.

Tabulka 1 - Výsledky 3. části průzkumu – počet získaných bodů

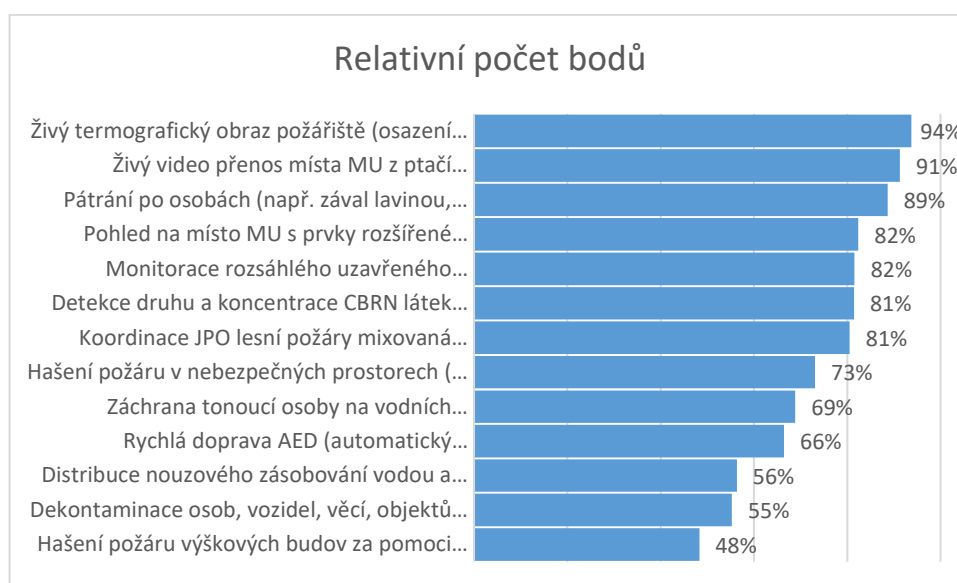


Výsledné body byly následně převedeny na relativní hodnotu v procentech, která byla získána z maximálního počtu možných dosažených bodů 2760 bodů (100 %). Dosažené relativní hodnoty byly následně zařazeny do intervalů významnosti, které určují vhodnost pořizování a nasazování technologií spolu s bezpilotním letadlem v rámci jednotného systému provozu UA při provádění záchranných a likvidačních prací.

Intervaly významnosti určují prioritu nasazení konfigurací pro nasazení v jednotlivých konfiguracích nasazení UA při MU a byly stanoveny v intervalu 11procentních bodů.

1. Interval významnosti – relativně dosaženo 100 % - 89 % bodů;
2. Interval významnosti – relativně dosaženo 88 % - 77 % bodů;
3. Interval významnosti – relativně dosaženo 76 % - 65 % bodů;
4. Interval významnosti – relativně dosaženo 64 % - 53 % bodů;
5. Interval významnosti – relativně dosaženo 52 % - 41 % bodů;
6. Interval významnosti – relativně dosaženo 40 % - 39 % bodů.

Tabulka 2 - Výsledky 3. části průzkumu – relativní počet získaných bodů



Do 1. intervalu významnosti se zařadily konfigurace, které využívají termografického a záznamového zařízení na UA, a také vybavené senzory pro vyhledávání v lavinách a závalech.

Ve 2. intervalu významnosti konfigurací se nalézají prvky AR a MR pro koordinaci složek IZS velitelem zásahu. Dále se sem zařadily možnosti nasazení UA při osazení CBRN detektory a UA s dlouhou dobou letu a záznamovým zařízením, která jsou schopna monitorovat rozsáhlá území.

Pro 3. interval významnosti konfigurací byly identifikovány ty, při kterých je UA vybaven k hašení požárů v nebezpečných prostorech, záchraně tonoucí osoby a přepravě AED a zdravotnického materiálu.

Do 4. intervalu významnosti konfigurací se zařadily ty, při kterých je UA vybaveno k distribuci nouzové zásoby vody a potravin, nebo dekontaminaci kontaminovaných osob, vozidel a prostor.

Jediná možnost konfigurace, a to při osazení letadla k hašení výškových budov, byla identifikována v 5. interval významnosti a do 6. intervalu významnosti se již nezařadila žádná z možností.

Nejčastější hodnoty bodů (modus souboru), které účastníci dotazníkového šetření ve třetí části udělovali, byly pouze hodnoty 5 (neutrální hodnocení) a 10 (extrémně pozitivní hodnocení). Z toho zjištění lze usuzovat, že povědomí účastníků šetření o využívání UA při záchranných a likvidačních pracích zatím není příliš rozšířené.

Prostřední hodnota udělených bodů koresponduje s relativním dosaženým počtem bodů u jednotlivých konfigurací.

Tabulka 3 - Výsledky 3. části průzkumu – nejčastěji zvolená hodnota a střední hodnota

	Živý video přenos místa MU z ptací perspektivy pro velitele zásahu	Detekce druhu a koncentrace CBRN látek (při osazení dronu CBRN detektory)	Živý termografický obraz požářiště (osazení dronu termokamerou)	Hašení požáru výškových budov za pomoci bezpilotního prostředku (dronu)	Dekontaminace osob/vozidel/věcí/objektů za pomoci dronu	Hašení požáru v nebezpečných prostorech (např. muniční sklad) za pomoci dronu	Rychlá doprava AED (automatický defibrilátor) a základního zdravotnického materiálu za pomoci autonomního bezpilotního prostředku (dronu) na	Pátrání po osobách (např. zával lavinou, kolaps budovy) za pomoci vyhledávacích zařízení na budovy)	Pohled na místo mimořádné události s prvky rozšířené reality (geografický přehled infrastruktura.	Koordinace jednotek při lesních požárech za pomoci mixované reality (přenos vývale požáru do štábu	Distribuce nouzového zásobování vodou a potravinami (humanitární pomoci) v nepřístupných	Záchrana tonoucí osoby na vodních plochách (včetně zamrzlých) za pomoci bezpilotního	Monitorace rozsáhlého uzavřeného perimetru okolí místa mimořádné události/monitoring davu, za pomoci bezpilotního prostředku (dronu)
modus	10	10	10	5	5	10	10	10	10	10	5	10	10
medián	10	9	10	5	5	8	7	10	9	9	6	7	9

5.2 SWOT analýza

Silné a slabé stránky nasazení UA složkami IZS ve SWOT analýze se opíraly především o údaje zjištěné z dotazníkového šetření a analýzy nákladů na provoz a pořízování bezpilotních letadel a pilotovaných letadel.

Pro veškerou činnost letecké služby Policie ČR a letecké záchranné služby, však nelze nahradit pilotovaná letadla bezpilotními systémy. Pro činnosti zahrnující transport raněných osob, dopravu zasahujících složek IZS na místo, nebo pro hašení rozsáhlých lesních požárů bude v současné a budoucí praxi nutné nasazovat pilotovaná letadla PČR a LZS, avšak k některým činnostem lze namísto dosavadní praxe nasazování vrtulníků při činnostech na místě MU uvažovat o využití jednotného systému provozování bezpilotních letadel. Pro potřeby SWOT analýzy tak byly v potaz brány pouze nasazení k činnostem, které lze zajišťovat jak UA, tak pilotovanými letadly. Mezi silné stránky nasazení bezpilotních letadel v rámci IZS vůči nasazování pilotovaných letadel byly pro SWOT analýzu identifikovány faktory, viz Tabulka 5.

Tabulka 4- SWOT analýza – silné stránky

1.	Cenová dostupnost pořízení UA
2.	Nízké provozní náklady
3.	Cenově dostupný výcvik personálu, možnost autonomních letů
4.	Nízké následky škod v případě pádu UA při zásahu u MU

Do slabých stránek nasazení bezpilotních letadel v rámci IZS vůči nasazování pilotovaných letadel byla zařazeny tyto vlastnosti (Tabulka 6).

Tabulka 5- SWOT analýza – slabé stránky

1.	Nízká nosnost
2.	Nízká výdrž letu
3.	Malý operační rádius
4.	Nízká variabilita přídavného vybavení

Příležitosti pro zlepšení současného provozu UA ve prospěch složek IZS byly nalezeny zejména za účelem sjednocení celého systému provozu UA.

Tabulka 6- SWOT analýza – příležitosti ke zlepšení

1.	Plošný nákup a provozování UA u IZS
2.	Rychlý vývoj technologií a variability přídavného zařízení
3.	Jednotný systém U-SPACE
4.	Smluvní zajištění UA (plánovaná pomoc na vyžádání)

Hrozby současného i budoucího provozování byly pro potřeby SWOT analýzy identifikovány zejména v kontextu narušení letových schopností UA.

Tabulka 7- SWOT analýza – hrozby

1.	Riziko pádu a zničení
2.	Letové omezení při nepříznivých povětrnostních podmínkách
3.	Selhání operačního systému, převzetí kontroly, aktualizace
4.	Nárůst letového provozu (bezpilotní i pilotovaný)

Stanovení silných a slabých stránek, příležitostí a hrozeb spolu s výpočty pro vnitřní, vnější, pomocné a škodlivé faktory jsou obsaženy v příloze číslo 3.

Výsledný výpočet SWOT analýzy pro využití UA při činnostech složek IZS vychází v záporné hodnotě – 0,4. Současný systém provozování UA při činnostech IZS vykazuje zásadní nedostatky, které je třeba do budoucna odstranit.

Tabulka 8 - SWOT analýza výsledné hodnoty

	pomocné	škodlivé	součet	celkem
vnitřní	3,2	-3,6	-0,4	-0,4
vnější	3,1	-3,1	0	

5.3 Multikriteriální analýza

Pro potřeby multikriteriální analýzy byly zjištěny pořizovací ceny, náklady na palivo na jednu letovou hodinu, náklady na výcvik posádky, očekávané finanční ztráty při pádu prostředku, minimální personální zabezpečení provozu a akční rádius bezpilotního prostředku Matrice 210 a vrtulníku EC 135.

Vzhledem k tomu, že Policie ČR nevykazuje náklady na amortizaci letadel, pilotáž atp. a nemá stanovenou metodiku, na základě které by bylo možné v každém jednotlivém případě celkovou cenu letové hodiny vrtulníku vypočítat, lze náklady na palivo za letovou hodinu pilotovaného vrtulníku odhadnout orientačně. Cena leteckého paliva JET A1 pro výkon služby vrtulníku Policie ČR EC 135 v roce 2018 při mimořádné události v souvislosti s demonstrací 30. června na okraji dolu Bílina (Louka u Litvínova) činila 15 420,58 Kč na 4 hodiny letu.

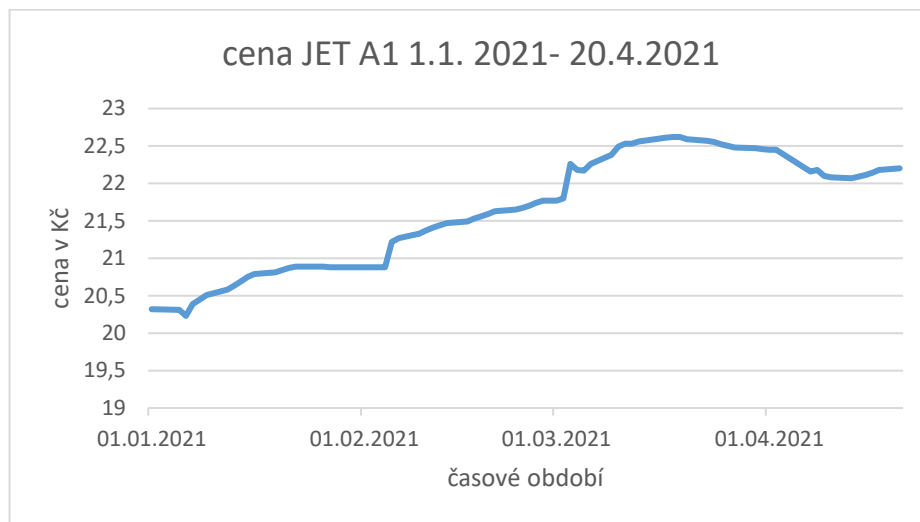


Obrázek 38- Vrtulník Policie ČR Bell [zdroj vlastní]

Při současné spotřebě vrtulníku Policie ČR typu EC 135 200 litrů leteckého paliva JET – A1, jehož průměrná cena byla dle dat ČEPRO a.s. v roce 2021 vypočtena na 21,64 Kč za

jeden litr paliva, lze náklady na jednu letovou hodinu pouze z hlediska paliva určit na 4 760 Kč. Pro vrtulník Policie ČR typu Bell 412, jehož spotřeba paliva JET – A1 je přibližně 350 l/hodinu, je průměrná letová hodina z hlediska nákladů na palivo 7574 Kč (v roce 2021).

Tabulka 9- Vývoj cen JET A1 2021



Náklady na pohonnou hmotu pro hodinu provozu bezpilotního letadla DJI Matrice 210 včetně ovládací stanice (ovladače) při současné průměrné ceně elektřiny 4.76 Kč/kWh jsou vypočteny v tabulce č. 11. K provozu UA jednu letovou hodinu jsou potřeba 2 kusy baterií, a tak výslednou cenou paliva na letovou hodinu jsou 3 Kč.

Tabulka 10- Výpočet nákladů na letovou hodinu na pohonné hmoty UA

Průměrná cena elektřiny	4.76	Kč/kWh
Energie ext. baterie ovladač UA	0.037	kWh
Energie int. baterie ovladač UA	0.054	kWh
Energie ovladač UA celkem	0.091	kWh
Cena nabíjení ovladač UA	0.4	Kč
Energie 1ks baterie UA	0.274	kWh
Cena UA 1ks baterie	1.3	Kč
Cena UA 2ks baterií	2.6	Kč
Cena nabíjení celkem UA	3	Kč

Požizovací ceny, náklady na palivo na jednu letovou hodinu, náklady na výcvik posádky, očekávané finanční ztráty při pádu prostředku, minimální personální zabezpečení provozu a akční rádius bezpilotního letadla Matrice 210 a vrtulníku EC 135 ukazuje tabulka č. 12.

Tabulka 11- Multikriteriální analýza hodnoty kritérií

prostředek	pořizovací cena	Letová hodina: palivo	výcvik posádky	následky pádu	posádka	operační rádius
UA Matrice 210+výbava	350 000 Kč	3 Kč	20 000 Kč	1 000 000 Kč	1	10 km ²
EC 135	103 525 738 Kč	4 760 Kč	3 000 000 Kč	300 000 000 Kč	2	400 km ²

Následně byla autorem práce ohodnocena jednotlivá kritéria podle důležitosti v rámci provozu leteckých prací ve prospěch činností složek IZS.

Tabulka 12 - Multikriteriální analýza pořadí a přiřazení koeficientu významu

pořadí	kritérium	koeficient významu	váha v_i
1.	pořizovací cena	10	0,29
2.	následky pádu	8	0,24
3.	letová hodina – palivo	6	0,18
4.	cena výcviku posádky	5	0,15
5.	operační rádius	3	0,09
6.	posádka	2	0,06
celkem		34	1,00

Konečný výpočet a přidělení bodů jednotlivým provozům bezpilotního prostředku a pilotovanému vrtulníku bylo realizováno přidělením bodů jednotlivým prostředkům v dílčích kategoriích. Maximální možný počet obdržených bodů je 10 a minimální 0. U jednotlivých kritérií byl přiřazen největší počet bodů za MINIMUM pořizovací ceny, MINIMUM za náklady na palivo na jednu letovou hodinu, MINIMUM za náklady na výcvik

posádky, MINIMUM za očekávané finanční ztráty při pádu prostředku, MINIMUM personálního zabezpečení provozu a MAXIMUM akčního rádia.

Tabulka 13 - Multikriteriální analýza výpočet bodů a výsledné pořadí

	UA Matrice 210 – body b_k	EC 135 – body b_k	váha v_i	UA Matrice 210 - výsledné body	EC 135 - Výsledné body
pořizovací cena	10	3	0,29	2,94	0,88
letová hodina – palivo	10	4	0,18	1,76	0,71
cena výcviku posádky	8	3	0,15	1,18	0,44
následky pádu	7	1	0,24	1,65	0,24
posádka	10	9	0,06	0,59	0,53
operační rádius	2	10	0,09	0,18	0,88
celkem	47	30	1,00	8,29	3,68
pořadí				1.	2.

Výsledek multikriteriální analýzy jednoznačně ukazuje, že nasazení vrtulníku Policie ČR k činnostem, při kterých není nutné transportu záchranářů či obětí, lze jednoznačně nahradit bezpilotním prostředkem, a to jak z hlediska provozních nákladů, nákladů na výcvik, tak i z hlediska bezpečnosti a následků pádu. Vhodným pokrytím bezpilotními prostředky se také může zkrátit čas dojezdu prostředku na místo v porovnání s pilotovaným letadlem, které může vzletět jen za vhodných povětrnostních podmínek.

6 DISKUZE

Z provedeného dotazníkového šetření a na základě analýzy doposud vykonaných zásahů složek IZS s využitím bezpilotního letadla lze konstatovat, že současný systém, nejednotného provozu UA při mimořádných událostech bez jednoznačně strukturovaných pravidel, není při budoucím rozvoji bezpilotních systémů dlouhodobě udržitelný a bezpečný. Tyto závěry lze označit za odpověď na hlavní výzkumnou otázku.

Výzkumná podotázka číslo 1 je zodpovězena za pomoci výsledků dotazníkového šetření, tedy že pracovníci složek IZS vnímají určitý potenciál nasazení UA, ale zároveň jim chybí hlubší porozumění reálných možností nasazení UA. Toto tvrzení lze vyčíst z často neutrálního nebo až extrémně pozitivního bodového hodnocení ve třetí části dotazníkového šetření.

Odpovědí na výzkumnou podotázku č. 2 je zkompletovaný návrh jednotného systému provozování UA při provádění záchranných a likvidačních prací složkami IZS.

6.1 Návrh jednotného systému provozu UA složkami IZS

Za účelem sjednocení celé problematiky bezpilotního programu ve prospěch složek IZS, předkládá autor práce svůj vlastní návrh systému pořízování a provozování bezpilotních letadel výkonnými složkami IZS.

6.1.1 Minimální požadavky na UA

Návrh jednotného systému provozování vychází ze tří skupin bezpilotních letadel, které jsou definovány kategorií provozu, třídou UA a variabilitou přídavného zařízení. Dalším kritériem pro vytvoření skupiny je vyhodnocení třetí části dotazníkového šetření, ze kterých vzešlo 5. intervalů významnosti nasazení UA ve prospěch složek IZS.

Tabulka 14 - Jednotný systém provozování UA ve prospěch složek IZS – skupiny 1,2 a 3

skupina UA	způsob letu	kategorie provozu UAS	třída UA	úroveň řízení MU	maximální hmotnost
IZSUA01	pilotovaný dálkově řídicím pilotem/automatický	specifická	C0; C1	taktické	900 g
IZSUA02	pilotovaný dálkově řídicím pilotem	specifická / certifikovaná	C2; C3	operační	25 kg
IZSUA03	pilotovaný dálkově řídicím pilotem	certifikovaná	dle certifikace ÚCL	strategické	dle certifikace ÚCL
	autonomní			taktické	

6.1.1.1 Skupina IZSUA01

Pro mimořádné události, pro které je typická taktická koordinace složek IZS velitelem zásahu, jsou vytypována bezpilotní letadla třídy C0 a C1. Maximální hmotnost letadla je 900 g. UA je provozováno v kategorii specifická s možností automatického provozu, kdy UA letí po předem určené trati definované provozovatelem UA před zahájením daného letu a dálkově řídicí pilot může v případě nutnosti zasáhnout a převzít řízení letu. Bepilotní letadla ve skupině IZSAU01 jsou vybavena zejména technologiemi z intervalu významnosti číslo 1 popřípadě číslo 2 ([kapitola 5 – intervaly významnosti konfigurací pro využití UA při MU](#)). Záznam a přenos obrazu probíhá jak v barevném spektru, tak i v infračerveném. Samozřejmostí je možnost zobrazení místa zásahu s prvky rozšířené reality pro velitele zásahu. Nutná je možnost konfigurovat UA osazením letadla jednoduchými prostředky detekce CBRN látek. Bepilotní letadla skupiny IZSUA01 jsou dislokována tak, aby byla dosažitelná na místě MU do 20 minut od vyslání požadavku. Typicky se tak jedná o dislokaci na územních odborech HZS kraje a Policie ČR. Jejich nasazení může být zajišťováno i smluvně jako plánovaná pomoc na vyžádání jednotkami požární ochrany obce, podniku a jinými subjekty.

6.1.1.2 Skupina IZSUA02

Při mimořádných událostech řízených za pomoci operačního řízení jsou v jednotném systému využívány bezpilotní letadla skupiny IZSUA02. Tato bezpilotní letadla jsou provozována ve třídách C2 a C3. Maximální hmotnost je 25 kg a letadla jsou provozována ve specifické a certifikované kategorii provozu. Výbava letadel skupiny IZSUA02 zahrnuje záznam a přenos obrazu v barevném a infračerveném spektru, prvky AR a MR pro koordinaci složek IZS velitelem zásahu (náhled i pro příslušné OPIS). UA je osazeno CBRN detektory a je schopen delších letových časů než v případě IZSUA02, popřípadě může být letadlo upoutáno napájecím kabelem. Variabilně může být letadlo osazeno i technologiemi ze 3. intervalu významnosti konfigurací pro využití UA při MU, a to konkrétně pro hašení požárů v nebezpečných prostorech, záchraně tonoucí osoby z hladiny a přepravě zdravotnického materiálu. Dislokace skupiny odpovídá dosažitelnosti prostředku do 40 minut, což předurčuje dislokaci těchto prostředků na úroveň krajských ředitelství HZS a krajských ředitelství Policie ČR.

6.1.1.3 Skupina IZSUA03

Nasazení bezpilotních systémů ve skupině IZSUA03 je typické při mimořádných událostech, pro které je nutné strategické řízení zásahu, váha prostředku je větší než 25 kg, nebo je nutný autonomní provoz bezpilotního letadla, které je v této skupině provozováno v certifikované kategorii provozu.

Provozování a dislokaci autonomních UA vybavených AED zajišťuje poskytovatel zdravotnické záchranné služby. Dosažitelnost těchto prostředků by měla být taková, aby splňovala podmínku rychlejší dopravy AED na místo události, kde došlo k zástavě oběhové soustavy pacienta, než kterou je schopen zajistit pozemní tým ZZS nebo tzv. „first-responder“. Podle zjištění Sheldona Chesese v článku „AED on the Fly: A Drone Delivery Feasibility Study for Rural and Remote Out-Of-Hospital Cardiac Arrest“ potvrdil experiment v USA, že bezpilotní letadlo doručí AED rychleji než pozemní tým. Při experimentu se vzdálenost od místa vyslání UA a pozemního týmu k události s podezřením na zástavu oběhové soustavy pohybovala od 6,6 km do 8,8 km. Průměrná doba odezvy od uskutečnění tísňového volání do příjezdu či přiletu na místo události byla

11,2 minut pro pozemní tým a 8,1 minuty pro bezpilotní letadlo. Ve všech čtyřech simulacích dorazil UA s AED rychleji než pozemní tým, a to v rozmezí od 2,1 minuty do 4,4 minuty. Průměrná doba sejmutí AED z UA po aplikaci na figurínu vyškoleným profesionálním „firstresponderem“ byla 35 sekund.

Provoz UA v certifikované kategorii provozu pro mimořádné události, pro které je typické strategické řízení, zajišťuje Záchraný útvar HZS ČR (i smluvně). Jedná se o prostředky s variabilním osazením přídatnými technologiemi pro činnosti detekce CBRN látek, vyhledávání osob, přenos obrazu v různých elektromagnetických spektrech, hašení požáru v nebezpečných prostorech a dlouhou letovou výdrž, jejichž maximální vzletová hmotnost může přesahovat 25 kg. Dosažitelnost UA na místě MU je v časovém rozpětí do tří hodin od vyslání požadavku.

6.1.2 Legislativní vymezení UA v rámci provozu složkami IZS

Provoz bezpilotních letadel složkami IZS při provádění záchranných a likvidačních prací je velice specifickou činností, kterou je nutné vymezit zejména z hlediska bezpečnostních standardů, postupů a přidělení odpovědnosti za provedení bezpečného letu.

Autor navrhuje vymezit účel nasazení UA, pravomoci velitele zásahu, provozovatele UA z řad složek IZS a odpovědnost za provedení letu zákonnými či podzákonnými normami o IZS, o Policii ČR, o požární ochraně a o zdravotnické záchranné službě.

Dálkově řídicí pilot bezpilotního letadla, který provádí záchranné a likvidační práce, musí prokázat zvýšené schopnosti ovládnutí UA oproti ostatním dálkově řídicím pilotům. Své schopnosti musí být zejména schopen prokazovat v náročnějších a méně předvídatelných podmínkách. Autor práce navrhuje jednotný výcvik zvládnutí mimořádných událostí za pomoci UA pro pracovníky složek IZS.

Vyšší bezpečnostní požadavky musí být také kladeny na samotná bezpilotní letadla, která slouží u složek IZS. Jedním z takovýchto požadavků by například mohla být nutnost vybavení UA bezpečnostním padákem, který by se aktivoval v případě ztráty tahu motorů letadla.

Za účelem sjednocení postupu HZS ČR vydal v dubnu roku 2021 generální ředitel HZS ČR Pokyn generálního ředitele Hasičského záchranného sboru ČR ze dne 7.4.2021, kterým se stanovují podmínky provozu bezpilotních systémů u Hasičského záchranného sboru České republiky, který byl však při dokončování práce neveřejným dokumentem, a tak autorovy závěry nemohly být s tímto pokynem konfrontovány.

7 ZÁVĚR

Rozmach bezpilotních systémů přináší potenciál jejich využití do všech oborů lidských činností, kde výjimkou není ani oblast bezpečnosti. Bzpilotní letadla osazená vhodnými přídatnými technologiemi nacházejí své uplatnění při činnostech složek IZS.

Obvykle jsou bezpilotní letadla v oblasti záchranných a likvidačních prací využívána pro zprostředkování pohledu na místo mimořádné události v různých elektromagnetických spektrech z nadhledu. Jednotná pravidla EU pro provozování bezpilotních letadel v dílčích kategoriích a definování třídy bezpilotních prostředků spolu s výzkumem nových technologií umožní využívání bezpilotních letadel i k jiným činnostem.

Takto identifikovanými činnostmi jsou detekce CBRN látek, hašení požárů v nebezpečných prostorech, záchrana tonoucího, doprava AED, pátrání po zavalených osobách a dekontaminace. Z provedené multikriteriální analýzy lze vyvodit, že při mimořádných událostech, při kterých lze volit mezi nasazením UA a pilotovaným letadlem, je nasazení UA výhodnější a méně nákladné.

Pro efektivnost nasazení UA osazených technologií k těmto činnostem je však zapotřebí dopravit UA na místo mimořádné události ve vhodném časovém horizontu. Pořizování UA letadel za účelem jejich využití pouze k jedné ze zmíněných činností s sebou přináší obrovské finanční náklady.

Za účelem dosažení výzkumného cíle předkládá autor práce vlastní jednotný systém provozování UA ve prospěch složek IZS, který je koncipován především za účelem předcházení pozdního příjezdu UA na místo MU, který navíc k dané činnosti není vhodný. Systém definuje tři typy skupin bezpilotních letadel, které jsou definovány kategorií provozu, třídou UA, dislokací a variabilitou přídatných technologií pro činnosti na místě MU a vychází ze zjištěných nedostatků v současném režimu provozu UA složkami IZS, jenž byly odhaleny pomocí SWOT analýzy.

Ke správné funkčnosti navrženého systému musí přispět jednotný legislativní rámec, který zahrnuje odpovědnost za provedení letu i případnou škodu způsobenou UA, pravomoci velitele zásahu, požadavky na vybavení UA složek IZS a absolvování výcviku dálkově řídicího pilota pro činnosti záchranných a likvidačních prací.

Navázání jednotného systému na zákonné a podzákoné normy směřuje ke splnění výzkumného cíle práce, tedy k navržení jednotného, a především bezpečnému systému provozu UA ve prospěch složek s jasně vyhrazenými pravomocemi a odpovědností za provedení letu.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AED – automatický externí defibrilátor

CBRN – chemické, biologické, radiologické a nukleární (látky)

CTOL – konvenční způsob vzletu

EASA – evropská agentura pro bezpečnost v letectví

HZS – hasičský záchranný sbor

IZS – integrovaný záchranný systém

JPO – jednotky požární ochrany

LZS – letecká záchranná služba

MU – mimořádná událost

UA – bezpilotní letadlo

UAS – bezpilotní systém

VTOL – vertikální způsob vzletu

ZZS – zdravotnická záchranná služba

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. BLOM, John. Unmanned Aerial Systems: A Historical Perspective.: Combat Studies Institute Press, 2019. ISBN: 978-1078047692.
2. KRAUZOVÁ, Tereza. Fighting terrorism: surveillance and targeted killing in post-9/11 world. Prague: Charles University, Karolinum Press, 2018. ISBN 978-80-246-3812-6.
3. CORTRIGHT, David, Rachel FAIRHURST a Kristen WALL. Drones and the future of armed conflict: ethical, legal, and strategic implications. Chicago: The University of Chicago Press, 2015. ISBN 978-02-2625-805-8.
4. ŘLP. U-space. Letejtezodpovedne.cz [online]. Řízení letového provozu České republiky, s. p. [cit. 2021-4-27]. Dostupné z: https://letejtezodpovedne.cz/legislativa/co_nas_ceka?clid=268
5. ŘLP, EASA. eRules pro bezpilotní systémy (UAS) (nařízení (EU) 2019/947 a (EU) 2019/945) [online] Úřad pro civilní letectví. In: 8. 4. 2021, s. 299 [cit. 2021-4-27]. Dostupné z: https://www.caa.cz/wp-content/uploads/2021/04/eRules_UAS_CS_08-04-2021_v2-1.pdf
6. U-space Blueprint [online]. In: Evropská unie [cit. 2021-4-27]. Dostupné z: <https://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/reports/U-space%20Blueprint%20brochure%20final.PDF>
7. LNĚNIČKA, Jaroslav. Ustálený přímočarý let. Www.airspace.cz [online]. [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: http://www.airspace.cz/akademie_letectvi/media/2013/08/3-ust%C3%A1len%C3%BD-motorov%C3%BD-let.jpg
8. KOLÁŘ, Ivo, Bezpečnost s profesionály. Říjen 2019. KPKB ČR, 2019, 27 s. ISSN 2336-4793.
9. HOHENLOHE, Stephan zu, Drony: stručně a přehledně: výběr vhodného modelu, ovládání, foto a video, legislativa, Frýdek-Místek: Alpress, 2016, 160 s., ISBN 978-80-7543-234-6.
10. FAHLSTROM, Paul, GLEASON Thomas, Introduction to UAV systems, ed. 4., Chichester: Wiley & Sons Ltd, 2012, 306 s., ISBN 978-1-119-97866-4

11. BARNHART, Richard, Stephen HOTTMAN, Douglas MARSHALL a Eric SHAPPEE. INTRODUCTION TO UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS. London: CRC Press, 2012. ISBN 978-1-4398-3521-0
12. PRIMOCO UAV ONE 150. Uav-stol.com [online]. [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://uav-stol.com/cs/primoco-uav-one-150/>
13. TADOKORO, Satoshi. Disaster Robotics: Results from the ImPACT Tough Robotics Challenge [online]. Springer International Publishing, 2019 [cit. 2021-4-27]. ISBN 9783030053208. Dostupné z: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/cvut/search.action?plsbn=9783030053208>
14. KARDASZ, Piotr, Jacek DOSKOCZ, Mateusz HEJDUK, Paweł WIEJKUT a Hubert ZARZYCKI. Drones and Possibilities of Their Using [online]. , 7 [cit. 2021-4-27]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/305273853_Drones_and_Possibilities_of_Their_Using doi:10.4172/2165-784X.1000233
15. 114/20 Novela zákona o civilním letectví a dalších souvisejících zákonů. In: 2021. Dostupné také z: <https://www.komora.cz/legislation/114-20-novela-zakona-o-civilnim-letectvi-a-dalsich-souvisejicich-zakonu-t10-9-2020/>
16. TALLO, Anton, BOHRNOVÁ, Mária, HAJDÚKOVÁ, Tatiana, Bezpilotné prostriedky vo vybraných službách policie, Bratislava: Akadémia Policajného Zboru v Bratislave, 2018, 370 s., ISBN 9788080547585
17. POHŮNKOVÁ, Kateřina. Drony pomáhají a ulehčují práci. Měsíčník Policista. 2020, 26(6/2020). ISSN 1211-7943.
18. Policie ČR: Vybavení Letecké služby PČR novými drony [online]. Policie České republiky [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=74xcwpvaazg>
19. STRAKOŠ, Jiří. Uplatnění bezpilotních letounů u hasičů. 112. Praha: MV GŘ HZS, 2019, 18(1(2019)). ISSN 1213-7057.
20. CULP, Jennifer. Drones and the Government. New York: Rosen Publishing Group, 2017. ISBN 9781508173472.
21. KARAS, Jakub. Drony a pokrok ve využití v IZS. Security magazín: časopis pro vaši bezpečnost. Praha: FAMily media, 2016, 22(2(2016)). ISSN 1210-8723.

22. PAŠKOVÁ, Miroslava. Horská služba ve Špindlerově Mlýně se seznámila s možnostmi UAV. www.ozbrojeneslozky.cz [online]. [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <http://www.ozbrojeneslozky.cz/clanek/horska-sluzba-ve-spindlerove-mlyne-se-seznamila-s-moznostmi-uav>
23. MURPHY, Robin R. Disaster Robotics. Cambridge: MIT Press, 2014, 241 s. ISBN 9780262027359.
24. AL JABER, Raiyan. Unmanned Aerial Vehicle for Cleaning and Firefighting Purposes. DHAKA, Bangladesh: IEEE, 2021. ISBN 978-1-6654-1574-3. Dostupné z: doi:10.1109/ICREST51555.2021.9331147
25. Hasící dron Aeronos [online]. Kancelář pro obec [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://www.hasickakancelar.cz/aktualne/hasici-dron-aeronos>
26. SUNDAR B T, Shyam. Fire Fighting Drone / Water Jet Fire Extinguisher [online]. [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://contest.techbriefs.com/2017/entries/aerospace-and-defense/8039>
27. Alappatt T.B., Ajith S.S., Jose J., Augustine J., Sankar V., George J.M. (2021) Design and Analysis of Fire Fighting Drone. In: Sengodan T., Murugappan M., Misra S. Design and Analysis of Fire Fighting Drone. Singapur: Springer, 2021. ISBN 978-981-15-9018-4.
28. BAYARRI, Elías. 112 Cantabria - Drones & Public Safety Summit [online]. EENA Drones & Public Safety Summit [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://www.slideshare.net/EENA-112/112-cantabria-drones-public-safety-summit>
29. ICARUS, EU. Search and Rescue Robotics - From Theory to Practice. 1. IntechOpen, 2017, 262 s. ISBN 9789535133766. doi:10.5772/intechopen.68449
30. RŮŽIČKA, Josef. Drony budou pomáhat psům při záchraně v horách. Rescue report. Brno: Ikaria, 2017, 20(1(2017)). ISSN 1212-0456.
31. RAY, Pradeep Kumar, Naoki NAKASHIMA, Ashir AHMED, Soong-Chul RO a Yasuhiro SOSHINO. Mobile Technologies for Delivering Healthcare in Remote, Rural or Developing Regions. Institution of Engineering & Technology, 2020. ISBN 9781839530470.

10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Systém U-SPACE [4].....	14
Obrázek 2 - Princip křídla [vlastní zdroj].....	20
Obrázek 3 Síly působící na letecký prostředek [7].....	21
Obrázek 4 - CTOL PRIMOCO UAV ONE 150 [12]	22
Obrázek 5 - UA VTOL hexakoptéra [zdroj vlastní].....	23
Obrázek 6 - VTOL Skyspotter 150A [zdroj vlastní]	24
Obrázek 7 - VTOL typy konstrukce [14].....	25
Obrázek 8 - Bezpilotní letadlo Policie ČR [18].....	27
Obrázek 9- Bezpilotní letadlo s klecí Policie ČR [18].....	27
Obrázek 10 - Opěrné body HZS ČR pro využití bezpilotních systémů [19].....	28
Obrázek 11 - Fotografie v barevném elektromagnetickém spektru [poskytnuto HZS PAK – plk. Kubín]	29
Obrázek 12 - Fotografie v infračerveném spektru [poskytnuto HZS PAK – plk. Kubín]	30
Obrázek 13 - Bezpilotní letadlo s megafonem [22].....	30
Obrázek 14 - UA napájen hasební látkou [25]	31
Obrázek 15 - Schéma napájení UA hasebním prostředkem [26]	32
Obrázek 16 - UA osazen "protipožárními koulemi" [28].....	33
Obrázek 17 - HZS Pardubického kraje 2019-2020 MU s nasazeným UA [Poskytnuto HZS PAK – plk. Kubín]	38
Obrázek 18 - Multikriteriální analýza – výpočet váhy kritéria	40
Obrázek 19 - Výsledný graf průzkumu	41
Obrázek 20 - Výsledný graf průzkumu	42
Obrázek 21 - Výsledný graf průzkumu	43
Obrázek 22 - Výsledný graf průzkumu.....	44
Obrázek 23 - Výsledný graf průzkumu.....	44
Obrázek 24 - Výsledný graf průzkumu.....	45
Obrázek 25- Výsledky otázky č.1; 3. část dotazníkového šetření	46
Obrázek 26- Výsledky otázky č.2; 3. část dotazníkového šetření	46
Obrázek 27- Výsledky otázky č.3; 3. část dotazníkového šetření	47

Obrázek 28- Výsledky otázky č.4; 3. část dotazníkového šetření	47
Obrázek 29- Výsledky otázky č.5; 3. část dotazníkového šetření	48
Obrázek 30- Výsledky otázky č.6; 3. část dotazníkového šetření.....	48
Obrázek 31- Výsledky otázky č.7; 3. část dotazníkového šetření	49
Obrázek 32 - Výsledky otázky č.8; 3. část dotazníkového šetření	49
Obrázek 34- Výsledky otázky č.9; 3. část dotazníkového šetření	50
Obrázek 35- Výsledky otázky č.10; 3. část dotazníkového šetření.....	50
Obrázek 36- Výsledky otázky č.11; 3. část dotazníkového šetření.....	51
Obrázek 37- Výsledky otázky č.12; 3. část dotazníkového šetření	51
Obrázek 38- Výsledky otázky č.13; 3. část dotazníkového šetření	52
Obrázek 39- Vrtulník Policie ČR Bell [zdroj vlastní]	59

11 SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 1 - Výsledky 3. části průzkumu – počet získaných bodů	53
Tabulka 2 - Výsledky 3. části průzkumu – relativní počet získaných bodů	54
Tabulka 3 - Výsledky 3. části průzkumu – nejčastěji zvolená hodnota a prostřední hodnota.....	55
Tabulka 5- SWOT analýza – silné stránky.....	56
Tabulka 6- SWOT analýza – slabé stránky	57
Tabulka 7- SWOT analýza – příležitosti ke zlepšení	57
Tabulka 8- SWOT analýza – hrozby.....	58
Tabulka 9 - SWOT analýza výsledné hodnoty	58
Tabulka 10- Vývoj cen JET A1 2021.....	60
Tabulka 11- Výpočet nákladů na letovou hodinu na pohonné hmoty UA.....	60
Tabulka 12- Multikriteriální analýza hodnoty kritérií.....	61
Tabulka 13 - Multikriteriální analýza pořadí a přiřazení koeficientu významu	61
Tabulka 14 - Multikriteriální analýza výpočet bodů a výsledné pořadí	62
Tabulka 15 - Jednotný systém provozování UA ve prospěch složek IZS – skupiny 1,2 a 3	64

12 SEZNAM PŘÍLOH

1. Dotazníkové šetření
2. Připomínky účastníků dotazníkového šetření
3. SWOT analýza

Příloha č.1 Dotazníkové šetření

Sekce 1 z 3

Využívání dronů při zásahu složek IZS

Jmenuji se Martin Molek a v současné době spolupracuji na projektu využití rozšířené reality ve prospěch MV GR HZS IOO a ve své diplomové práci na ČVUT FBMI zkoumám možnosti nasazení bezpilotních prostředků (dronů) při záchranných a likvidačních pracích. Výsledky výzkumu by měly vést k efektivnějšímu provádění činností na místě mimořádné události a také ke zvýšení bezpečnosti všech zasahujících složek IZS. Výsledky diplomové práce budou následně poskytnuty všem HZS krajů a také MV GR HZS (na vyžádání i jiným subjektům).

Tento dotazník vyplňujete jako: *

- Příslušník Hasičského záchranného sboru ČR
- Člen JPO obce
- Člen JPO podniku
- Zástupce odborné veřejnosti (bezpečnost, ochrana obyvatelstva, krizové řízení, IZS)
- Příslušník Policie ČR
- Člen Zdravotnické záchranné služby
- Laická veřejnost

Váš věk je: *

- 18-24 (let)
- 25-30 (let)
- 31-40 (let)
- 41-50 (let)
- 50 a více (let)

Při řešení mimořádné události působíte jako: *

- Velitel zásahu
- Hasič
- Operační důstojník
- Jiný odborník
- na řešení mimořádných událostí se nepodílím

Jaké hodnotíte vaše znalosti v oblasti bezpilotních prostředků: *

- Profesionální (např. znám pojmy registrovaný pilot bezpil. sys., registrovaný provozovatel)
- Základní znalosti
- Spíše žádné
- Vůbec žádné

Účastnil/a jste se řešení mimořádné události, při které byl bezpilotní prostředek (dron) nasazen? *

- Ano, dron pomohl s řešením MU
- Ano, ale dron nepomohl s řešením MU
- Ne, dron nebyl nasazen

Účastnil/a jste se řešení mimořádné události (nebo jste o některé četli hlášení, článek/viděli reportáž) při které mohlo být nasazení bezpilotního prostředku (dronu) užitečné, ale dron nasazen nebyl? *

- Ano, účastnil/a jsem se
- Ano, četl/a jsem hlášení/článek (reportáž)
- Ne

Využití, dislokace a výbava bezpilotních prostředků (dronů) ve prospěch IZS

Popis (nepovinný)

Při jakých typech mimořádných událostí se Vám jeví použití bezpilotního prostředku vhodné? *

- Technická pomoc
- Dopravní nehoda
- Únik nebezpečných látek
- Povodeň
- Požár
- Záchrana pohřešovaných osob
- Mimořádná událost - výskyt vysoce nakažlivé nemoci
- Mimořádná událost- zajištění veřejného pořádku
- Jiná...

K jakým činnostem ve prospěch složek IZS by měl být univerzální bezpilotní prostředek (dron) vybaven? *

- Varování obyvatelstva
- Hašení požárů
- Vyhledávání ohnisek požáru
- Vyhledávání osob
- Záchrana osob na vodní hladině
- Evakuace obyvatelstva
- Distribuce nouzového zásobování vodou a potravinami
- Detekce a varování před nebezpečnými (CBRN) látkami
- Desinfekce/detoxikace/desaktivace
- Dokumentace záchranných a likvidačních prací

vyslání požadavku na jeho nasazení?

- Do 10 minut
- Do 20 minut
- Do 40 minut
- Do 60 minut
- Do 2 hodin (120 minut)
- Do 24 hodin

Do kolika minut od příjezdu na místo mimořádné události by měl být bezpilotní prostředek *
připraven k plnění úkolů?

- Do 1 min
- Do 2 min
- Do 5 min
- Do 10 min
- Do 20 min
- Do 30 min

Jaká by měla být hmotnost univerzálního bezpilotního prostředku (dronu) pro činnosti složek *
IZS?

- Do 250 gramů
- Do 500 gramů
- Do 1 kg
- Do 3 kg
- Do 5 kg
- Do 25 kg
- 25 kg a více

Měl by mít velitel zásahu pravomoc rozhodnout o omezení letového prostoru nad místem mimořádné události? *

Ano

Ne

Po sekci 2 Pokračovat na další sekci

Sekce 3 z 3

Praktičnost bezpilotních prostředků (dronů) při řešení mimořádné události

V následujících otázkách prosím vyjádřete Váš názor na praktičnost využití bezpilotních prostředků (dronů) při řešení různých typů mimořádných událostí.

Živý video přenos místa MU z ptáčí perspektivy pro velitele zásahu *



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Zbytečné

Prospěšné

Detekce druhu a koncentrace CBRN látek (při osazení dronu CBRN detektory) *



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Zbytečné Prospěšné

Živý termografický obraz požářiště (osazení dronu termokamerou) *



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Zbytečné Prospěšné

Hašení požáru výškových budov za pomoci bezpilotního prostředku (dronu) *



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Zbytečné Prospěšné

Dekontaminace osob/vozidel/věcí/objektů za pomoci dronu *



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Zbytečné Prospěšné

Hašení požáru v nebezpečných prostorech (např. muniční sklad) za pomoci dronu *



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Zbytečné Prospěšné

Rychlá doprava AED (automatický defibrilátor) a základního zdravotnického materiálu za pomoci *
autonomního bezpilotního prostředku (dronu) na místo mimořádné události.



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Zbytečné Prospěšné

Pátrání po osobách (např. zával lavinou, kolaps budovy) za pomoci vyhledávacích zařízení na bezpilotním prostředku (dronu). *



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Zbytečné Prospěšné

Pohled na místo mimořádné události s prvky rozšířené reality (geografický přehled, infrastruktura, lokace záchranářů a obětí) z bezpilotního prostředku (dronu) pro velitele zásahu a OPIS (viz foto) *



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Zbytečné Prospěšné

Koordinace jednotek při lesních požárech za pomoci mixované reality (přenos vývoje požáru do štábu velitele zásahu/OPIS za pomoci monitorace rozvoje požáru bezpilotními prostředky).



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Zbytečné Prospěšné

⋮

Distribuce nouzového zásobování vodou a potravinami (humanitární pomoci) v nepřístupných oblastech za pomoci bezpilotních prostředků.



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Zbytečné Prospěšné

Záchrana tonoucí osoby na vodních plochách (včetně zamrzlých) za pomoci bezpilotního prostředku (dronu). *



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Zbytečné Prospěšné

⋮

Monitorace rozsáhlého uzavřeného perimetru okolí místa mimořádné události/monitoring davu, *
za pomoci bezpilotního prostředku (dronu)



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Zbytečné Nejvíce užitečné

Děkuji za vyplnění dotazníku

Pokud Vás zajímají výsledky výzkumu a chtěl byste se s autorem spojit, můžete jej kontaktovat na adrese martin.molek6@gmail.com

Vaše připomínky:

Příloha č.2 Připomínky účastníků dotazníkového šetření

Příslušník Hasičského záchranného sboru ČR, 50 a více (let), Velitel zásahu

„Pro velitele zásahu je nejdůležitější rychlá pomoc dronu asi tak do 5 min.“

Příslušník Hasičského záchranného sboru ČR, 50 a více (let), Velitel zásahu

„O dronech se vedla debata už před několika lety a realizace uvízla na obsluze ze směny nebo denní zaměstnanec. S našimi početními stavy na výjezdu si to dobře neumím představit.“

Příslušník Hasičského záchranného sboru ČR, 18-24 (let), Hasič

„Skvěle zpracovaný dotazník, zaměřujete se pečlivě na tuto problematiku. Za to Vám patří velké DÍKY. Ovšem z pozice řádového hasiče je těžké ohodnotit využití dronu při některých MU. Například u vyhledávání zavalené osoby nebo při lesních požárech mi to přijde zbytečné (nevidím tam využití/nemám s tím zkušenosti). Velitelé by to viděli zase jinak než já. Nejvíc oceňuji detekci CBRN látek. A jenom návrh, i když věřím že by si to každý kraj řešil podle sebe (viz MSK). Jak se ptáte na dojezdové časy dronu, možná by nebylo od věci, kdyby v budoucnu mělo každé prvovýjezdové auto dron ve vybavení. Minimálně na centrálních stanicích. Jinak jsem dal dojez do 60 minut. Ovšem při pomoci s AED nebo záchranným kruhem by musel být dron v blízkosti MU.“

Člen Zdravotnické záchranné služby, 41-50 (let)

„O využití dronu v takovém rozsahu jsem nevěděla. Z pohledu záchranáře a možné pozice vedoucího zdravotnické složky při MU je mi Váš dotazník přínosem. Děkuji“

Příslušník Policie ČR, 41-50 (let)

„Je důležité, aby členové HZS přestali zneužívat pravomoci veřejného činitele a začali se řídit leteckými předpisy a postupy. Odpovědnost za vykonání letu musí být na pilotu, nikoliv veliteli zásahu. A pokud pilot usoudí, že zásah odporuje bezpečnosti let neprovede a musí být za toto rozhodnutí nepostižitelný, naopak velitel zásahu, pokud bude pilota tlačit k letu musí být odpovědný za zneužití.“

Příslušník Policie ČR, 31-40 (let)

„Při šetření dopravních nehod bychom uvítali funkci přesného zaměření objektů včetně fotografické dokumentace pro následné vypracování plánu dopravní nehody.“

Příslušník Hasičského záchranného sboru ČR, 50 a více (let)

„Malé chytré drony na prvních CAS, speciály (CBRN, voda, zásobování etc.) na úrovni KŘ“

Příslušník Hasičského záchranného sboru ČR, 31-40 (let)

„Všechny činnosti dronů mimo monitorování událostí nepovažuji za současných technických možností za reálně použitelné. Ale do budoucna něco z toho perspektivu má.“

Příslušník Hasičského záchranného sboru ČR, 41-50 (let), Hasič

„Problém je s rychlostí dodání dronu na místo události, čím delší doba, tím menší efektivita (mimo dlouhodobých zásahů). Drony by museli být ve výbavě prvovýjezdových vozidel.“

Příloha č.3 SWOT analýza

SWOT analýza pro hodnocení provozování bezpilotních prostředků u IZS

silné stránky provozu UA u IZS

										hodnoc. výpočet	
1.	cenová dostupnost pořízení UA	1	1	1	2	3	0,3	30%	4	1,2	
		2	3	4							
2.	nízké provozní náklady		2	2	2	3	0,3	30%	3	0,9	
			3	4							
3.	cenově dostupný výcvik personálu, možnost autonomních letů			3	0	1	0,1	10%	5	0,5	
				4							
4.	nízké následky škod v případě pádu UA při zásahu u MU				2	3	0,3	30%	2	0,6	
					10				3,2		

slabé stránky provozu UA u IZS

										hodnoc. výpočet	
1.	Nízká nosnost	1	1	1	1	2	0,2	20%	2	0,4	
		2	3	4							
2.	Nízká výdrž letu		2	2	2	3	0,3	30%	3	0,9	
			3	4							
3.	Malý operační rádius			3	1	2	0,2	20%	4	0,8	
				4							
4.	Nízká varibialita přídavného vybavení				2	3	0,3	30%	5	1,5	
					10				3,6		
											-3,6

příležitosti provozu UA u IZS

hodnoc. výpočet

1.	plošný nákup a provozování UA u IZS	1	1	1	0	1	0,1	10%	5	0,5
		2	3	4						
2.	rychlý vývoj technologií a variability přídavného zařízení		2	2	3	4	0,4	40%	2	0,8
			3	4						
3.	jednotný systém U-SPACE			3	2	3	0,3	30%	4	1,2
				4						
4.	smluvní zajištění UA (plánovaná pomoc na vyžádání)				1	2	0,2	20%	3	0,6
						10				3,1

hrozby provozu UA u IZS

hodnoc. výpočet

1.	riziko pádu a zničení	1	1	1	3	4	0,4	40%	5	2	
		2	3	4							
2.	letové omezení při nepříznivých povětrnostních podmínkách		2	2	2	3	0,3	30%	4	1,2	
			3	4							
3.	selhání operačního systému, převzetí kontroly, aktualizace			3	4	1	2	0,2	20%	3	0,6
				4							
4.	nárůst letového provozu (bezpilotní i pilotovaný)				0	1	0,1	10%	2	0,2	
						10				4	

-3,1

	pomocné	škodlivé	součet	celkem
vnitřní	3,2	-3,6	-0,4	-0,4
vnější	3,1	-3,1	0	