ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

FAKULTA
DOPRAVNÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

TECHNOLOGIE E-IDENTIFIKACE BEZPILOTNÍCH PROSTŘEDKŮ

2020

BC. VOJTĚCH KAŠPAR

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta dopravní
děkan
Konviktská 20, 110 00 Praha 1

K621 .....**Ústav letecké dopravy**

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Vojtěch Kašpar

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

N 3710 – PL – Provoz a řízení letecké dopravy

Název tématu (česky): **Technologie e-identifikace bezpilotních systémů**

Název tématu (anglicky): Technology of E-identification of Unmanned Aerial Systems

Zásady pro vypracování

Při zpracování diplomové práce se řiďte následujícími pokyny:

- Cílem práce je vybrat vhodnou technologii pro službu e-identifikace pro bezpilotní systémy na základě analýzy proveditelnosti
- E-identifikace
- Legislativní požadavky
- Jednotlivé technologie e-identifikace a jejich specifika
- Analýza proveditelnosti e-identifikace bezpilotních systémů ve vzdušném prostoru
- Výběr vhodné technologie pro e-identifikaci pro ČR

ČVUT FD

Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího diplomové práce

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

Seznam odborné literatury: Nařízení EU 2019/945 a 2019/947
Letecký předpis L2 - Doplněk X
Letecký předpis L10

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jakub Kraus Ph.D.**
Ing. Adam Kleczatský

Datum zadání diplomové práce: **17. července 2019**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce: **18. května 2020**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

L.S.

Kraus

doc. Ing. Jakub Kraus, Ph.D.
vedoucí
Ústavu letecké dopravy

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

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.

Bc. Vojtěch Kašpar
jméno a podpis studenta

ABSTRAKT

Předmětem práce Technologie E-identifikace bezpilotních systémů je seznámit čtenáře s nově zaváděnými požadavky a legislativou, vysvětlit s tím spojené pojmy a provést analýzu a porovnání jednotlivých možností zajištění E-identifikace. Cílem je, na základě této analýzy, doporučit technologii, která je nevhodnější pro užití na území ČR.

Klíčová slova: E-identifikace, UAS, UA, Bezpilotní prostředky, Identifikace, Legislativa

ABSTRACT

The subject of the work Technology of E-identification of Unmanned Aerial Systems is to acquaint the reader with the newly introduced requirements and legislation, to explain the related concepts, and to perform an analysis and comparison of individual possibilities of ensuring E-identification. The aim is, based on this analysis, to recommend a technology that is most suitable for use in the Czech Republic.

Keywords: E-identification, UAS, UA, Unmanned Aerial vehicles, Identification, Legislation

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych tímto poděkoval všem, kteří mi poskytli podklady nebo i jen malou radu, při tvorbě této práce. Zvláště pak chci poděkovat vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Jakubu Krausovi, Ph.D. za jeho odborné vedení, konzultování a jeho rady, které mi poskytoval po dobu vytváření diplomové práce. Velké díky patří taky mé rodině a všem mým blízkým, kteří mě poskytovali morální i materiální podporu po celou dobu studia.

PROHLÁŠENÍ

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

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).

V Praze dne 10. srpna 2020 ……..

Podpis

OBSAH

OBSAH 8
Seznam použitých zkratek 11
Úvod 13
1 E-identifikace 14
1.1 Důvody zavedení 15
1.2 Požadavky na přenášená data 16
1.3 U-space a UTM 17
1.4 Používané technologie pro identifikaci letadel 19
1.4.1 Primární radary 19
1.4.2 Sekundární radary 20
1.4.3 Multilaterační systémy 20
1.4.4 ADS-B 22
1.5 Shrnutí kapitoly 23
2 Legislativa EU 24
2.1 Nařízení Komise v přenesené pravomoci (EU)2019/945 25
2.2 Prováděcí Nařízení Komise (EU)2019/947 26
2.2.1 Otevřená kategorie 27
2.2.2 Specifická kategorie 28
2.2.3 Certifikovaná kategorie 28
2.3 Shrnutí kapitoly 29
3 Možnosti E-identifikace 30
3.1 SSR (Secondary surveillance radar) 30
3.1.1 Princip činnosti 30
3.1.2 Současné využití 32
3.2 ADS-B 32
3.2.1 Princip činnosti Mode S extended squitter 33
3.2.2 Současné využití 34
3.3 FLARM 35
3.3.1 Princip činnosti 35
3.3.2 Současné využití 37
3.4 Zařízení pro přenos dat pomocí mobilních sítí 37
3.4.1 Princip činnosti BLIP 37
3.4.2 Princip činnosti Dronetag 38

3.4.3 Současné využití ... 39
3.5 Kombinovaná zařízení – Droniq ... 39
3.5.1 Princip činnosti ... 39
3.5.2 Současné využití ... 40
3.6 Shrnutí kapitoly ... 40
4 Identifikace objektů ve vzdušném prostoru ... 42
4.1 Stávající požadavky na identifikační vybavení ... 42
4.1.1 Vybavení odpovídačem ... 42
4.1.2 Vybavení ADS-B out ... 43
4.2 Rozdělení vzdušného prostoru ... 43
4.3 Operace s bezpilotními prostředky ... 46
4.3.1 BVLOS Operace ... 48
4.3.2 Geo-awareness ... 49
4.3.3 Geo-fencing ... 49
4.4 Návrh teoretického rozložení vzdušného prostoru ... 49
4.4.1 Nekontrolovaný prostor VLL U-space ... 50
4.4.2 Dočasně vyhrazené prostory TSA U-space ... 51
4.4.3 Shrnutí návrhu ... 52
4.5 Shrnutí kapitoly ... 53
5 Integrace UAS na základě identifikačního vybavení ... 54
5.1 Výchozí stav ... 54
5.2 Zařízení pro přenos dat pomocí mobilních sítí ... 55
5.2.1 BLIP ... 55
5.2.2 Dronetag ... 56
5.2.3 SWOT analýza ... 57
5.2.4 Limitace zařízení pro přenos dat pomocí mobilních sítí ... 57
5.3 Kombinovaná zařízení – Droniq ... 58
5.3.1 SWOT analýza ... 58
5.3.2 Další příležitosti projektu ... 58
5.3.3 Integrace ... 59
5.3.4 Limitace ... 59
5.4 SSR ... 60
5.4.1 SWOT analýza ... 60
5.4.2 Další příležitosti projektu ... 60
5.4.3 Integrace ... 61

5.4.4 Limitace 61
5.5 ADS-B 62
5.5.1 SWOT analýza 62
5.5.2 Další příležitosti projektu 62
5.5.3 Integrace 63
5.5.4 Limitace 63
5.6 FLARM 64
5.6.1 SWOT analýza 64
5.6.2 Další příležitosti projektu 64
5.6.3 Integrace 64
5.6.4 Limitace 65
5.7 Porovnání jednotlivých řešení 66
5.8 Komplexní analýza integrace vybraných možností E-identifikace 67
5.9 Technologie E-identifikace v ČR 70
6 Diskuze 71
7 Závěr 73
8 Použité zdroje 74
9 Seznam obrázků 76
10 Seznam tabulek 77
11 Seznam Příloh 78

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

(M) CTR	(Military) Controlled Traffic Region	(Vojenský) Řízený okrsek
(M) TMA	(Military) Terminal Control Area	(Vojenská) koncová řízená oblast
ADSB	Automatic Dependent Surveillance – Broadcast	
AGL	Above Ground Level	Nad povrchem země
ALT	Altitude	Tlaková Výška
AMSL	Above Mean Sea Level	Nad střední hladinou moře
ATC	Air Traffic Control	Řízení letového provozu
ATM	Air Traffic Management	Uspořádání letového provozu
ATZ	Aerodrome Traffic Zone	Letištní zóna
ČR		Česká republika
EASA	European Union Avation Safety Agency	Evropská agentura pro bezpečnost letectví
EHS	Enhanced Surveillance	
ELS	Elementary Surveillance	
EU	European Union	Evropská Unie
FIR	Flight Information Region	Letová infomační oblast
FL	Flight Level	Letová hladina
GND	Ground	Povrch země
IC	Interrogator Code	

ICAO	International Civil Aviation Organization	Mezinárodní organizace pro civilní letectví
JARUS	Join Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems	
LBT	Listen Before Talk	Poslouchej před vysílaním
LUC	Light UAS Operator Certificate	Osvědčení provozovatele lehkých bezpilotních systémů
MTOW	Maximum Take-off Weight	Maximální vzletová hmotnost
RMZ	Radio Mandatory Zone	Oblast s povinným rádiovým spojením
SAR	Search & Rescue	Služba pátrání a záchrany
SSR	Secondary Surveillance Radar	Systém sekundárního přehledového radaru
SWOT	Strenght, Weaknesses, Opportunies, Threats	Silné stránky, Slabiny, Příležitosti, Hrozby
TCAS	Traffic Collision Avoidance System	Palubní antikolizní systém
TRA	Temporary Reserved Area	Dočasně rezervovaný prostor
TSA	Temporary Segregated Area	Dočasně vyhrazený prostor
UA	Unmanned Aircraft	Bezpilotní prostředek
UAS	Unmanned Aerial System	Bezpilotní létající systém
ÚCL		Úřad pro civilní letectví
UTM	Unmanned Aircraft System Traffic Management	
VLL	Very Low Level	Velmi nízký vzdušný prostor

ÚVOD

V poslední době žijeme ve světě, který si žádá stále větší míru automatizace, spolupráce, rychlejší, přístupnější a pohodlnější služby a mnohé další prostředky, které mají člověku zlepšovat a ulehčovat každodenní život. Mnohé z těchto požadavků člověka se dají částečně vyřešit využitím bezpilotních prostředků či celých systémů složených právě z nich. Je to také důvod proč v dnešní době zažíváme neuvěřitelný boom v rozvoji těchto technologií. S velkým rozvojem vyvstávají ale i rozsáhlé požadavky na samotnou infrastrukturu, legislativu a zabezpečení těchto systémů. Není žádné tajemství, že dnešní svět není zcela připraven na začlenění bezpilotních prostředků do každodenního života lidí.

Jeden z požadavků na tyto bezpilotní systémy je i nutnost tyto systémy kontrolovat ve vzdušném prostoru tak, aby nebyla narušena stávající doprava a již tak dosti křehká infrastruktura letecké dopravy či systémy pro její řízení. Jinými slovy je nutné bezpilotní prostředky bezpečně a přesně identifikovat v reálném čase. I za tímto účelem byla zpracována a připravena nová legislativa EU, která dané prostředky a jejich provozy kategorizuje a určuje základní požadavky, které se na ně budou vztahovat. Jedním z nich je požadavek na tzv. E-identifikaci. Tato funkce bezpilotního prostředku nebo přídavného zařízení, musí zabezpečit sdílení informací o své poloze, provozovateli a další data do svého okolí, čímž jsou zpřístupněny všem potřebným složkám státu.

V rámci této práce jsou přiblíženy základní pojmy ohledně E-identifikace, směřování dalšího vývoje v určitých segmentech provozu bezpilotních prostředků, základní možnosti identifikace letadel s posádkou na palubě a nový legislativní rámec, vztahující se na bezpilotní prostředky, jehož součástí je požadavek na E-identifikaci. Dalším tématem je rozebrání jednotlivých možností zabezpečení E-identifikace, a to jak nových vyvíjených technologií, tak i stávajících identifikačních prostředků, které se do jisté míry využívají i dnes při bezpilotním provozu. Na toto následně navazuje popsání stávajícího rozložení vzdušného prostoru v České republice a požadavky na nutné identifikační vybavení pro pohyb v něm. Ve rámci stejné kapitoly jsou nastíněny i pravila pro provoz bezpilotních prostředků.

Další část práce se zabývá návrhem teoretického rozložení vzdušného prostoru, který by podporoval a dovoloval provoz bezpilotních prostředků, porovnání jednotlivých dříve rozebraných možností zajištění E-identifikace a vytvoření zjednodušeného náhledu shrnujícího jednotlivé možnosti a vlastnosti každého zařízení. V rámci této práce je vytvořen dotazník, jehož účel byl zjistit názor komunity na tuto problematiku a dotázat se na jejich povědomí o možnostech řešení E-identifikace. Tento dotazník následně funguje i jako způsob osvěty a může pomoci jednotlivým provozovatelům bezpilotním prostředků, kteří nebyli s tímto tématem ještě seznámeni, vytvořit podvědomí o této problematice. Cílem práce je ale hlavně doporučit technologii vhodnou pro provoz bezpilotních prostředků v rámci ČR, na základě analýzy možností jednotlivých řešení.

1 E-IDENTIFIKACE

V nedávné době se do letecké dopravy začaly mohutně zavádět moderní technologie pro monitorování a řízení letu. Jedná se převážně o možnosti komunikace pomocí datalinku, povinné zavádění ADSB, sledování letadel přes satelity a mnohé další. Tyto systémy pomáhají jak posádkám, kterým odlehčují v pracovní zátěži během letu, tak i řízení letového provozu, kde se pomocí těchto technologií shromažďují aktuální data o poloze, pohybu a informace o dalších systémech letadla. V Evropském vzdušném prostoru v průběhu let dochází k vylepšování stávajících postupů, technologií a k celkové modernizaci infrastruktury managementu letového provozu (ATM-air traffic management) v rámci projektu SESAR. Jednou jeho součástí je i takzvaný UTM, který je v Evropě označován jako U-space, jehož částí je tzv. E-identifikace.

E-identifikace spočívá ve vysílání své pozice v prostoru a dalších podstatných informací v reálném čase do okolního prostředí, kde by měly být přístupny státním složkám, které budou s těmito informacemi pracovat a popřípadě dalším uživatelův vzdušného prostoru. Zajištění této funkce bude povinné po konečné implementaci jednotlivých nařízení Evropské Unie do legislativ jednotlivých členských států. Je důležité zmínit, že ve stávající podobě nemusí být tyto informace, poskytnuté systémy E-identifikace, zpracovávány středisky ATC, ale budou přístupné všem složkám státu, které je mohou potřebovat ke svým činnostem. V rámci vzdušných prostorů U-space je počítáno se službou Network Indentfication Service, která by měla v budoucnu zajistit sledování bezpilotních prostředků v podobném smyslu jako je tomu u dnešní letecké dopravy. Z toho důvodu by měli být vyvíjené E-identifikační zařízení schopni komunikace i v rámci této služby. Můžeme proto říct, že identifikaci bezpilotních prostředků, je potřeba řešit ve dvou rovinách:

- Lokální – pro účely identifikování prostředku a jeho operátora státními složkami za účelem kontroly či vymáháním práva. (E-identifikace)
- Síťová / Vzdálená – pro budoucí účely sledování letů bezpilotních prostředků

Zároveň ale není účelem E-identifikace, aby byla využívána pro funkce detekce a vyhnutí se dalšímu provozu, nicméně není zakázáno, aby některý ze systému tyto informace zpracovával a vyhodnocoval právě za tímto účelem.

1.1 Důvody zavedení

V rámci nově zaváděné legislativy týkající se uvádění bezpilotních létajících prostředků (UAS – Unmanned Aerial System) na trh, technických specifikací a samotného provozu UAS, vyvstal požadavek na takzvanou elektronickou identifikaci, tak aby bylo umožněno státním složkám identifikovat a kontrolovat jednotlivé prostředky pohybující se ve vzdušném prostoru, zda nebyly porušeny stávající pravidla pro provoz těchto prostředků a zda jsou provozovány v rámci jejich povoleného provozu. Zároveň jsou zaváděny za účelem zajištění co nejvyšší bezpečnosti letového provozu, a to jak toho stávajícího s lidskou posádkou na palubě, tak již zmiňovaných prostředků UAS.

Tato legislativa by měla zajistit to, že ať už finální uživatel, operátor užívající prostředky pro profesionální účely ale i samotní výrobci, budou svázáni povinnostmi, které zajistí požadovanou úroveň bezpečnosti, správný přístup a zacházení s osobními údaji.

V rámci legislativy (EU) 2019/947 byly představeny tři kategorie provozu UAS:

- Otevřená - je kategorie provozu UAS, která po zvážení všech provozních specifikací a rizik, nevyžaduje povolení od příslušného státního úřadu ani žádné jiné deklarace od provozovatele, které by byly předmětem schvalování
- Specifická - je kategorie provozu UAS, která po zvážení všech provozních specifikací a rizik, vyžaduje schválení od příslušného státního úřadu před zahájením samostatného provozu. Pro schválení se musejí zvážit a určit jednotlivé činnosti pro zmírnění rizik, které byly identifikovány při posuzování provozu, kromě určitých standartních situací, kde bude deklarace operátora dostačující nebo pokud je držitelem osvědčení provozovatele lehkých bezpilotních systémů (LUC – Light UAS operator Certificate) s příslušnými výsadami.
- Certifikovaná - je kategorie provozu UAS, která po zvážení všech provozních specifikací a rizik, vyžaduje schválení od příslušného státního úřadu, a to jak pro operátora, tak pro licencovaného pilota UAS, tak aby byla zajištěna dostatečná míra bezpečnosti.

Na základě požadavků trhu a samotných zájemců o provoz UAS, byla dána priorita ke vzniku pravidel provozu pro kategorie “Otevřená“ a “Specifická“. V průběhu několika málo měsíců a po konzultaci s dalšími organizacemi v letectví, jako je Mezinárodní organizace pro civilní letectví (ICAO – International Civil Aviation Organziation) a organizace JARUS, která navrhuje požadavky na technické, bezpečnostní a operační zabezpečení jednotlivých bezpilotních systémů a následně napomáhá s jejich integrací do reálného provozu, byla vytvořena regulace, která by měla zabezpečit:

- Poskytnutí rámce, jak bezpečně zacházet s jednotlivými UAS, tak aby byla zajištěna bezpečnost operátorovi samotnému prostředku, a i třetím subjektům na zemi, zároveň s uvážením potencionálního rizika v úniku osobních informací právě pomocí UAS.
- Definování technických a provozních specifikací pro UAS, zejména pak požadavky na E-identifikaci nebo Geo-awareness, systém, který varuje pilota UAS, pokud se s bezpilotním prostředkem nebezpečně přiblíží či naruší zakázaný prostor.
- Rámec pro samotné licencování pilotů UAS a operátorů těchto prostředků.
- Spojení legislativních předpisů týkajících se výrobku a leteckých předpisů. Toho bude docíleno na základě využití již existující legislativy zavádění výrobku na trh a označování známkou (CE), která bude doplněna značkou C0-C4. Podle této kategorie bude každé balení obsahovat informace o tom co jako uživatel tohoto výrobku můžete a nesmíte dělat. Toto může být doplněno o informace, jak popřípadě postupovat s registrací UAS a jeho pilota.
- Možnost definování vzdušného prostoru a jednotlivých zón kde mohou být provozovány UAS. Popřípadě pak stanovit specifické oblasti s vyššími požadavky na provozovatele, popřípadě oblasti, kde se tyto prostředky nesmí provozovat.
- Zohlednění již vzniklých modelářských klubů a vytvoření výjimek na základě dobré zkušenosti s modelářským provozem v dané oblasti.

1.2 Požadavky na přenášená data

Jelikož není dáno, jaký systém musí být využíván pro E-identifikaci prostředků UAS, jsou legislativou udány jednotlivé požadavky na tyto systémy, které musejí být splněny. To zajišťuje i možnost pro samotné výrobce tyto podsystémy E-identifikace integrovat přímo do daného prostředku při výrobě.

Tyto požadavky jsou:

1. Zařízení pro E-identifikaci UAS musí umožnit nahrání identifikačního čísla provozovatele bezpilotního systému, tak jak je to uvedeno v článku 14 nařízení (EU)2019/947 a jedině v návaznosti na postup daný registračním systémem.
2. V případě že tento systém je samostatný prvek bezpilotního prostředku poté musí mít fyzické sériové číslo, které je v souladu s normou ANSI/CTA-2063 a které je čitelné umístěné na tomto doplňkovém zařízení a jeho obalu, popřípadě v uživatelské příručce.
3. V reálném čase v průběhu celé doby letu musí zajistit přímé periodické vysílání údajů týkajících se parametrů letu, za pomocí otevřeného a zdokumentovaného přenosového protokolu, a to tak, aby bylo, tento signál, možné přijímat stávajícím mobilními zařízeními v rámci vysílacího rozsahu. Tyto parametry jsou:
   - **3.1.** Registrační číslo provozovatele bezpilotního prostředku
   - **3.2.** Jedinečné fyzické sériové číslo zařízení, užívaného pro E-identifikaci v souladu s ANSI/CTA-2063
   - **3.3.** Zeměpisná poloha bezpilotního letadla a jeho výška nad povrchem nebo popřípadě bodem vzletu
   - **3.4.** Letová dráha měřená od skutečného severu po směru hodinových ručiček a rychlost vůči zemi tohoto prostředku
   - **3.5.** V případě že je bezpilotní letadlo řízeno dálkovým ovladačem, poté musí vysílat zeměpisnou polohu tohoto pilota, nebo v případě absence pilota, musí vysílat zeměpisnou polohu bodu vzletu.
4. Musí zajistit, aby uživatel nemohl upravovat nahrané informace
5. Uživatelská příručka tohoto prostředku pro E-identifikaci uvádí odkaz na přenosový protokol používaný pro identifikaci na dálku a návody k:
   - **5.1.** Instalaci tohoto zařízení na samotný bezpilotní prostředek
   - **5.2.** Nahrání registračního čísla provozovatele bezpilotního prostředku

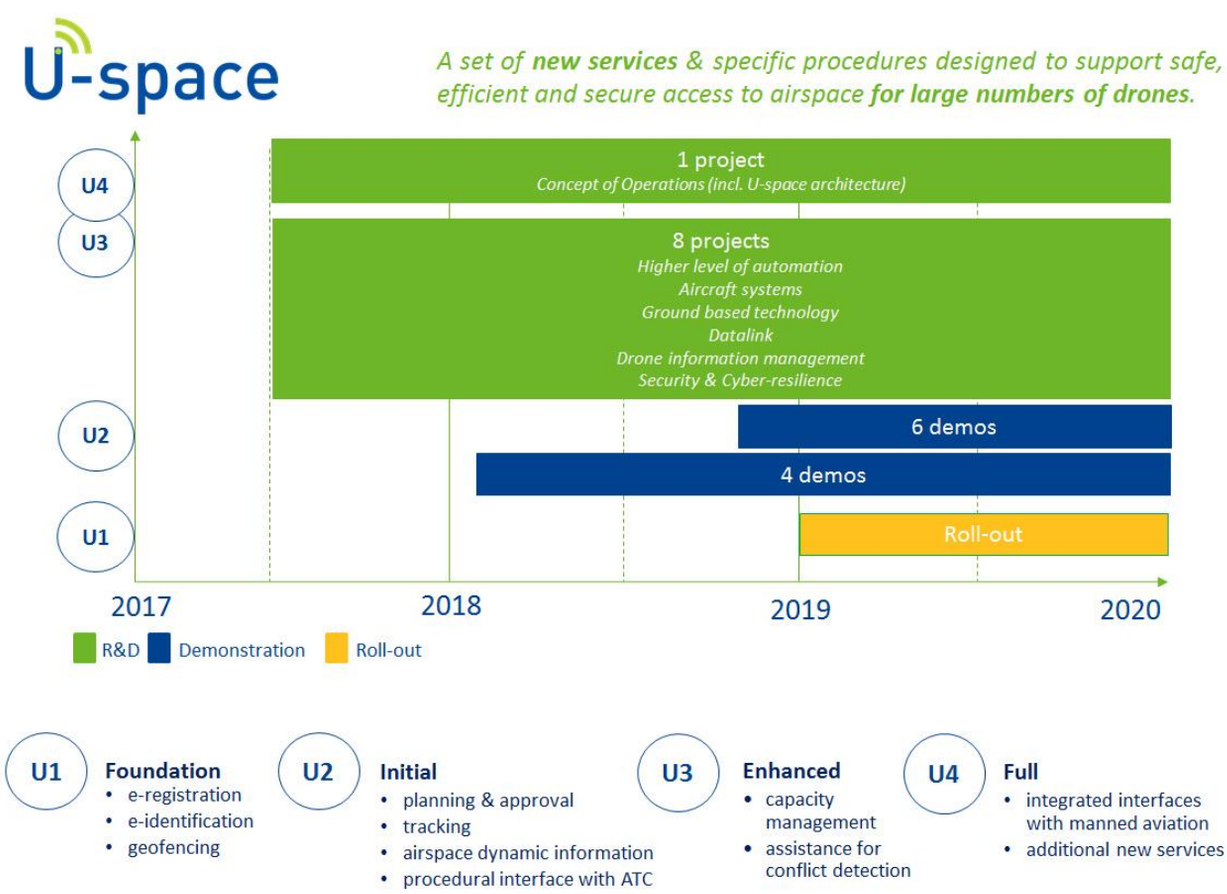
1.3 U-space a UTM

V dnešní době je model řízení leteckého provozu založen na komunikaci mezi stanicemi, které jsou navzájem v dosahu. Tento model je již zastaralý a nově vznikající technologie vyžadují modernizaci a nástup nového více flexibilního systému, který bude schopný pracovat se všemi uživateli vzdušného prostoru nehledě na to, jestli jde o letadlo s posádkou na palubě či malý bezpilotní prostředek.

ATM doplněné o služby UTM by tak poskytoval jednotnou síť služeb, které mezi sebou komunikují v reálném čase a používají jednotný systém a pravidla pro řízení letecké dopravy. V praxi by to mohlo znamenat, že letadlo již nebude muset komunikovat jen s jedním poskytovatelem těchto služeb, spíše že bude komunikovat s vícero poskytovateli naráz pomocí digitálních propojení. Tito poskytovatelé pak budou dále sdílet přijaté informace a popřípadě společně přijímat opatření k zabezpečení plynulosti, ekonomičnosti, a hlavně bezpečnosti provozu ve všech jeho segmentech. Zavádění bezpilotní dopravy si totiž žádá využití nových způsobů řízení letecké dopravy a získávání informací. Je potřeba postupně decentralizovat systém, který je nyní tak zaměřen na lidský faktor, a zavádět větší míru automatizace.

V Evropě je zaváděn koncept U-space, který do jisté míry spoléhá na digitalizaci spojení a automatizaci určitých funkcí, jak v řízení samotných letadel, tak procedur v řízení letového provozu. Pomocí tohoto by měl být vzdušný prostor zpřístupněn dalším subjektům. Převážně pak provozovatelům bezpilotních prostředků. U-space by tak měl umožnit provoz všech možných prostředků ve všech dostupných prostorech se zachováním stávající dopravy. Za tímto účelem byly vytvořeny 4 základní moduly k implementaci do rámce evropské legislativy vztahující se na bezpilotní prostředky.

- U1: definování základů U-space služeb jako je E-registrace, E-identifikace a Geo-awareness
- U2: U-space základní služby managementu pro operace s drony jako je plánování letů, schvalování letů, sledování a zavedení rozhraní pro konvenční řízení letového provozu
- U3: Zabezpečení pokročilých služeb pro podporu komplexních operací v oblastech s hustým provozem. Tyto služby by měli obsahovat asistenci pro detekování konfliktů pro podporu automatických funkcích detekce a vyhnutí se
- U4: Plné služby U-space nabízející vysokou míru automatizace a digitalizace pro operace s drony a konvenční operace pro podporu plošného zavedení konceptu



Obrázek 1: Časová osa zavádění jednotlivých prvků konceptu U-space [15]

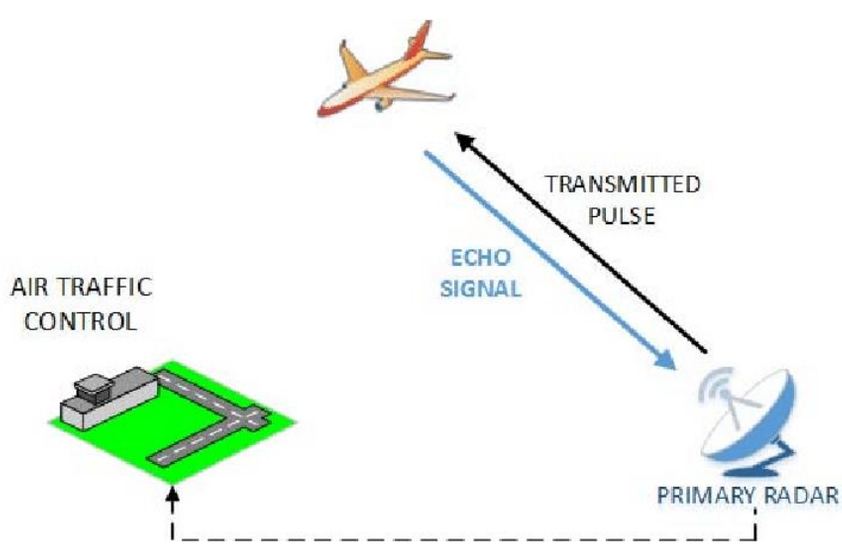
1.4 Používané technologie pro identifikaci letadel

V dnešní době, jsou mnohé prostory využívány na hranici své kapacity a z toho důvodu je celá doprava zatížena regulacemi, které ji zpomalují. Mnohé z těchto regulací jsou zavedeny z důvodu, že je potřeba jednotlivé objekty pohybující se ve vzdušném prostoru identifikovat s co největší přesností, a navíc získat co nejvíce relevantních dat. Mnohé identifikační technologie ale i lidé pracující jako řídící letového provozu (ATC – Air Traffic Control) mají svůj limit, který nelze, bez zvýšení rizika, překročit. Modernizace infrastruktury a zavádění povinného vybavení novými technologiemi nicméně zlepšuje tuto situaci a napomáhá k získávání potřených dat bezpečnými cestami, které potom ATC může využít k optimalizaci a řízení toku letadel ve vzdušném prostoru.

1.4.1 Primární radary

Již v průběhu druhé světové války byly zaváděna technologie radio-detekce, aby na dálku odhalovala blížícího se protivníka. Tato technologie pracuje na stejném principu jako například echolokace, kterou využívají delfíni nebo netopýři k určení polohy své kořisti.

Primární radar je konvenční "senzor" jehož princip činnosti spočívá ve vyzařování vysokoenergetických elektromagnetických pulsů, které jsou emitovány rotující anténou do určitého směru. Protože se tyto vlny šíří nám známou rychlostí světla (cca. 300 000 000 m/s), je potom možné změřit vzdálenost cíle na základě měření doby od vyslání signálu do přijmutí odrazů od cíle. Azimut je poté určen zaměřením antény do určitého úhlu a společně s dosahem je omezen dobou mezi vysláním jednotlivých pulsů.

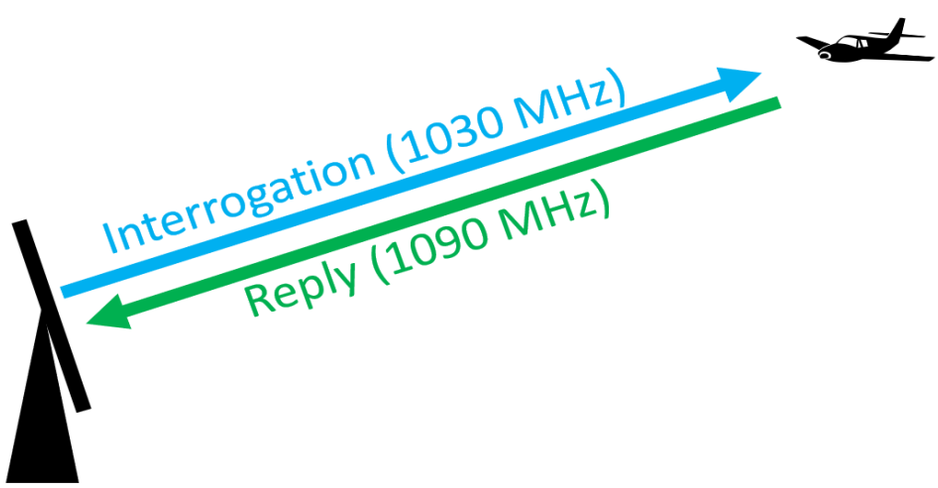


Obrázek 2: Princip činnosti primárních radarů [19]

1.4.2 Sekundární radary

Ze začátku, když byla hustota leteckého provozu ještě dostatečně malá, postačovaly pro řízení letového provozu stanice primárních radarů. Nicméně v průběhu vývoje letectví a nárůstu množství jednotlivých letadel ve vzdušném prostoru vyvstala potřeba získávat informace o poloze spolehlivějšími cestami společně se sběrem dodatečných informací o jednotlivých parametrech letu tak, aby byla dosažena vyšší bezpečnost a zlepšila se plynulost řízení letů. defacto aby bylo dosaženo ještě lepší ekonomičnosti letecké dopravy. Z těchto a mnoha dalších důvodů byla do provozu nasazena technologie sekundárních radarů.

Princip činnosti sekundárního radaru spočívá ve vyhodnocování jednotlivých "odpovědí", které jsou generovány na základě přijetí cílených dotazů pozemních stanic. Pro správnou funkci tohoto druhu radaru je proto nutné, aby sledované letadlo bylo vybaveno zařízením pro vytváření těchto odpovědí tzv. odpovídačem. Vysílač sekundárního radaru vyšle dotaz na frekvenci 1030 MHz, na kterou je naladěn i odpovídač na palubě letadla. Po zachycení a zpracování dotazu je z letadla vyslán signál na frekvenci 1090 MHz, kterou opět zachytává a zpracovává pozemní stanice sekundárního radaru.



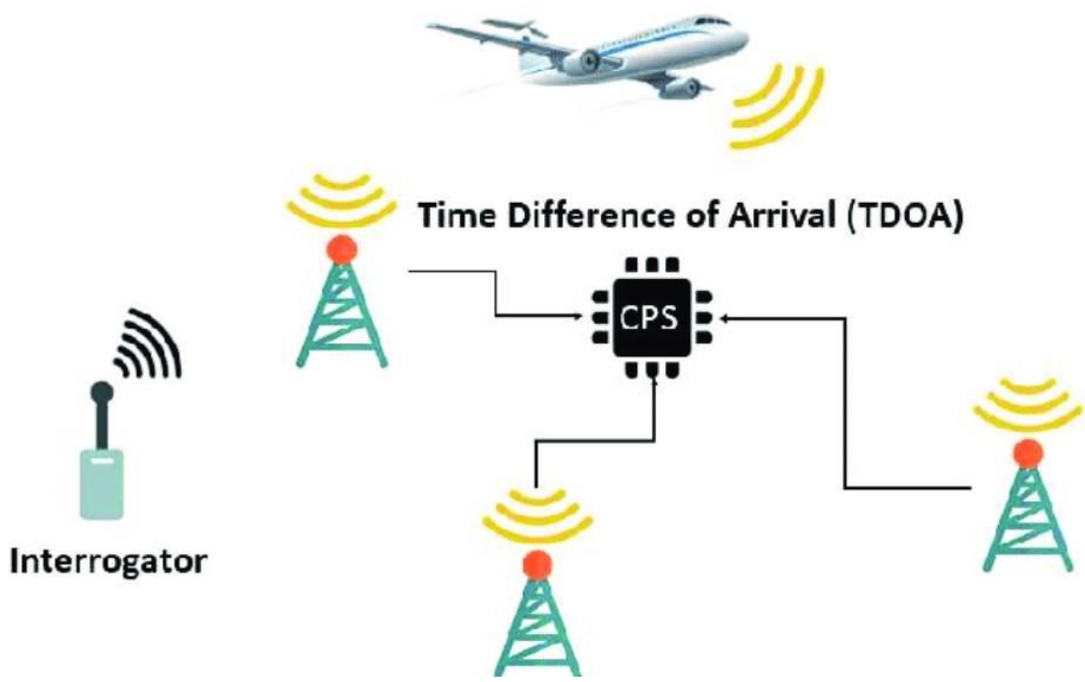
Obrázek 3: Princip činnosti sekundárního radaru [20]

Sekundární radar umožňuje také sdílení dalších informací. Na základě módu vysílaní letoun sdílí krom tzv. squawk kódu i výšku, rychlost letu, číslo letu, typ letadla a mnoho další. Díky těmto parametrům pak mohou jednotlivý řídící letového provozu řídit letadla efektivněji, s větší přesností a bezpečností.

1.4.3 Multilaterační systémy

Princip tohoto systému spočívá ve vyhodnocování rozdílů časů přijmu signálu k určení polohy letadla. Jedná se stejně jako u sekundárního radaru o technologii "spolupracující". Na rozdíl od SSR však nejsou kladeny žádné další nároky na dodatečné vybavení letadla. Systém nejčastěji spolupracuje právě se systémem SSR a vyhodnocuje jednotlivé odpovědi.

Pomocí toho, že letadlo s odpovídačem vysílá signál všesměrově a jeho rychlost, lze v tomto případě považovat za neměnnou, je signál zachycen několika pozemními stanicemi, které jsou na různých místech. Každá stanice z toho důvodu obdrží daný signál v různých časech (TDOA – Time Difference Of Arrival). V případě že by stanice byly pouze dvě, lze určit jenom jeden TDOA, což nám udá polohu cíle v průsečíku dvou hyperboloidů. Přidáním dalších stanic získáme pokaždé další TDOA a další hyperboloidy. Vznikne tím průnik těchto ploch, což určuje polohu sledovaného letadla. Systém si v případě více cílů přidává ke každému signálu časovou značku a tím je schopen je od sebe odlišit, popřípadě je schopen vysílat dotazy shodné se systémem SSR a vyžádat si tak odpověď z letadla a tím si synchronizovat čas pro určení polohy. V praxi se využívá vetší počet přijímačů, aby byla zajištěna dostatečná přesnost. Ale i tak se hyperboloidy nestýkají v jednom místě a je proto potřeba využití dalších výpočetních metod k dopočítání přibližné polohy letadla.



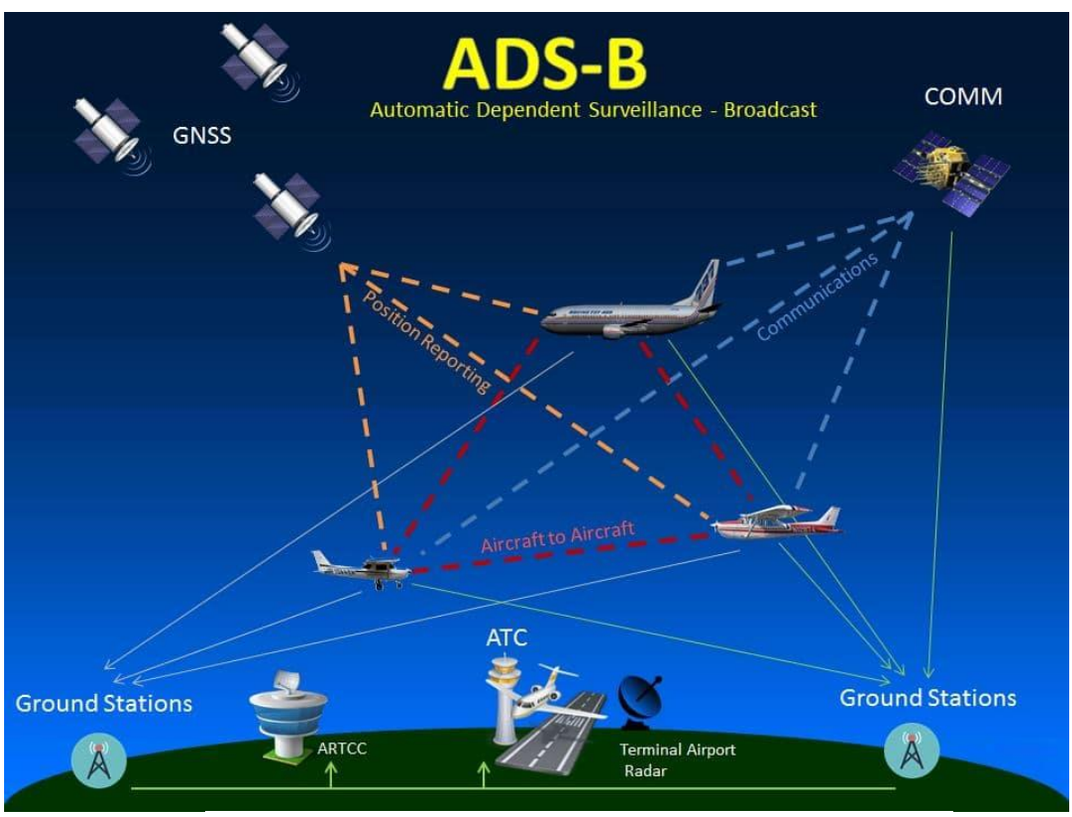
Obrázek 4: Princip činností MLAT [21]

Tato metoda sledování polohy letadla nachází uplatnění pro všechny fáze letu, od sledování pohybu na letištní ploše až po let v letové hladině, a zároveň poskytuje možnost plynulého přechodu k moderní technologiím sledování letu, jako je například ADSB. Další velké využití spočívá v instalaci tohoto systému do míst, kde by se tradiční radarové systémy nedaly plně využít. Například v údolí okolo rakouského Innsbrucku je využití klasické radarové techniky téměř nemožné z důvodu okolních Alp a jejich oblastí radiového stínu. Proto se zde a v celém alpském regionu zavádějí tyto technologie pro sledování letu. Vůči sekundárnímu radaru jsou pořizovací náklady menší s podobnými či lepšími výsledky.

1.4.4 ADS-B

Automatic Dependent Surveillance – Broadcast aneb systém automatického závislého přehledového vysílání u kterého není zapotřebí externích podnětů k činnosti celého systému. Systém všesměrově sdílí svou polohu a údaje z palubních přístrojů jak dalšímu adekvátně vybavenému provozu, tak stanovištím řízení letového provozu.

Systém pracuje s polohovými daty ze satelitních systému pro určování polohy jako jsou americký GPS, ruský GLONASS a v budoucnu i evropský systém GALIELO. Tuto polohovou informaci a další podstatné letové údaje následně šíří v daných časových intervalech mezi jednotlivé uživatele, a to jak pozemním stanicím, tak ostatním letadlům ve svém okolí. Systém ADS-B je ve většině zemí provozován spolu se sekundárním přehledovým radarem na kmitočtu 1090MHz, u kterého je využíváno funkce Extended squitter modu-S. Další možnosti přenosu dat je protokol UAT, využívaný převážně v USA, a pomocí VDL modu 4, kde jsou data přenášeny pomocí VHF datalinku.



Obrázek 5: Princip sdílení informací z ADS-B [22]

1.5 Shrnutí kapitoly

V této kapitole jsou rozebrány základní důvody zavádění E-identifikace do provozu společně s přiblížením základního rozdělení jednotlivých kategorií provozu bezpilotních prostředků. Také jsou zde nastíněny požadavky na informace, které musí bezpilotní prostředek nebo zařízení pro zabezpečení E-identifikace sdílet se svým okolím, a budoucnost zavádění těchto technologii v rámci evropského U-space. Následně jsou čtenáři přiblíženy čtyři klasické možnosti identifikování letadel ve vzdušném prostoru. Tyto technologie jsou využívány všechny zároveň tak, aby se doplňovaly a zároveň, aby podporovaly provoz i těch letadel, které nemají za povinnost být vybaveny veškerými prostředky pro jejich identifikování.

2 LEGISLATIVA EU

Bezpilotní prostředky se využívají již dlouhou dobu, nicméně předmět, který si pod tímto výrazem lidé představují, se v průběhu let velmi měnil. Zprvu se jednalo především o zmenšené ovladatelné modely letadel, případě hračky, které byly používané především pro rekreaci, a velké drony byly používány pouze armádními složkami, které však létají v jiném režimu, než co se létá běžně pod pravidly ICAO. V dnešní době je pojem dron nebo bezpilotní prostředek brán naprosto jinak. Lidé uvažují o jejich komerčním využití a snaží se je začít používat v každodenním životě. Tím že jsou tyto technologie dostupnější než kdy před tím, vyvstává problém, jak je komplexně řešit z pohledu legislativy. Do nedávné doby byly řešeny pouze v rámci každého státu, a tudíž se nároky lišily stát od státu. Proto byla zavedena jednotná evropská nařízení, která musí každý stát zavést do svého legislativního rámce. Tyto nařízení zavádí jednotná pravidla pro kategorizaci, stavbu, určení provozu, způsobilosti k letu a mnohé další.

Nařízení Evropské parlamentu a rady (EU)2018/1139

Toto nařízení sleduje cíle k zajištění udržení dosavadní vysoké úrovně bezpečnosti v oblasti civilního letectví, a to i po zavedení bezpilotních prostředků do běžného provozu. Dále řeší také projektování, výrobu, údržbu a provoz těchto bezpilotních prostředků, čímž udalo podměty na vytvoření další evropské legislativy, které se zabývají další definicí jednotlivých druhů provozů a kategorii samotných bezpilotních prostředků.

Co se provozu týče, definuje základní rámec odpovědnosti organizací a samotných osob zapojených do provozu bezpilotních prostředků a jednotlivých povinností a znalostí na ně uložených. Dále také zmiňuje obecné požadavky na vybavení bezpilotních prostředků, avšak pouze v obecné formě, a to na navigační systémy, komunikaci, přehledové systémy (např. i e-identifikace) a další, pokud jsou nezbytné k zabezpečení bezpečného provedení letu.

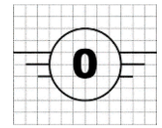
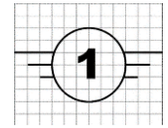
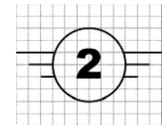
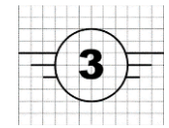
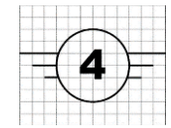
Další důležitou součástí tohoto nařízení je zmínění povinné registrace provozovatelů bezpilotních prostředků. A to pro provozovatele bezpilotních prostředků:

Které v případě nárazu do člověka přenesou kinetickou energii větší jak 80 J

Jejichž provoz představuje riziko pro soukromí, ochranu osobních údajů, ochranu před protiprávními činy anebo pro životní prostředí

Jejichž návrh podléhá osvědčování podle tohoto nařízení.

2.1 Nařízení Komise v přenesené pravomoci (EU)2019/945

					
MTOM (včetně užitečného zatížení)	<250 g	<900 g	<4 kg	<25 kg	<25 kg
Max. výška nad bodem vzletu	120 m	120 m	120 m	120 m	-
Napájení elektřinou	24 V	24 V	48 V	48 V	-
Automatický let	X	X	X	X	Není schopen
Garantovaná hladina akustického výkonu [Příloha 1, 2]	-	X	X	X	-
V případě výpadku spojení je zajištěno bezpečné ukončení letu/ obnovení datového spoje	-	X	X	X	-
Zabezpečený datový spoj proti zneužití	-	-	X	X	-
Má jedinečné fyzické sériové číslo	-	X	X	X	-
Přímá identifikace na dálku **(E-identifikace)**	-	X	X	X	-
Geo-awareness	-	X	X	X	-
Pokud je přítomna fce. zamezení ke vstupu do definovaných prostor musí být zajištěno – bez narušení bezpečného provedení letu, varování pilota	-	X	X	X	-
Varování pilota při nízké úrovni nabití baterie	-	X	X	X	-
Osvětlení bezpilotního prostředku	-	X	X	X	-
Mý vydanou provozní příručku s definovanými pokyny pro provozovatele	X	X	X	X	X

Tabulka 1: Kategorie bezpilotních prostředků dle nařízení (EU)2019/945

Toto nařízení evropského parlamentu se zabývá bezpilotními prostředky jakožto samotnými výrobky. Stanovuje jednotlivé povinnosti pro dovozce a výrobce, kteří chtějí tyto systémy a prostředky vyrábět a dále prodávat v rámci Evropské unie. Nejdůležitější segmenty tohoto nařízení jsou definice jednotlivých kategorii bezpilotních prostředků a udává jednotlivé požadavky na vybavení a funkce, kterými tyto prostředky musí disponovat. [Příloha 3]

Jelikož není dána povinnost uvádět jednotlivé bezpilotní prostředky na trh se zabudovaným zařízením pro přímou identifikaci na dálku a je umožněno toto řešit i způsobem dokoupení dalšího zařízení, které bude tuto funkci zajišťovat, jsou vydány požadavky, co toto zařízení musí zajistit. Tyto požadavky jsou ale identické s již zmíněnými požadavky u každé z kategorií. Odlišnostmi jsou jen požadavek na jedinečné sériové číslo doplňkového zařízení, v souladu se všem normami, a požadavek na provozní příručku, která musí obsahovat alespoň tyto informace:

- Návod k instalaci modulu na bezpilotní prostředek
- Návod k nahrání registračního čísla provozovatele bezpilotního prostředku

2.2 Prováděcí Nařízení Komise (EU)2019/947

Stejně jako se nařízení EU 2019/945 zabývá samotnou definicí a technickým zabezpečením jednotlivých bezpilotních prostředků, tak se toto nařízení zabývá definováním možných provozů těchto prostředků. Z pohledu tohoto nařízení rozlišujeme tři kategorie provozu, a to nejméně restriktivní otevřenou, následně kategorii specifickou a na konec kategorii certifikovanou.

2.2.1 Otevřená kategorie

Provoz v této kategorii nevyžaduje žádné předchozí oprávnění k provozu ani prohlášení o provozu učiněné provozovatelem bezpilotních systémů před uskutečněním provozu. Provoz ale musí splňovat všechny dále uvedené podmínky:

- Bezpilotní prostředek musí spadat pod jednu ze tříd definovaných nařízením EU 2019/945, nebo pokud je nelze zařadit, nejsou soukromě zhotoveny a byly uvedeny na trh před 1.7.2022, pak je jim nadále povoleno létat:
    - V podkategorii A1
    - V podkategorii A3
- Bezpilotní prostředek má MTOM menší jak 25 kg
- Dálkově řídící pilot zajistí, aby bezpilotní prostředek byl provozován v bezpečné vzdálenosti od třetích osob a aby nebyl prostředek provozován nad shromážděním osob
- Bezpilotní prostředek musí být provozován pouze s vizuálním kontaktem od dálkově řídícího pilota, vyjma případů, kdy je prostředek v režimu „follow-me“ nebo pokud je využíváno pozorovatele bezpilotního prostředku
- Bezpilotní prostředek je za letu udržováno do výšky 120 m nejbližším bodem povrchu země, krom případů, kdy přelétává překážku
- Bezpilotní prostředek, za letu nepřepravuje žádné nebezpečné zboží a neprovádí žádný shoz materiálu

Provoz v této kategorii se dělí na tři podkategorie definované v časti A:

- Podkategorie A1:
    - Nesmí létat přes osoby
    - Pilot musí absolvovat online zkoušku z teoretických znalostí
    - Pro kategorii C0
    - Pro kategorii C1 s e-identifikací a geo-awareness
- Podkategorie A2
    - Nesmí létat přes osoby (min. 30 m, s nízko rychlostním režimem 5m)
    - Pilot musí absolvovat online zkoušku z teoretických znalostí
    - Pro kategorii C2 s e-identifikací a geo-awareness
- Podkategorie A3
    - Nesmí létat přes osoby
    - Provoz minimálně 150 m od zástavy a rekreačních prostor
    - Pilot musí absolvovat online zkoušku z teoretických znalostí
    - Dron třídy C2, C3 a C4 s e-identifikací a geo-awareness

2.2.2 Specifická kategorie

Jakýkoliv provoz v této kategorii již vyžaduje oprávnění k provozu, které může vydat jen příslušný úřad v dané zemi, nebo v případě klubů a sdružení leteckých modelářů stačí prohlášení provozovatele. Pokud tedy bezpilotní prostředek nesplňuje podmínky pro provoz v otevřené kategorii, případně nejsou splněny požadavky v části A [Příloha 3], je provozovatel povinen získat od příslušného úřadu oprávnění k provozu. V průběhu podání žádosti o oprávnění musí provozovatel posoudit všechna rizika spojena s provozem a dodat návrhy opatření pro jejich zmírnění.

Úřad provede posouzení provozu a usoudí, zda se oprávnění k provozu týká:

- Schválení jedné provozní operace, popřípadě řady operací, které jsou specifikované v čase nebo v místě nebo kombinací obou. Součástí tohoto oprávnění musí být seznam opatření pro zmírnění rizik.
- Schválení osvědčení provozovatele lehkých bezpilotních systémů podle části C [Příloha 7]

V případě, že provozovatel předloží prohlášení o provozu, který je v souladu se standartním scénářem, provede úřad posouzení, zda jsou splněny podmínky definované v části B UAS.SPEC.020 [Příloha 7]. Pokud jsou tyto podmínky splněny, úřad by měl poskytnout danému provozovateli bez většího odkladu potvrzení o přijetí, na základě, kterého může zahájit provoz, aniž by musel získat oprávnění k provozu.

Pokud jsou bezpilotní prostředky provozovány v rámci klubů a sdružení leteckých modelářů se všemi oprávněními, nebo pokud je daný subjekt již držitelem osvědčení provozovatele lehkých bezpilotních systémů s odpovídajícími právy v souladu s bodem UAS.LUC.060 [Příloha 7], není od něj vyžadováno žádné prohlášení a nemusí obdržet ani žádné oprávnění pro zahání provozu.

2.2.3 Certifikovaná kategorie

V certifikované kategorii provoz vyžaduje osvědčení bezpilotního systému podlé nařízení EU 2019/945, osvědčení provozovatele a popřípadě i udělení průkazu způsobilosti dálkově řídícímu pilotovi. Dále je provoz také definován:

- Bezpilotní prostředky jsou provozovány:
    - Nad shromážděním osob
    - Provoz zahrnuje přepravu osob
    - Provoz zahrnuje převoz nebezpečného zboží, což může přinést velké riziko třetím subjektům v případě nehody
- Pokud příslušný úřad, po posouzení rizik shledá, že provozní rizika nelze zmírnit bez osvědčení bezpilotního prostředku a provozovatele bezpilotních systémů a případně bez udělení průkazu způsobilosti dálkově řídícímu pilotu.

2.3 Shrnutí kapitoly

Tato kapitola je rozdělena do dvou oddělených sekcí. V rámci první sekce je uvedeno rozdělení jednotlivých kategorií samotných bezpilotních prostředků spolu s výčtem jednotlivých požadavků, které na ně bude klást nová legislativa. V rámci druhé části této kapitoly jsou uvedeny a rozebrány jednotlivé možnosti druhu provozu bezpilotních prostředků společně s uvedením základních podmínek, kterými se budou muset řídit.

Účel zavedení této legislativy není nikoli omezovat provoz bezpilotních prostředků, jako spíše propůjčit více pravomocí do rukou operátorů těchto prostředků a povolit jim určité operace, které by do dnešní doby byly jen stěží možné. V rukou jednotlivých států stále zůstává právo vytvářet jednotlivé prostory pro létání s těmito prostředky stejně jako určování a schvalování jednotlivých druhů provozu. V rámci procesu schvalování musí být pro tyto operace vypracována analýza rizik a možnosti jejich potlačení. Díky těmto daným pravidlům pro schvalování se dá očekávat, že se v brzké době dočkáme mnohem více operací, které zasahují do běžného života a zahrnují bezpilotní prostředky

3 MOŽNOSTI E-IDENTIFIKACE

V průběhu vývoje letectví vyvstávaly čím dál tím větší požadavky na dokonalejší způsoby identifikace jednotlivých uživatelů vzdušného prostoru. Zároveň ale bylo potřeba sdílet čím dál tím větší množství dat, tak aby řízení letového provozu mělo vždy potřebné informace v reálném čase k tomu, aby byla zajištěna bezpečnost a kontinuita letecké dopravy.

V této kapitole jsou rozvedeny a přiblíženy ty způsoby identifikace, které se v určitých situacích využívají již dnes při identifikování bezpilotních prostředků a ty, které se s velkou pravděpodobností do tohoto segmentu odvětví zavedou. Tyto technologie byly vybrány na základě zkoumání problematiky identifikace bezpilotních prostředků a komunikace s jednotlivými týmy, které provádějí výzkum a vývoj nových možností zařízení pro aplikaci E-identifikace. Jde totiž o specifickou kategorii, na kterou se nedají aplikovat všechny způsoby dosavadního identifikování letadel.

Tyto technologie jsou:

- Systém sekundárního radar (SSR)
- ADSB
- FLARM
- Zařízení pro přenos dat pomocí mobilních sítí
    - BLIP
    - Dronetag
- Kombinovaná zařízení
    - Droniq

3.1 SSR (Secondary surveillance radar)

Ačkoliv se jedná o starší technologii je stálé jedním z primárních zařízení, které jsou využívány pro identifikaci a zisku dodatečných dat z palub jednotlivých letadel, bez kterých by nebylo možné leteckou dopravu řídit takovým způsobem, jakým je dnes řízena.

3.1.1 Princip činnosti

Systém pracuje na dvou vertikálně polarizovaných frekvencích ve formě dotazu. na frekvenci 1030 MHz, a odpovědi, na 1090 MHz. To zajišťuje eliminaci odrazů od země nebo jiných falešných cílů. Dále se systém dá také popsat způsobem odpovídání na základě využívaných módů. Ty byly ze začátku vytvořeny 4 (mód A, B, C, D), ze kterých se současně využívají jen módy A, C. Zároveň byl v průběhu let vytvořen i mód S, který umožnil adresné dotazy.

Dotaz je vysílán z pozemní stanice sekundárního radaru ve formě dvou pulzů P1 a P3. Na základě rozestupu těchto dvou pulzů rozlišujeme jednotlivé módy systému. Tradiční sekundární radar vysílá střídavě dotazy na mód A a C. Mezi pulzy P1 a P3 je vysílán kontrolní dotaz P2, který má za úkol potlačit odpovědi vyvolané postranními laloky vyzařované charakteristiky pulzu. P2 je vysílán přesně 2 μs za P1 a pokud je jeho amplituda menší jak P1, byl tento pulz vyslán hlavním lalokem. V opačném případě, kdy je amplituda P2 větší nebo rovna P1, byl tento pulz vyslán lalokem postranním, a dochází k potlačení odpovědi. Šířka jednotlivých pulzů je 0,8 μs.

3.1.1.1 Mód A a C

Mód A je základním módem odpovídače, který umožňuje zadání 4096 jedinečných kódů, pode kterých je ATC schopno rozlišit jednotlivé objekty letící v jejich přiřazeném okrsku. Dále jsou pro určení cíle v prostoru využívány tři aspekty a to azimut, barometrická výška a vzdálenost cíle.

V odpovědi módu C je zakódována barometrická výška cíle, která je přenášena za pomocí stejného principu a je velmi podobná odpovědi módu A. Tato výška je měřena přímo na palubě letadla v odpovídači. Tlaková výška je vztažena k mezinárodní standartní atmosféře ICAO a je rozdělena po 100 stopách až do výšky 126 750 stop. Každé výšce náleží jedinečná kombinace bitů v odpovědi tohoto módu.

Zaměření cíle neboli azimut, je změřen stejným způsobem jako u primárních radarů, a to určením úhlu zaměření antény. Šířka vyzařovaného laloku dotazu se běžně pohybuje okolo 2°-4,5°, čímž je zajištěna dostatečná přesnost určení v úhlu.

Vzdálenost cíle je měřena opět na podobném principu jako u primárních radarů. Je to změření doby, která uplyne od vyslání dotazu po přijetí zprávy odpovědi. Odpověď je ale generována až za 3 μs po přijetí pulzu P3, což je nutno ve výpočtu zohlednit.

3.1.1.2 Mód S

U módu S jsou využívány dva druhy dotazů:

- ALL-CALL (všeobecné dotazy) – jsou vyslány zprávy od všech dostupných zařízení
- ROLL-CALL (adresné dotazy) – je generována odpověď jen od dotazovaných zařízení

Každé letadlo s odpovídačem módu S na palubě má přidělenou jedinečnou 24bitovou adresu (16 777 216 možností) a každý dotazovač je vybaven IC (Interrogator Code). Pole IC je obsaženo ve všech jeho dotazech a ve všech na něj odeslaných odpovědích. To umožní práci dotazovačů v případě že se jejich oblasti, kde působí, překrývají. Cíle, které byly získány v průběhu ALL-CALL periody jsou pak následně dotazovány selektivními dotazy v ROLL-CALL periodě. Dotazovač může využít i funkce lockout, což způsobí že daný odpovídač nebude odpovídat na ALL-CALL dotazy s danou IC po následujících 18 sekund.

Mód S umožňuje také přenos elementárních dat mezi palubou letadla a pozemní stanicí. Je tak možné předávat informace např. o poloze, která se v dnešní době měří na palubě letadla a je přesnější než informace, kterou nám může poskytnout sám systém SSR. Data jsou přenášena pomocí zpráv, kde je vždy obsažena informace o 24bitové adrese letadla a dalších 56 nebo 112 komunikačních bitů. Pokud jsou pak zprávy složeny do bloků, lze je odesílat do velikosti až 1280 bitů.

Požadavky na módy S:

- Mód S elementary surveillance ELS
    - vysílání ICAO jedinečné adresy
    - odpovědi na módy A/C (tradiční SSR)
    - vysílání zlepšené výškové informace (25 ft)
    - status letu (GND, ALT)
    - hlášení o schopnostech datové linky
    - ACAS
- Mód S enhanced surveillance EHS *(elementary surveillance +)*
    - úhel příčného náklonu
    - zeměpisný traťový úhel
    - rychlost změny traťového úhlu
    - magnetický kurz
    - nastavenou výšku
    - traťová rychlost
    - IAS/ M n°
    - Rychlost stoupání/klesání

3.1.2 Současné využití

V současné době se SSR využívá zároveň s informacemi z primárních radarů. Systém sekundárního radaru je úspornější a zároveň i přesnější zdroj informací. S uvážením možností přenášení dalších informací z paluby letadla přímo do středisek ATC tento systém napomáhá k plynulejšímu toku dopravy a tím i zlepšení ekonomičnosti letecké dopravy. Nicméně tím, že systém je závislí na vybavením letadla odpovídačem, je stále využíváno primárních radarů, právě aby byla zachována možnost identifikování dalšího provozu, který toto vybavení nemá.

3.2 ADS-B

Automatic Dependent Surveillance – Broadcast je systém, od něhož se očekává, že by do budoucna mohl nahradit stávající přehledové systémy a stal se primárním zdrojem dat pro řízení letového provozu. V Evropském prostoru (program SESAR) i v USA (program NEXTGEN) se již začal zavádět do provozu. Pracuje na principu, že každé letadlo aktivně sdílí svou polohu se všemi dalšími uživateli a řídícími vzdušného provozu. Systém sbírá informace z palubních systémů například polohu určenou pomocí GNSS nebo tlakovou výšku změřenou výškoměry, ale i mnohé další. Následně tyto informace rozesílá všesměrově do svého okolí. Pomocí tohoto sdílení dat s dalšími účastníky leteckého provozu je zlepšena jejich prostorová informace a tím i vylepšena celková bezpečnost letů.

Systém se skládá ze dvou prvků, a to ADSB IN a ADSB OUT:

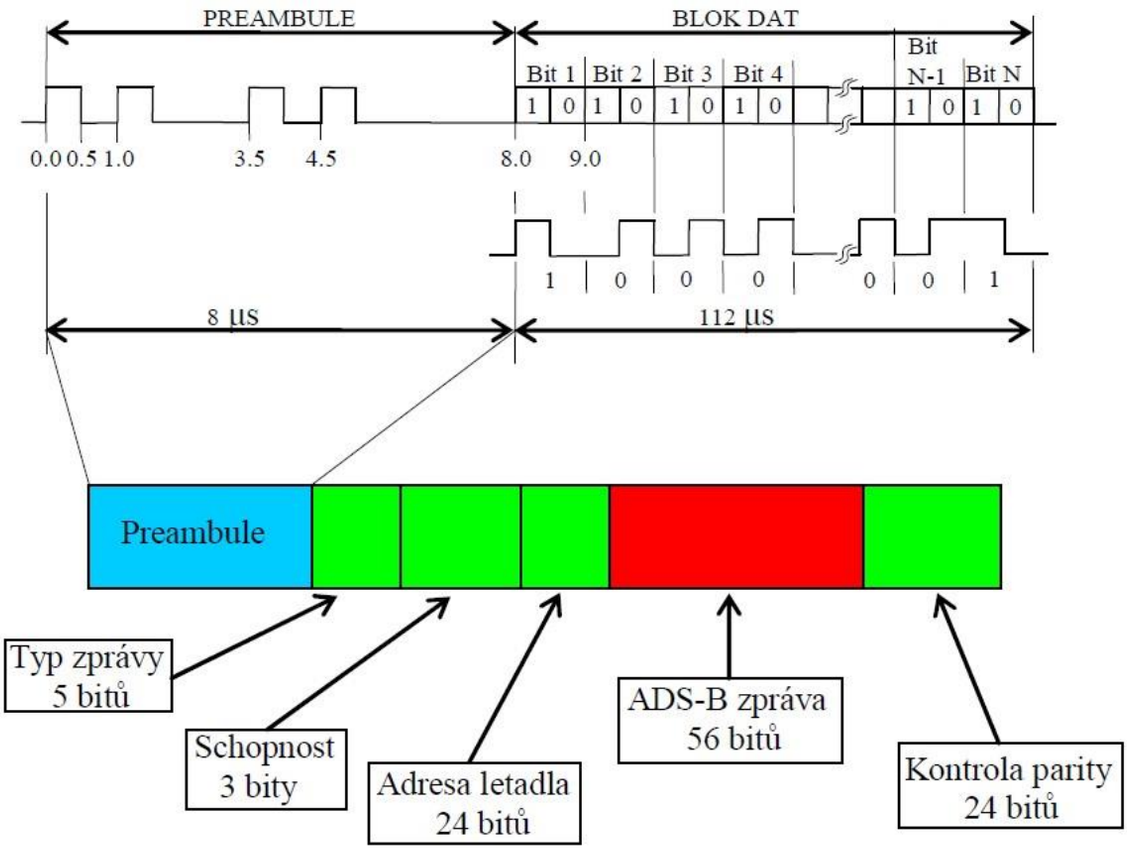
- ADSB OUT spočívá v periodickém vysílání informací, jako je identifikační kód letadla, výška nebo z pravidla přesněji vyhodnocená poloha pomocí GNSS, do okolí. Na základě poskytnutí přesnějších údajů z paluby letadla, je pak možné jisté navýšení kapacity jednotlivých prostorů.
- ADSB IN spočívá v přijímání dalších informací důležitých pro bezpečné provedení letu. Jedná se o informace FIS-B (Flight information service) a TIS-B (Traffic information service), kde B označuje slovo Broadcast.

Tento systém má jisté nároky na avioniku letadla a je nutné jej proto adekvátně vybavit. Je zapotřebí certifikovaného GNSS přijímače a jednotky ADSB, která bude sloužit jako datalink. Zavedení je ale poněkud finančně náročné, tudíž se, v rámci provozu malých letadel, s tímto vybavením příliš nesetkáváme. V současné době se využívá třech způsobů přenosu informací:

- Mode S extended squitter 1090ES
- VHF datalink (VDL mode 4)
- 978 MHz UAT (Universal Access Transceiver)

3.2.1 Princip činnosti Mode S extended squitter

V tomto případě je využíván upravený mód-S odpovídače sekundárního radaru. Jedná se o vytvořenou odpověď, která ale, na rozdíl od standartního odpovídače, nemusí být vytvořena na základě přijatého dotazu. Standardní odpověď módu S se skládá z tzv. preambule s délkou vysílání 8 μs, kde nalezneme 4 pulzy, a následného bloku dat. Extended squitter využívá tohoto standardu přenosu, ale na rozdíl od standardního odpovídače, jak již bylo zmíněno, vysílá tuto odpověď s velikostí 112 bitů periodicky bez přijmutí dotazu na frekvenci 1090 MHz. To zajistí kompatibilitu s dalšími systémy, které se spoléhají na informaci z odpovídače, jako je například protisrážkový systém TCAS. Z důvodu že je zde vytvářeno náhodné datové spojení, u kterého dojde k předání všech potřebných informací o poloze, výšce, rychlosti atd, není zapotřebí žádné synchronizace ani časového multiplexu.



Obrázek 6: Zpráva 1090 ES [6]

Tento způsob řešení neumožňuje letadlu přijímat žádné pozemní zprávy a slouží čistě k odesílání informací a zabezpečení lepší prostorové informace pro uživatele vzdušného prostoru.

3.2.2 Současné využití

V současné době dochází k povinnému dovybavení letadel vybavením ADSB s rychlostí letu větší jak 250 kt pravé vzdušné rychlosti nebo pokud má letadlo MTOW 5700 kg nebo více a které chtějí létat IFR lety. To zajistí, že naprostá většina letadel létajících podle IFR, bude aktivně sdílet svou polohu a další informace o důležitých systémech letadla, což napomůže ATC k lepšímu a efektivnějšímu využití svých sektorů. Zároveň bude také možno sledovat letadla pohybující se v oblastech se slabým ne-li žádným radarovým pokrytím. Co se týče vysokých prostorů, orgány ATC budou schopni letadla řídit teoreticky pouze na základě informace z ADSB a MLAT.

Firmy specializující se na implementaci těchto způsobů na bezpilotní prostředky existují a jsou schopni vysílané informace upravit takovým způsobem, aby byly v souladu s požadavky evropské legislativy. Tento způsob lze následně použít jak pro lokální zajištění E-identifikace tak i v jisté formě pro zajištění vzdálené identifikace pro Network Identification Service. V případě využití tohoto způsobu je možné bezpilotní prostředky sledovat bez větších zásahů do nynější infrastruktury prostředků pro identifikaci užívaných ATC.

3.3 FLARM

Tato technologie je jednou z nejrozšířenějších v letadlech všeobecného letectví, kluzácích a ultralehkých letadlech. Její primární účel je poskytnutí pilotovi informaci o dalším provozu v okolí a zabránit tak případné srážce (Flight Alarm – FLARM). Na začátku byl systém schopen upozorňovat pouze na další provoz, který byl také vybaven touto jednotkou, ale díky své dostupnosti a svým schopnostem se rychle rozšířil po letadlech v celém světě. Primárně byl ale využíván lehkými kluzáky, které jeho možnosti ocenily hlavně v průběhu závodů, kdy se velké množství kluzáků pohybuje na malém prostoru. V průběhu let se ale systém vyvíjel ve stále sofistikovanější a dokonalejší. Byly přidávány zobrazovací jednotky, další antény, aby bylo dosaženo vysílání signálu v 360° kolem daného letadla, a mnohé další. V dnešní době jsou produkty FLARM schopny zpracovávat i signály od SSR či ADSB a zároveň s databází překážek poskytovat varování i před nebezpečím ze země.

V nedávné době, kdy vyvstal požadavek na schopnost E-identifikace pro bezpilotní prostředky, měl FLARM již několik modulů určených právě pro UAS. Primárně aby zabezpečily schopnost sledování bezpilotního prostředku a případné vyhnutí se dalšímu provozu. S malými modifikacemi je však systém schopen plně uspokojit požadavky provozovatelů i legislativy.

3.3.1 Princip činnosti

Moderní FLARM systémy pracují na principu výpočtu a predikce své polohy v prostoru a následném sdílení této informace okolnímu provozu. Algoritmus neustále predikuje svou budoucí polohu a zároveň vyhodnocuje další signály z okolí. V případě, že by mělo dojít ke srážce, vydá systém varovné hlášení a zobrazí případný provoz s kolizním kurzem na zobrazovací jednotce.

Systém spoléhá na přesný senzor GNSS, pomocí kterého určuje svoji polohu a zároveň i výšku. Pomocí dalších algoritmů je schopen následně zobrazit i další letová data jako jsou zeměpisná trať, rychlost vůči zemi, rádius zatáčení, aktuální vítr a mnohé další.

V případě instalace na UAS je systém nutné upravit tak, aby byly vysílány veškeré nutné informace. FLARM proto vyvinul zařízení, které tyto požadavky splňuje. Systém vysílá dvě zprávy. Zprávu o samotném bezpilotním prostředku, která může být zpracovávaná pozemní řídící stanicí, a pomocí řídicího softwaru pak zajistit funkci Geo-awareness, a druhou zprávou zahrnující informace o operátorovi a pozici pozemní řídící stanice.

Zpráva o bezpilotním prostředku obsahuje:

- Čas a datum UTC
- Verze přenosového protokolu
- Označení zprávy
- Kód výrobce
- Sériové číslo
- Výšku, zeměpisnou šířku a délku
- Přesnost určení výšky (+-1 m)
- Přesnost určení polohy
- Status bezpilotního prostředku
- CRC (Cyclic redundancy check)
- Zabezpečený “podpis“

Zpráva o operátorovy bezpilotního prostředku:

- Čas a datum UTC
- Verze přenosového protokolu
- Označení zprávy
- Kód výrobce
- Sériové číslo
- Jedinečné číslo operátora
- Zeměpisná šířka délka řídící stanice
- CRC
- Zabezpečený “podpis“

Pro přenos dat je použito digitální modulace s nosnou frekvencí 868,4 MHz s přenosovou rychlostí zprávy 100 kbit/s. Standartně se zpráva odesílá každé 3 s od okamžiku aktivace bezpilotního prostředku nebo případně v okamžiku, kdy se relativní poloha změnila o více jak 30 m od polohy předešlé. Zároveň ale nesmí být překročen limit jednoho vysílání za sekundu. K tomu, aby bylo zamezeno blokování dalších vysílání, je využito principu LBT (listen before talk), který detekuje další vysílání v okolí zařízení. Pokud je takovýto signál detekován, je odesílání zprávy automaticky opožděno o 15 ms nebo až o 150 ms, od přijmutí dalšího signálu. Pokud však není možno vyslat zprávu i s těmito zpožděními v celém 3 s cyklu, zařízení vyšle zprávu nehledě na další signály v okolí.

Přesné data o poloze bezpilotního prostředku jsou získávána pomocí přesného GNSS senzoru s přesností až 0,000025° v zeměpisné šířce a zeměpisné délce. Stejným způsobem jsou získávána data o výšce bezpilotního prostředku s referenční nulovou hladinou zeměpisného modelu WGS84, popřípadě se používá výška nad střední hladinou moře modelu EMG96. Informace o poloze řídící stanice jsou přenášena, buďto přímo z dané stanice, nebo v případě že není možno tuto polohu určit, si systém “pamatuje“ a sdílí svou polohu při vzletu.

Zabezpečené “podpisy“ jsou určeny jen pro speciální přijímače, a proto je nebudou moci běžné přijímače, dalších provozovatelů a operátorů bezpilotních prostředků, přijmout. Těchto podpisů bude využíváno k zabezpečení zpráv určených pro kontrolní orgány. Normálním účastníkům provozu bezpilotních prostředků budou, popřípadě poskytovány informace jen pro funkci detekce a vyhnutí se dalšímu provozu. Nicméně díky tomu, že jednotlivé orgány budou mít umožněn přístup do národních databází s registrovanými provozovateli, budou schopni pomocí těchto přijímačů, s možností dekódování celé zprávy, identifikovat a přiřadit daný prostředek k danému člověku, případně provozovateli, v reálném čase.

3.3.2 Současné využití

V současné době nejsou žádné legislativní požadavky na vybavování letadel těmito prostředky ani, aby byly systémy, jako například TCAS, s těmito prostředky kompatibilní. Nicméně zaběhlou praxí se stalo, že letadla všeobecného letectví účastnící se některých závodů jako soutěžící nebo případně jako vlečná letadla, jsou tímto nebo jemu podobným systémem vybaveny. Stejná praxe se týká samozřejmě i kluzáků.

Díky možnosti zpracovávat i signály ze systémů ADSB a SSR, je těmito prostředky vysoce zvýšena prostorová informace poskytovaná pilotům jak letadel s posádkou na palubě, tak dálkově řídícím pilotům bezpilotních prostředků.

3.4 Zařízení pro přenos dat pomocí mobilních sítí

V rámci nových požadavků na identifikování bezpilotních prostředků ve vzdušném prostoru se přímo nabízí využití mobilních datových sítí pro přenosy těchto informací. V rámci Evropy se vynořilo hned několik způsobů řešení, které ve směs využívají stejný princip pro zajištění polohy, ale liší se ve způsobech šíření těchto dat ke koncovým uživatelům.

3.4.1 Princip činnosti BLIP

BLIP aneb Broadcast Location & Identification Platform, je přístroj pro zajištění E-identifikace, který byl vyvinut belgickou společností UNIFLY, zabývající se vývojem systémů UTM. Celý systém je zcela nezávislý na jakémkoliv systému bezpilotního prostředku a je zabudován do malého obalu, který je možno umístit na bezpilotní prostředek. Má vlastní zdroj elektrické energie a senzory pro atmosférický tlak, teplotu, směr letu, rychlost a svou polohu.

V BLIP je zabudován velmi přesný GNSS přijímač schopný zpracovávat signály z GPS, Glonass, Galileo a BeiDou, díky kterému je schopen určit svoji 3D polohu v prostoru. Tento senzor je pak ještě doplněn akcelerometry, pomocí kterých se doplňují informace získané ze senzoru GNSS a zpřesňují se tak data o směru letu, rychlosti, a i samotné poloze. Společně s tlakovým senzorem je systém schopen určovat i svou vertikální polohu nejen na základě výstupů z GNSS. Pomocí akcelerometrů se celý systém aktivuje, pokud je detekován vertikální pohyb a systém následně začíná odesílat veškeré vyžadované informace.

Sdílení dat probíhá dvojím způsobem. Prvním způsobem je přenos dat pomocí Bluetooth Low Energy (BLE) communication, pomocí kterého dochází k přenosu do speciální mobilní aplikace uživatele případně i dalším složkám. Toto spojení je možné využít až do vzdálenosti 100–200 m od bezpilotního prostředku a je primárně zamýšleno pro samotné uživatele a zajištění lokální E-identifikace. V rámci vyvinuté mobilní aplikace, ve které jsou porovnávána data o poloze a pohybu bezpilotního prostředku s databází vzdušných prostorů je následně zajištěná i funkce Geo-awareness. Tyto informace jsou simultánně vysílána i pomocí mobilních sítí do připravovaných systémů UTM a následně uchovávána na cloudu. Díky tomu jsou dostupná i na větší vzdálenosti a úřady tak budou schopny sledovat bezpilotní prostředky nejen na základě spojení přes BLE.

Pro budoucí zajištění vzdálené identifikace (Network Identification Service) by v případě výpadku vysílače na tomto zařízení, mělo být možné vysílat tyto informace přímo z mobilní aplikace, která bude informace z bezpilotního prostředku získávat pomocí napojení přes BLE. Díky Tomu by bylo docíleno jisté redundantnosti celého systému. pro zajištění této služby vzdálené identifikace je využito sítí Multi Band cellular (LTE cat 1). Pomocí spojení přes tyto datové sítě by se operátorova data, data o poloze a další vyžadované informace přenášely přímo do systémů UTM.

3.4.2 Princip činnosti Dronetag

Dronetag je český projekt k zabezpečení řešení E-identifikace pro bezpilotní prostředky. Všechna jejich zařízení jsou malá, přenosná a nezávislá na systémech samotného bezpilotního prostředku. Díky jejich zařízením by mělo být možné, na rozdíl od dalších vyvíjených způsobů, prostředek vzdáleně ovládat.

Celý systém pracuje na obdobném systému jako je tomu u zařízení BLIP. Je to sběr dat z vlastních senzorů, především pak poloha určená pomocí systémů GNSS, a jejich sdílení pomocí datových sítí. Zařízení Drontag navíc podporuje připojení dalších periferií a jejich následné ovládání pomocí jejich vyvinuté mobilní aplikace.

Dalším rozdílem je způsob přenášení dat E-identifikace. Co se týče lokálního zajištění, zařízení využívá technologii Bluetooth, nikoliv ale BLE, ale nově Bluetooth 5, která má od svých předchůdců rychlejší přenosové rychlosti, a hlavně zvýšený dosah. Při testování této technologie bylo v případě některých specifických výrobků možno udržet spojení až na vzdálenost 1300 m. Tyto případy se ale dají považovat za výjimečné a běžný provoz ukázal, že všechny požadované vlastnosti je schopno udržet do vzdálenosti 600-700 m.

Zajištění vzdálené identifikace, a komptability se systémy UTM jako například Network Identifiacation Service, je stejně jako BLIP zajištěno pomocí přenosu informací na datových sítí. V rámci tohoto projektu jsou vyvíjeny dva způsoby přenosu, a to pomocí sítí IoT nebo sítí LTE cat M1.

3.4.3 Současné využití

V současné době dochází k vývoji více než těchto dvou zařízení, všechny ale budou pracovat nejspíše na velmi podobném principu. Rozdíly budou zřejmě ve způsobu šíření jednotlivých informací k dálkově řídících pilotům, státním složkám a dalším.

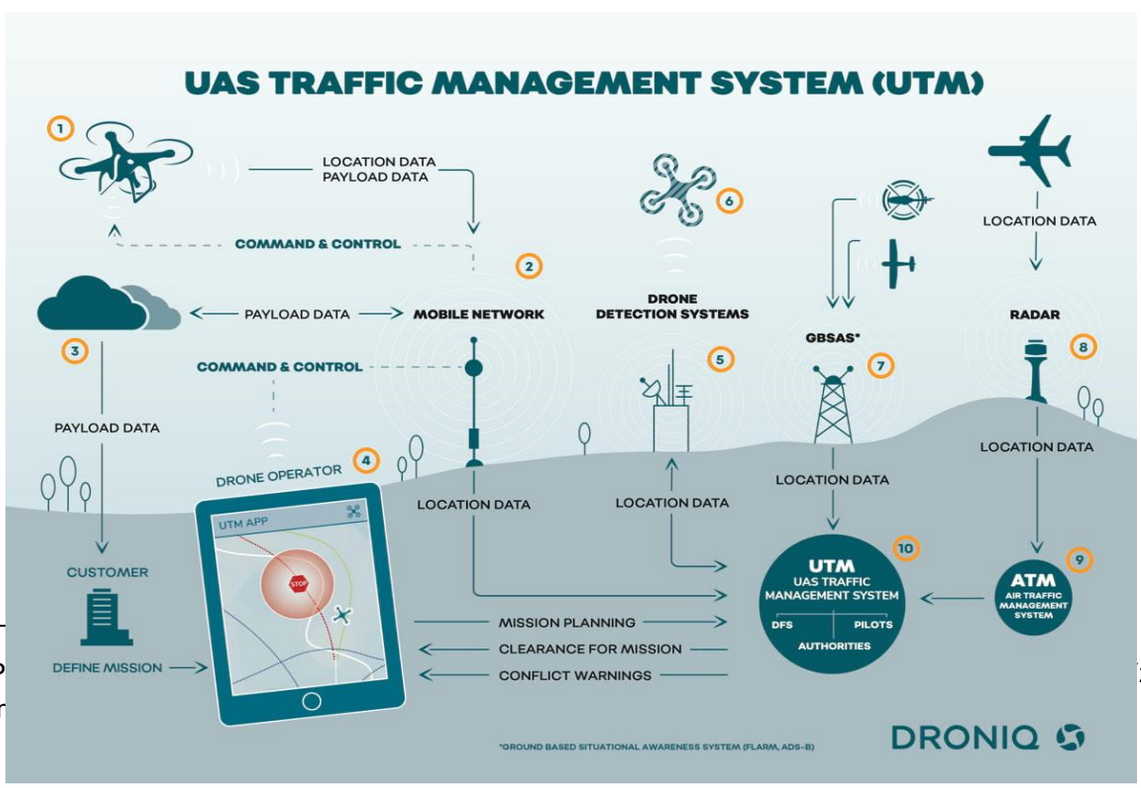
V případě BLIP i Dronetagu jsou zařízení testována a připravována do následného prodeje. Z pohledu současných požadavků jsou tyto zařízení naprosto vyhovující a dá se očekávat, že se s nimi v brzké době setkáme i v běžném provozu bezpilotních prostředků.

3.5 Kombinovaná zařízení – Droniq

Německý projekt Droniq, který na řešení E-identifikace spolupracuje s DFS, společností zajišťující ATC služby v Německé spolkové republice, se tuto situaci snaží řešit komplexně tak, aby případné dopady na stávající dopravu byly minimální a integrace bezpilotních prostředků co nejjednodušší. Docílit toho chce pomocí svého systému UTM a jejich přenosným zařízením pro E-identifikaci, který v sobě kombinuje několik různých způsobů sdílení dat.

3.5.1 Princip činnosti[1]

Zařízení Droniq v sobě kombinuje zařízení FLARM, ADSB a zároveň informace přenáší i pomocí datových sítí. Droniq je ale schopen vysílat požadované informace jen pomocí FLARMu nebo přes mobilní sítě LTE. ADSB je zde pouze 1090 MHz přijímač, k získávání informací o dalším provozu v okolí (dosah omezen na 25 km).



[1] P … ženy jedn…

Obrázek 7: Činnost systému Droniq [17]

1. Modul LTE s integrovanou SIM kartou je přichycen k bezpilotním prostředku a posílá data o své poloze, případně další informace jako video, foto nebo senzorová data, přes mobilní sítě. Přes ně pak bezpilotní prostředek také přijímá řídící příkazy.
2. Mobilní komunikační síť je již přístupná po celém území Německa a slouží jako základní infrastruktura.
3. Další informace o nákladu a bezpilotním prostředku jsou přístupny dálkově řídícímu pilotovy nebo koncovému zákazníkovy skrze cloud.
4. Díky vyjednanému přístupu k systému UTM má dálkově řídící pilot nestále přístup k relevantním informacím vzhledem k okolním prostorům a dalším aktivitám v okolí bezpilotního prostředku. Předletové plánování a poletové činnosti jsou taktéž řešeny přes systém UTM. (kompletní administrativa, …)
5. Veškeré již existující prostředky pro detekci bezpilotních prostředků mohou být připojeny do systému UTM tak, aby byly data synchronizovány a vyhodnocovány za účelem určení jaký bezpilotní prostředek by mohl být potencionální hrozbou.
6. Bezpilotní prostředky bez zařízení pro přenos informací přes mobilní sítě není možné detekovat pomocí tohoto systému UTM. Nicméně, díky využití senzorové technologie systémů pro detekci bezpilotních prostředků, mohou být detekovány a tyto data následně zpřístupněna do systému UTM.
7. Pozemní senzory systému přijímají data o pozici letecké dopravy letící podle pravidel letu za vidu (VFR – Visual Flight Rules) z okolního prostoru ze systémů FLARM a ADSB a posílají je přes mobilní sítě do systému UTM.
8. Data z odpovídačů a dalších identifikačních zařízení komerční dopravy a dopravy letící podle pravidel letu podle přístrojů (IFR – Instrument Flight Rules) jsou přijímána infrastrukturou společnosti DFS.
9. Data od provozu s posádkou na palubě relevantní pro lety bezpilotních prostředků jsou také zpřístupněna v rámci systému UTM.
10. Systém UTM od Droniq nabízí veškeré služby potřebné pro bezpečné a efektivní zajištění provozu bezpilotních prostředků.

3.5.2 Současné využití

Aktuální dění naznačuje že zařízení je již v posledních fázích vývoje a přípravy k prodeji. Dá se proto očekávat, že bude na trhu ještě před zavedením nové legislativy. Zařízení je schopno plně zabezpečit veškeré funkce nutné ke splnění požadavků daných novou legislativou, ale jeho plný potenciál bude využit až v době, kdy bude zaveden a spuštěn systém UTM.

3.6 Shrnutí kapitoly

Bylo vybráno a podrobněji popsáno pět způsobů provedení identifikace, které byly vybrány jak ze stávajících technologií, tak těch nově vyvíjených. První dva způsoby jsou používané i v klasickém letectví, které by se, případně po úpravách, daly aplikovat i na létání s bezpilotními prostředky. Nicméně implementace těchto způsobů by byla nejspíše tak nákladná, že se s velkou pravděpodobností nebudou pro tyto účely používat.

Dalším způsobem je použití systému FLARM, který je na trhu již delší dobu a je využíván především ve všeobecném letectví na malých motorových letadlech a kluzácích. FLARM již má a prodává systém určen právě pro bezpilotní prostředky, který splňuje veškeré evropské požadavky. Nicméně, ačkoliv je možné tento modul FLARMu přímo zapojit na bezpilotní prostředek, jsou tyto moduly určeny spíše pro kombinování s dalšími možnostmi zajištění E-identifikace, nebo pro doplnění stávající technologií a způsobů identifikování prostředku ve vzdušném prostoru.

Způsobem pro zajištění E-identifikace je i šíření těchto informací pomocí nových technologií a mobilních sítí. V Evropě byly proto vyvinuty technologické prostředky jako například BLIP nebo Dronetag, které jsou od základu navrženy tak, aby splňoval veškeré požadavky E-identifikace. Firma DJI například pracuje na svém zařízení, které bude zabudovávat přímo do svých výrobků. Co se týče BLIP a jemu podobných, jsou to systémy pracující na teoreticky jednoduchém principu a tím, že jsou malé a přenosné se dají využít pro více než jeden bezpilotní prostředek.

Posledním zmiňovaným způsobem je kombinace jednotlivých zařízení v jeden. Droniq, který se dá do této kategorie zařadit, je kombinací FLARMu, ADSB a zařízení pro přenos dat pomocí datových sítí. Díky kombinaci různých způsobů přenosu jsou eliminovány jednotlivé nevýhody se zachováním všech funkcí a výhod každého z nich.

4 IDENTIFIKACE OBJEKTŮ VE VZDUŠNÉM PROSTORU

V České republice a celé Evropě jsou stále využívány primární radary k identifikaci jednotlivých objektů ve vzdušném prostoru a nejspíše budou i v budoucnu využívány k podpoře celého procesu identifikace. Nicméně již delší dobu jsou tyto data doplňovány informacemi z dalších zdrojů jako je sekundární radar, ADS-B nebo z multilateračních systémů. To vše je nutné, aby byla udržena dostatečná bezpečnost a plynulost toku letadel ve vzdušném prostoru, zatímco je jeho kapacita navyšována.

4.1 Stávající požadavky na identifikační vybavení

4.1.1 Vybavení odpovídačem

V České republice je v současné době povinné mít na palubě odpovídač s módem S EHC v případě provádění letů IFR v FIR Praha s letadly s pevnými křídly a pokud jejich MTOW větší než 5700 kg, nebo rychlostí převyšující 250 kt.

Odpovídač s módem S a pouze funkcí ELS je povinný pro všechny lety za podmínek že:

IFR lety ve FIR Praha

- Vrtulníky bez ohledu na MTOW
- Letouny s MTOW 5700 a méně nebo s pravou vzdušnou rychlostí 250 kt nebo méně.

VFR lety

- Prováděné ve FIR Praha nad FL 95
- Prováděné v TMA Praha a CTR Ruzyně (může být udělena výjimka)

Odpovídač s módem A/C je povinný pro všechny letadla letící v a nad FL 60 nebo v a nad tlakovou výškou 5000 ft AMSL, pokud je převodní hladina FL 70. Tuto povinnost pak mají i všechna letadla provádějící traťové lety v noci. Jedinou výjimkou je TMA a CTR Praha, kde je dána povinnost na odpovídač s módem S.

Další výjimkou jsou státní letadla, která však neoperují pod pravidly ICAO, a jsou z těchto povinností vyňata. Jakékoliv jiné výjimky musí být schváleny příslušným úřadem pro civilní letectví.

V celé Evropě jsou tyto požadavky standardizovány a co se týče prostorů v okolí velkých letišť, jmenovitě to jsou prostory třídy C a D, jsou tyto požadavky ve směs stejné. Rozdíly jsou však u dalších prostorů a výšek od kdy je vybavení odpovídačem SSR povinné.

4.1.2 Vybavení ADS-B out

V zájmu celosvětové modernizace a standardizace jednotlivých požadavků na navigační a přehledová zařízení bylo přijato nařízení, že určití uživatelé vzdušného prostoru budou mít povinnost svá letadla vybavit zařízením ADS-B. V evropském prostoru bude povinnost vybavit letadla zařízením schopným zajišťovat funkci ADS-B out. tato funkce bude zavedena jako rozšíření a vylepšení stávajícího systému identifikace, která následně povede ke zdokonalení bezpečnosti a navýšení kapacity jednotlivých prostorů.

V rámci tohoto musejí být do 7. prosince 2020 letadla vybavena odpovídačem, který je schopen odesílat zprávu ADS-B pomocí přenosu SSR Extended squitter. To platí pro všechny letadla létající za IFR v evropském prostoru a:

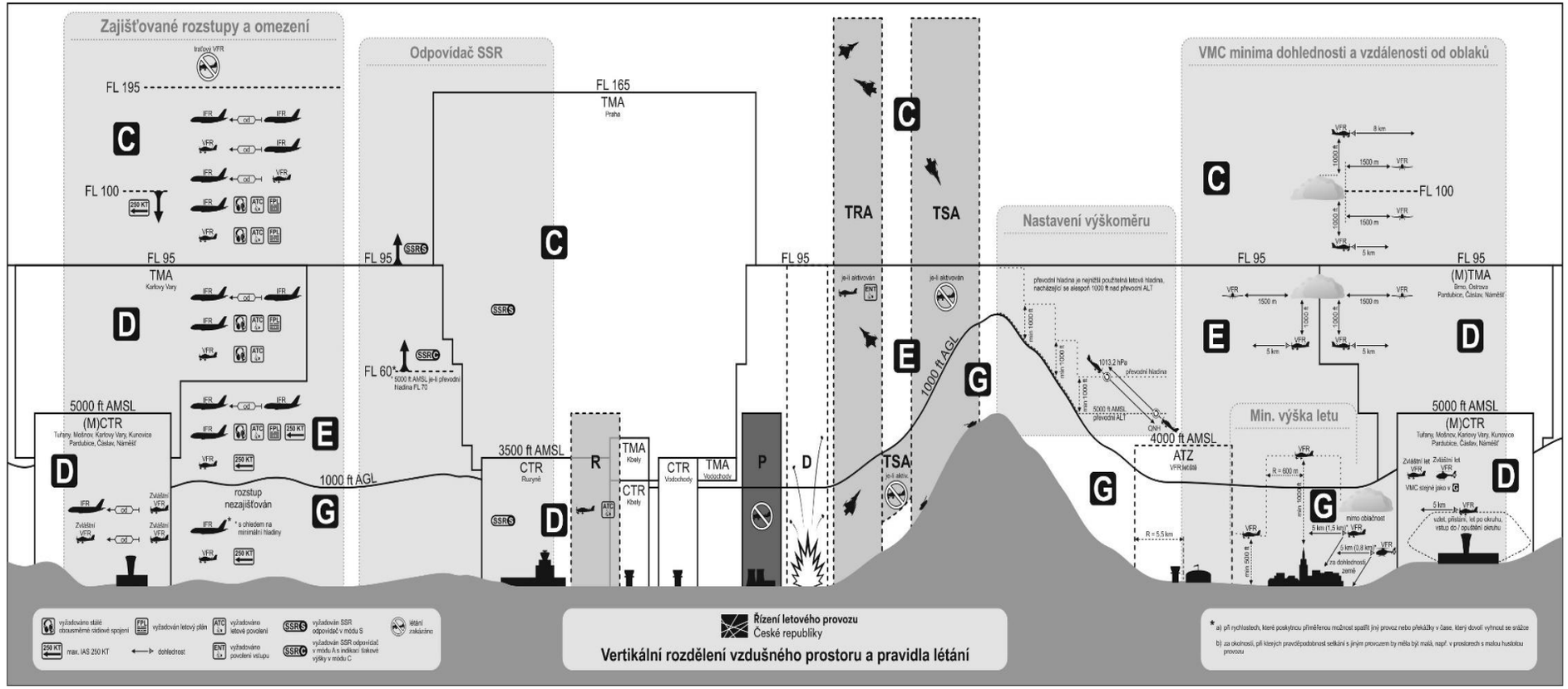
- Jsou letadly s jinými než pevnými nosnými plochami s maximální vzletovou hmotností ≥ 5700 kg, nebo maximální cestovní rychlostí ≥ 250 kt
- Letadla s pevnými nosnými plochami a maximální vzletovou hmotností ≥ 5700 k, nebo maximální cestovní rychlostí ≥ 250 kt

Toto nařízení se týká také jakéhokoliv letadla registrovaného ve třetích zemích, které chce letět v evropském vzdušném prostoru, nebo jakéhokoliv letadla, které spadá do těchto kategorií a bude vyrobeno po 7. červnu 2020.

4.2 Rozdělení vzdušného prostoru

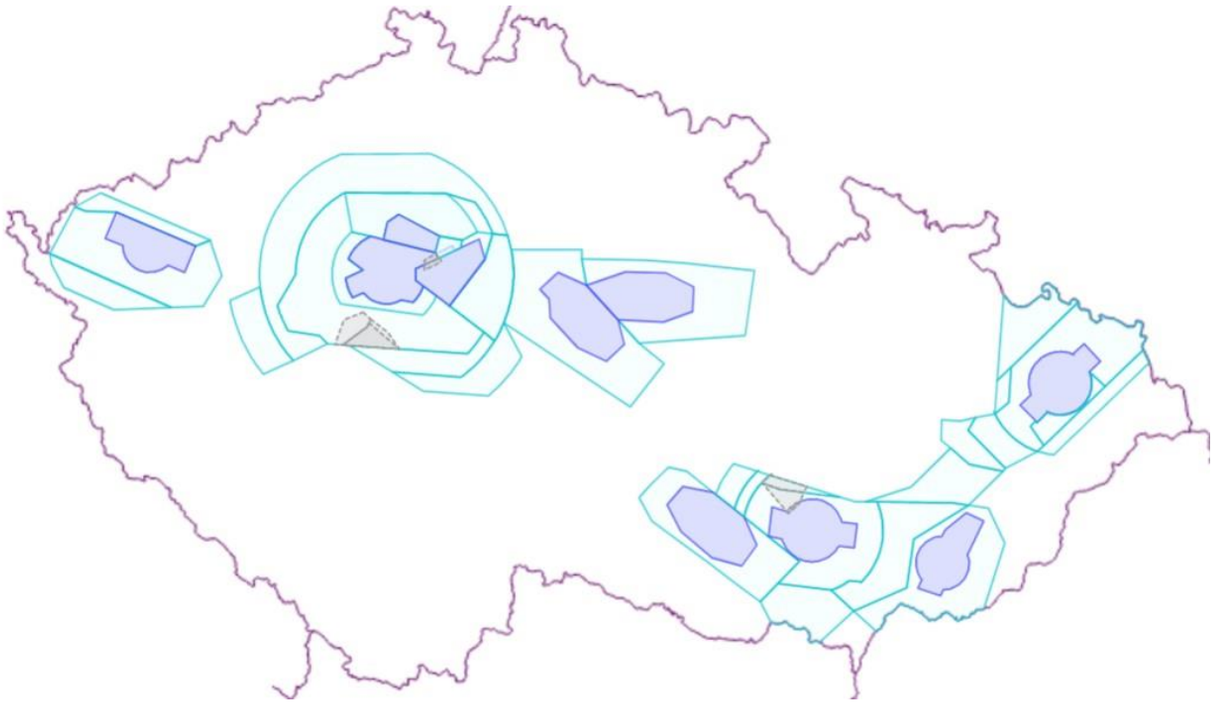
V České republice je vzdušný prostor vertikálně i horizontálně rozdělen do několika specifických kategorií. Ve vertikální rovnice je rozdělen na vzdušné prostory:

- Třída C
  - TMA Praha
  - Vzdušný prostor nad FL95 až FL660
- Třída D
  - CTR/MCTR a TMA/MTMA všech letišť s výjimkou TMA Praha
- Třída E
  - prostor mimo CTR/MCTR, TMA/MTMA a ATZ nad 1000 ft AGL do FL 95.
- Třída G
  - Prostory RMZ
  - s výjimkou CTR/MCTR vzdušný prostor od země do 1000 ft AGL;
  - prostor TRA GA.

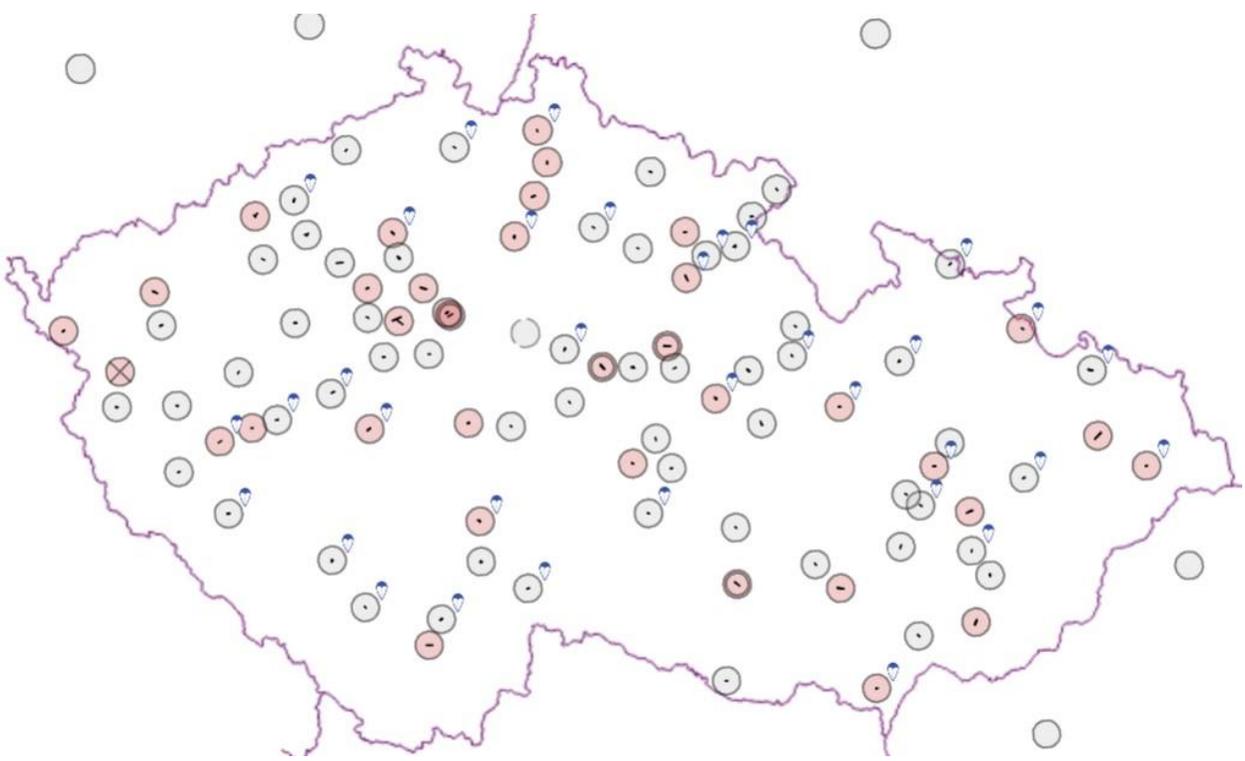


Obrázek 8: Vertikální rozložení vzdušného prostoru ČR [23]

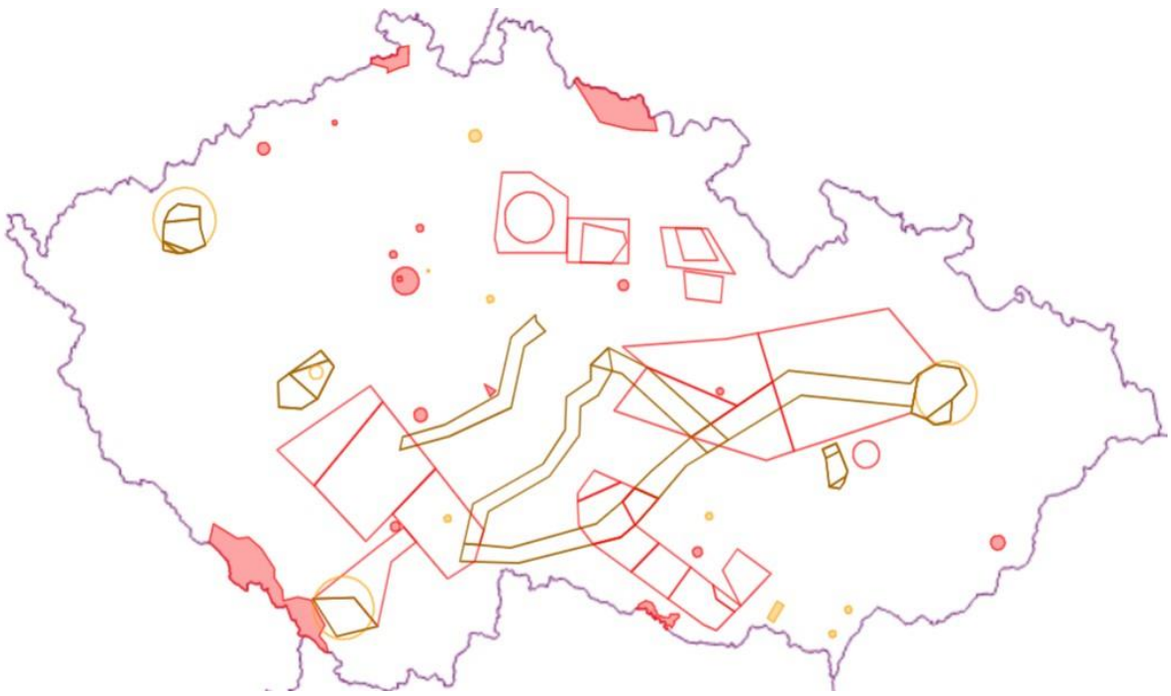
V horizontální rovině se do FL95 jedná o:



Obrázek 9: CTR, MCTR, TMA, MTMA



Obrázek 10: Letiště s ATZ



Obrázek 11: Oblasti Danger (žluté), Prohibited, Restricted (červeně vybarvené), Temporary Reserved Area (červené hranice), Temporary Segregated Area (hnědé hranice)

4.3 Operace s bezpilotními prostředky

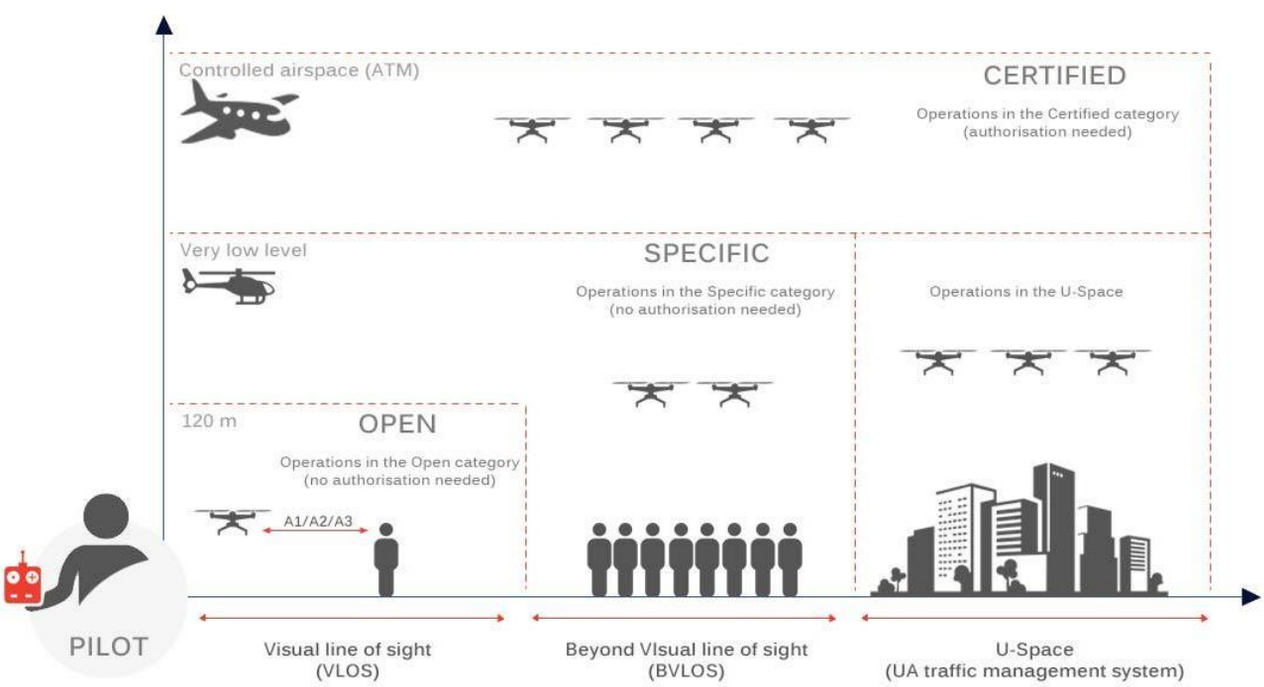
Je naprosto zřejmé, že naprostá většina operací s bezpilotními prostředky bude probíhat v prostoru třídy G, po souhlasu s místním ŘLP v prostorech třídy D a popřípadě v okolí malých letišť. V tuto chvíli se na tyto operace vztahuje Doplněk X Předpisu L2, který sleduje ICAO anex 2, zabývající se pravidly létání. Tento doplněk bude do jisté míry nahrazen novou legislativní složkou zabývající se přímo provozem bezpilotních prostředků.

V dosavadním znění, které se bude vyžadovat i nadále po zavedení nové legislativy, je nutné, aby dálkově řídící pilot měl po celou dobu letu bezpilotní prostředek v dohledu případně, aby měl s sebou proškolenou osobu, kterou jde následně použít jako pozorovatele, a tak zásadně rozšířit oblast ve které se může daný prostředek pohybovat.

vzlet/přistání	Osoby/stavby	Osídlený prostor
50 m	100 m	150 m

Tabulka 2: Min. horizontální vzdálenosti od osob/zástavby

V dnešní době jsou až na výjimky, které jsou ale zvlášť schvalovány Úřadem pro civilní letectví, UAS provozovány s vizuálním dohledem dálkově řídícího pilota a v prostorech třídy G. V případě že je let uskutečňován v rámci některého z řízených okrsků je třeba výslovné povolení místní letištní služby k vykonávání letů v rámci tohoto okrsku. Pilot se tedy musí ujistit, že všechny plánované operace jsou prováděny v rámci platné legislativy tedy v souladu s doplňkem X předpisu L2 [Příloha 4, 5, 6]. V poslední době pomáhají těmto pilotům nástroje jako jsou například mobilní aplikace Létejme zodpovědně, Airmap, které ale nejdou spárovat se všemi bezpilotními prostředky, popřípadě i přímo aplikace spojené se zařízeními podporujícími E-identifikaci jako jsou přístroje od společnosti MAIA nebo Drontag, které napomáhají dálkově řídícímu pilotovi udržovat komplexní přehled o letové situaci.



Obrázek 12: Možnosti provozu dle nově zaváděných kategorií provozu [24]

4.3.1 BVLOS Operace

Beyond Visual Line Of Sight operations, aneb operace, kdy pilot nemá samotný bezpilotní prostředek v dohledu, je jedno z nejdiskutovanější témat okolo UAS. Díky těmto operacím by bylo možné využít celý potenciál skrývající se v bezpilotních prostředcích ať už pro zajištění donáškové služby nebo třeba v rámci search and rescue misí, při kterých pomáhají už i dnes ve státech po celé planetě. V rámci těchto operací je bezpilotní prostředek kontrolován dálkově řídícím pilotem pomocí kamer a případně dalších senzorů. V budoucnu by pak mohly být bezpilotní prostředky provozovány zcela automaticky.

Celý tento koncept je ale velmi komplikovaný a přináší s sebou velmi rozsáhlé problémy. Například, proto, aby se bezpilotní prostředek mohl pohybovat bez dozoru dálkově řídícího pilota je nutné porozumět veškerým vzdušným prostorům, se kterými se může setkat. Následně musí pak dané situace okamžitě řešit a případně se těmto prostorům vyhnout v případě, že by mohlo dojít k jejím narušení. Stejným způsobem je nutné řešit i další letecký provoz pohybující se ve vzduchu, a tím pádem i splnit pravidlo “see and avoid“, které je zapracované do pravidel létání, což vznáší požadavky na dodatečné vybavení těchto prostředků nejen za účelem splnění požadavků E-identifikace, ale i identifikace vůči těmto letadlům s posádkou na palubě a v neposlední řadě služby řízení letového provozu. Dalšími otázkami je pak i automatizace těchto operací, zajištění bezpečnosti dalších osob a majetku, a tedy i samotná integrace bezpilotních prostředků do normálního leteckého provozu.

V rámci stávajících pravidel, ale i pravidel, které by měli vejít v platnost se s těmito operacemi počítá, nicméně operátory, mající zájem o tyto operace, bude čekat náročný proces schvalování příslušným úřadem, v našem případě úřadem pro civilní letectví, popřípadě místními úřady. BVLOS operace jsou nově definovány i výškou pohybu bezpilotního prostředku a to 120 m.

4.3.2 Geo-awareness

V rámci nové legislativy se často objevuje termín Geo-awareness ve spojení se zajištěním povědomí pilota o místních vzdušných prostorech. Je to v podstatě funkce daného zařízení vydat upozornění, že se bezpilotní prostředek blíží k daným prostorům, na základě znalosti jejich databáze a jejich statusu, tak aby dálkově řídící pilot nevstoupil s tímto prostředkem do aktivního prostoru, popřípadě aby nenarušil bezpečnost letu dalších uživatelů vzdušného prostoru.

4.3.3 Geo-fencing

Geo-fencing se na rozdíl od funkce Geo-awaress aktivně podílí na zamezení vstupu bezpilotního prostředku do určitého prostoru. V tomto případě dochází k porovnání polohy prostředku vůči databázi prostorů, stejně jako je tomu u funkce Geo-awareness nicméně prostředek již nespoléhá na zásah pilota, ale sám převezme kontrolu nad daným bezpilotním prostředkem a sám jej odchýlí od daného prostoru, popřípadě ukončí daný let.

Jedná se o velmi účinný nástroj, jak bojovat s bezpilotními prostředky a jejich piloty, kteří buďto nemají dostatečné znalosti k bezpečnému provedení letu nebo přímo úmyslně do těchto prostor vlétnou. Tato funkce ale není přítomna na všech bezpilotních prostředcích, a i když se v jistých případech dá zabezpečit využitím speciálního softwaru, není vyžadována jak stávající, tak připravovanou legislativou.

4.4 Návrh teoretického rozložení vzdušného prostoru

Již dnes jsme schopni po naší republice občas najít několikero vyhrazených prostorů pro provoz a testování bezpilotních prostředků, avšak do budoucna je nutné stávající prostory přehodnotit a definovat prostory pro běžný provoz bezpilotních prostředků.

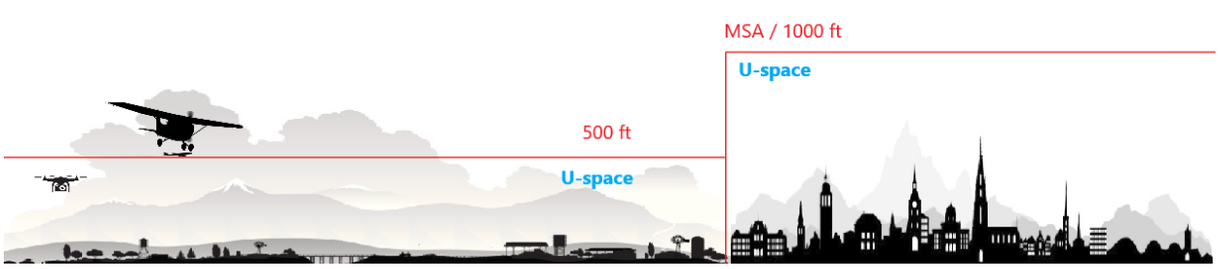
Ze stávajícího modelu vzdušného prostoru se nám nabízí několik možností řešení a kategorií prostorů pro pohyb UAS. Na každý z nich je ale nutné vytvořit specifické požadavky s tím, že do jisté míry bude nutné provést určité změny i pro letadla s posádkou na palubě.

Pro následné návrhy by bylo žádoucí, aby stanoviště řízení letového provozu byly vybaveny technologiemi kompatibilními pro sledování bezpilotního provozu a celkově začít zavádět principy UTM (U-space), kde je počítáno s variabilním využíváním vzdušných prostorů na základě stávající situace a kapacity prostoru. Dále by bylo naprosto nezbytné, aby veškeré bezpilotní prostředky byly adekvátně vybaveny, vyjma modelů letadel a bezpilotních prostředků, pro které jsou vytvořeny výjimky v legislativě. Bylo by nutné, aby každý tento bezpilotní prostředek byl vybaven a stále připojen k datové síti, za účelem získávání nejnovějších informací o aktivaci jednotlivých vzdušných prostorů a zajištění funkce Geo-fencing.

4.4.1 Nekontrolovaný prostor VLL U-space[2]

Stávající model, nám nabízí dvě možnosti definování nových prostorů, u kterých se musí samozřejmě počítat se stávajícími zakázanými a omezenými prostory, kde ale, v případě aktivace, nejsou lety bezpilotních prostředků povoleny i dnes. V těchto VLL (very low level) prostorech by se od bezpilotních prostředků stále vyžadovalo dodržování bezpečných rozestupů od překážek, dodržování maximální výšky, E-identifikace a data o poloze, nicméně by zde nedocházelo k žádné zásadní regulaci, spíše by se spoléhalo, že případné konfliktní situace budou řešit přímo samotní dálkově řídící piloti a případně doplňkové funkce bezpilotního prostředku nebo dalších zařízení, které na něj budou připevněna.

- Prostor nad neobydlenými oblastmi, kde letadla s posádkou na palubě, mohou létat v minimální výšce 500 ft nad okolním terénem
- C1000 ft nad obydlenými oblastmi, popřípadě pod minimální bezpečnou výškou, pokud je publikovaná pro danou oblast



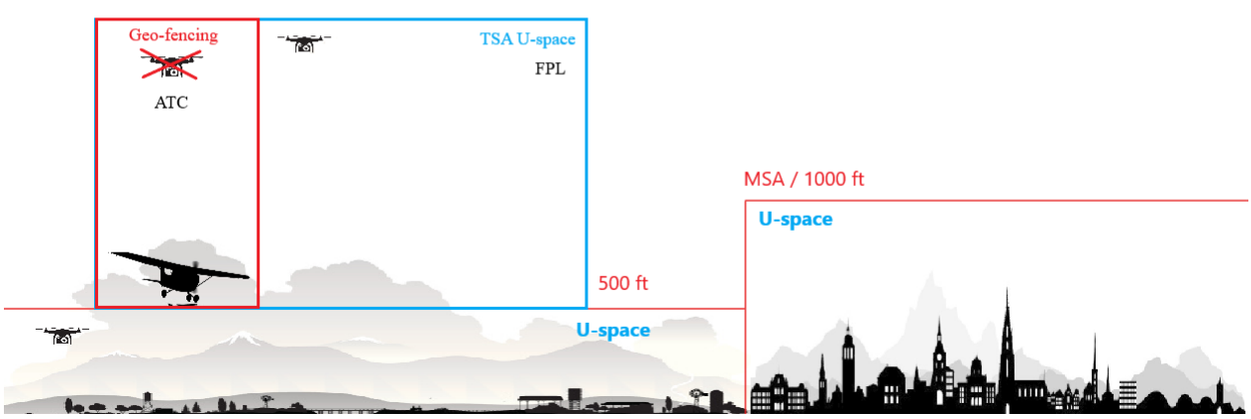
Obrázek 13: Nekontrolovaný prostor U-space

V těchto prostorech se již dnes provádí naprostá většina letů s bezpilotními prostředky. Mohou samozřejmě nastat případy, kdy je letadlo v nouzi a musí tímto prostorem proletět z důvodu provedení nouzového přistání. Nicméně je velice nepravděpodobné, že by v tomto případě narazil na probíhající let bezpilotního prostředku. Případně se dá uvažovat, že by se v těchto prostorech pohybovaly převážně prostředky, které jsou provozovány za stálého dohledu a dálkově řídící pilot by si proto nejspíš tohoto letadla v nouzi všiml a následně se mu se svým prostředkem vyhnul. Dalším způsobem, jak tyto teoretické konflikty řešit, je vybavit tyto GA letadla zařízením schopným sdílet svá polohová data přes mobilní sítě. Potom by, po zavedení UTM, mohla tyto letadla komunikovat s bezpilotními prostředky pohybujícími se v těchto prostorech.

[2] Termínu U-space zde není užíváno ve smyslu jeho plné definice, spíše pak jako oddělení navrhovaných vzdušných prostorů od stávajících.

4.4.2 Dočasně vyhrazené prostory TSA U-space

V určitých případech, bude ale nutné z VLL U-space prostoru vylétnout za účelem provedení určitého letového úkonu. V těchto případech by bylo nutné vykonstruovat zcela nové prostory přímo určené pro bezpilotní prostředky, které by byly vždy aktivovány či deaktivovány na základě žádosti jednotlivých provozovatelů. Tyto prostory by byly konstruovány do maximální výšky 5000 ft, aneb převodní výšky, do které se veškeré výšky referují jako tzv. “altitude“. Případně se takto dají vytvořit i koridory pro pohyb bezpilotních prostředků nad většími městy i v prostorech VLL. Pro konstrukci těchto prostoru by bylo nutné zvážit důvody zavedení a je-li tento prostor opravdu nutné vytvořit. Tyto prostory by již z principu mohly omezovat stávající provoz a bylo by tak nutné těmto prostorům určit odpovědné stanoviště, které by pak v době aktivace povolovalo jednotlivé činnosti bezpilotních prostředků. Do těchto prostorů by byl dalším letadlům s posádkou na palubě vstup povolen, ale bylo by nutné, aby byly vybaveny adekvátním způsobem pro identifikaci v prostoru. V těchto případech by se totiž k variabilnímu využití prostoru dalo využít funkce Geo-fencing nebo i Geo-awareness, kdy by se kolem každého letadla, případně kolem jeho zamýšlené trati, vytvořil jakýsi koridor, do kterého by byl bezpilotním prostředkům zamezen vstup.



Obrázek 14: Částečně kontrolovaný prostor TSA U-space

Na podobném principu vytvoření přesně definovaného koridoru by se daly vytvořit i průlety v okolí řízených letišť a jejich řízených okrsků pro bezpilotní prostředky.

V těchto prostorech by byly již všem uživatelům poskytovány určité informační a koordinující služby za účelem udržení bezpečnosti a plynulosti provozu. V případech bezpilotních prostředků by tak bylo zajištěno pomocí napojení řídící stanice případně aplikace používané pro řízení UAS na datové sítě, pomocí kterých by byly stahovány nejnovější informace a omezení. V případě letadel s posádkou na palubě by tak nemuselo být vyžadováno dovybavení letadla systémy, které by byly kompatibilní se systémy UAS. Naopak by se v těchto prostorech mohlo vyžadovat od bezpilotních prostředků vybavení se zmiňovanou funkcí geo-fencing nebo ve speciálních případech i zařízení, které by umožnilo letadlům prostředek identifikovat pomocí systému TCAS a jemu podobných. Z těchto důvodu by bylo pro UAS povinné vždy podat letový plán na danou činnost a operace zahájit pouze po obdržená povolení od místní složky řízení letového provozu.

4.4.3 Shrnutí návrhu

Po uvážení dostupných zdrojů, zejména pak po přečtení vypracované studie organizace EASA na toto téma, byly navrženy dvě možnosti počátečního řešení integrace bezpilotních prostředků. První VLL prostor se nám nabízí jako jasné řešení, které by mohlo mít permanentní charakter za předpokladu, že se uváží případné situace, kdy by mohlo dojít ke sblížení UAS s letadlem s posádkou na palubě.

Dalším návrhem je nově definovat a využívat časově vyhrazené prostory pro potřeby bezpilotních prostředků. Do těchto prostorů by normální dopravě byl vstup povolen, ale letouny by musely být adekvátně vybaveny tak, aby se bezpečně určila jejich poloha v prostoru a následně se tak dalo vytvořit bezpečného koridoru pro jejich průlet. Nejednalo by se o řešení permanentního typu, ale v průběhu zavedení tohoto řešení by bylo možné testovat nové postupy a opatření tak, aby v budoucnosti bylo možné bezpilotní prostředky plně integrovat do leteckého provozu s minimálním rizikem, aniž by se jim určovaly speciálně vymezené prostory pro provoz.

Pro pohyb bezpilotních prostředků v okolí velkých řízených letišť, ale i malých letišť s ATZ, by se v principu nic neměnilo od stávajících postupů a stále by bylo nutné dodržovat stanovené maximální výšky a horizontální hranice pro pohyb UAS. Zároveň by bylo nutné v těchto zónách a jejich okolí tento provoz koordinovat případně si vyžádat povolení pro danou činnost.

Zavedení těchto návrhů by vyžadovalo vynaložit nemalé prostředky na dovybavení všech bezpilotních prostředků, letadel a na vývoj a koupi nových systémů řízení letového provozu, které by podporovaly jednotlivé důležité funkce k zabezpečení těchto prostorů. S určitými změnami se již počítá a jednotlivá opatření k jejich zajištění se budou zavádět pomocí jednotné evropské legislativy se záměrem docílit zavedení všech cílů a aspektů konceptu U-space.

4.5 Shrnutí kapitoly

V této kapitole byly shrnuty základní požadavky na identifikační vybavení letounů v rámci České republiky a rovněž bylo přiblíženo základní rozdělení vzdušného prostoru do letové hladiny 95, což odpovídá přibližně výšce 3000 m.n.m. Pro bezpilotní prostředky nejsou v doplňku X žádné stálé požadavky na identifikační vybavení, ale v případě, že ÚCL rozhodne o nutnosti bezpilotní prostředek bezpečně identifikovat, je provozovatel povinen bezpilotní prostředkem příslušně dovybavit.

Dále je přiblížen Doplněk X předpisu L2 a tři důležité pojmy pro budoucí rozvoj bezpilotních prostředků a jejich následnou integraci do provozu. Pojmy Geo-awareness a Geo-fencing hrají totiž velmi důležitou roly v budoucím rozvoji bezpilotních prostředků a jejich bezpečné integraci do provozu.

Poslední část se zabývá návrhem teoretického uzpůsobení vzdušného prostoru, který by podporoval integraci bezpilotních prostředků do běžného provozu. Zprvu by se mohlo jednat právě o tyto dva navrhované prostory, na kterých by si bylo možné otestovat nově zaváděné technologie a zároveň začít zavádět koncept UTM. Tím, že by se tento koncept zaváděl postupně, jen v určitých prostorech, by se docílilo přechodného období, kdy by se ostatním subjektům využívající vzdušný prostor umožnilo seznámit s novými pravidly a požadavky.

5 INTEGRACE UAS NA ZÁKLADĚ IDENTIFIKAČNÍHO VYBAVENÍ

UAS se pomalu, ale jistě stávají každodenním faktem, se kterým se musí ve vzdušném prostoru počítat. Z toho důvodu by se měly vyčlenit přiměřené zdroje pro řešení, jakým způsobem tyto prostředky integrovat do běžného provozu tak, aby nedocházelo k omezení stávajícího provozu ani bezpilotních prostředků.

V rámci provedení srovnání jednotlivých možností budou rozebrány vybrané, vzájemně se odlišující, možnosti zajištění E-identifikace. U každé možnosti zabezpečení E-identifikace je proveden výčet funkcí, SWOT analýza a další příležitosti spojené s použitím daného zařízení. Dále je sepsán krátký plán integrace jednotlivých zařízen do stávajícího systému případně jeho použití v budoucích systémech řízení letového provozu. Nakonec jsou ještě sepsány jednotlivé omezující prvky zařízeních, které jsou také uvedeny v závěrečné tabulce, kde jsou porovnávány spolu s dalšími prvky a funkcemi jednotlivých zařízení.

5.1 Výchozí stav

Nařízení a nová legislativa zabývající se problematikou identifikace bezpilotních prostředků by měla vejít v platnost v prosinci 2020. Do té doby se na provoz bezpilotních prostředků a prostředky samotné vztahují stávající vnitrostátní pravidla. To znamená, že identifikační vybavení musejí mít pouze ty prostředky po kterých tak vyžaduje ÚCL. Na druhou stranu bude po zavedení nové legislativy, v rámci přechodného období, umožněno létat i bezpilotním prostředkům bez vyžadovaného vybavení.

V první řadě by po zavedení legislativy mělo hlavně jít o zprovoznění e-registrace, kdy se jednotlivý uživatelé bezpilotních prostředků, na které se tato povinnost bude vztahovat, budou muset registrovat pomocí internetového formuláře. Dále se jedná také o přesné zařazení do nově definovaných kategorií provozu s přesně danými pravidly, a nakonec i definování povinnosti vybavení bezpilotních prostředků zařízeními pro E-identifikaci a dalšími pomocnými funkcemi, které byly probrány v předcházejících kapitolách.

E-identifikace bude po zavedení legislativy využívána hlavně ke kontrole jednotlivých bezpilotních prostředků a zdali jsou provozovány v mezích pravomocí jejich provozovatelů a samozřejmě v mezích pravidel vztahující se na jejich provoz. Do budoucna budou mít výhodu ty technologie, které jsou přenosné, skladné a pracující na principu, jež umožní co nejjednodušší zisk dat a který bude schopný zabezpečit i budoucí požadavky, chystané v dalších fázích zavádění nových technologií a legislativy.

5.2 Zařízení pro přenos dat pomocí mobilních sítí

Technologie, které ke sdílení dat využívá mimo jiné i datové sítě, v Evropě vyvíjí několik společností. Jejich základní princip činnosti je velmi podobný, kdy je využito například technologie Bluetooth k zabezpečení lokální E-identifikace a zmiňovaných datových sítí k zabezpečení budoucí kompatibility se systémy UTM. Z toho důvodu budou v této podkapitole rozebrány jako celek a přiblíženy budou dále jen dva způsoby BLIP a Dronetag.

5.2.1 BLIP

Ve své dosavadní formě nám zařízení BLIP a aplikace používané pro jeho ovládání umožňují využívat několik jeho funkcí:

- E-identifikace
- Live tracking
- Geo-awareness (pomocí aplikace)
- Zobrazení dalšího provozu se stejným zařízením (pomocí aplikace)
- Správa letů (pomocí aplikace)
- Databáze užívaných bezpilotních prostředků za účelem rychlého nahrání dat pro vysílání informací E-identifikace (pomocí aplikace)

5.2.1.1 Další příležitosti projektu

Hlavním cíle společnosti UNIFLY je vyvíjet a zavádět technologie pro UTM, jde proto předpokládat, že všechny zařízení vyvinuté touto společností budou plně kompatibilní s dalšímu systémy ATM v rámci EU. Díky jejich aplikaci “UNIFLY supervisor portal“, která je také plně kompatibilní se systémy řízení a správy leteckého provozu používané v Evropské unii, je možnost připojit výstupy získávané z bezpilotních prostředků sdílející informace o své poloze na základě jakékoliv aplikace E-identifikace. Tímto systémem, díky jeho možnostem přístupu a úpravy prostorům určených pro provoz bezpilotních prostředků v reálném čase, by bylo možné docílit variabilního a efektivnějšího využívaní vzdušného prostoru pro všechny jeho uživatele, tak jak je to nastíněno v předešlé kapitole. Avšak musí být zajištěno, že jednotlivé bezpilotní prostředky či jejich ovládací stanice jsou po celou dobu připojeny k datovým sítí a je jim tak umožněno získávat nejnovější informace ze středisek ATM.

5.2.1.2 Integrace

Pro přístup k datům v nejjednodušší formě je zapotřebí jen zabezpečené aplikace, která se bude dát stáhnout do mobilních zařízení. Pro všechny zaujaté státní složky, které budou tyto informace využívat, proto není nutné vynaložit velké finanční prostředky k zabezpečení těchto informací z bezpilotních prostředků.

Velkou výhodou tohoto zařízení je fakt, že firma financující tento projekt, má jádro svého podnikaní ve vývoji komplexního řešení UTM technologií, které se již nyní snaží testovat a implementovat v oblasti Beneluxu. Z toho důvodu je možné toto zařízení testovat v mnohem větším měřítku společně s principy UTM. To znamená, že se zkouší i funkce nad rámec E-identifikace, které jsou ale kritické pro další fáze zavádění nových pravidel a technologií v ATM.

5.2.2 Dronetag

Ve stávajícím stádiu vývoje zařízení od Dronetagu se uvažuje o zabezpečení následujících funkcí:

- E-identifikace
- Live tracking
- Geo-awareness (pomocí aplikace)
- Správa letů (pomocí aplikace)
- Možnost vzdáleného ovládání bezpilotního prostředku a jeho systému přes datové sítě (zatím ve vývoji)
- Použitelnost na dalších zařízení

5.2.2.1 Další příležitosti projektu

Tým Dronetagu, stejně tak jako tým společnosti UNIFLY, úzce spolupracuje s řízením letového provozu, tak aby výsledné zařízení mělo funkce nad rámec požadavků E-identifikace a splňovalo tak požadavky i v průběhu budoucích fázích zavádění nových pravidel a technologií UTM.

Tím, že je toto zařízení od začátku vyvíjeno s úmyslem možného vzdáleného ovládání bezpilotního prostředku, si získává vekou výhodu, co se týče možných aplikací a využití v různých druzích provozu jako je třeba SAR, ale i například v rámci integrace do provozu BVLOS.

5.2.2.2 Integrace

Stejně tak jak u jemu podobných aplikací E-identifikace není zapotřebí velkého úsilí nebo velkých finančních investic k zisku dat z palubního zařízení pro účely E-identifikace. K tomuto účelu bude vyvinuta zabezpečená aplikace, pomocí které bude možné jednotlivé bezpilotní prostředky vzdálené sledovat a kontrolovat.

5.2.3 SWOT analýza

Silné stránky	Slabiny	Příležitosti	Rizika
Možnost využití na více než jednom bezpilotním prostředku	Závislost na signálu	Rozšíření trhu s identifikačními prostředky	Napadení datového spoje/ Zneužití dat
Není potřeba zajištění přímé viditelnosti příjmače a vysílače	Zobrazení dalšího provozu (jiné aplikace)	Zavedení nových systémů a zařízení pro řízení a kontrolu letu	
Jendoduchost nahrávání informací			
Zajištění funkce Geo-awareness nezávisle na funkcích UAS			
Vzdálené ovládání UAS			
Kompatibilita s budoucími systémy sledování letu			

5.2.4 Limitace zařízení pro přenos dat pomocí mobilních sítí

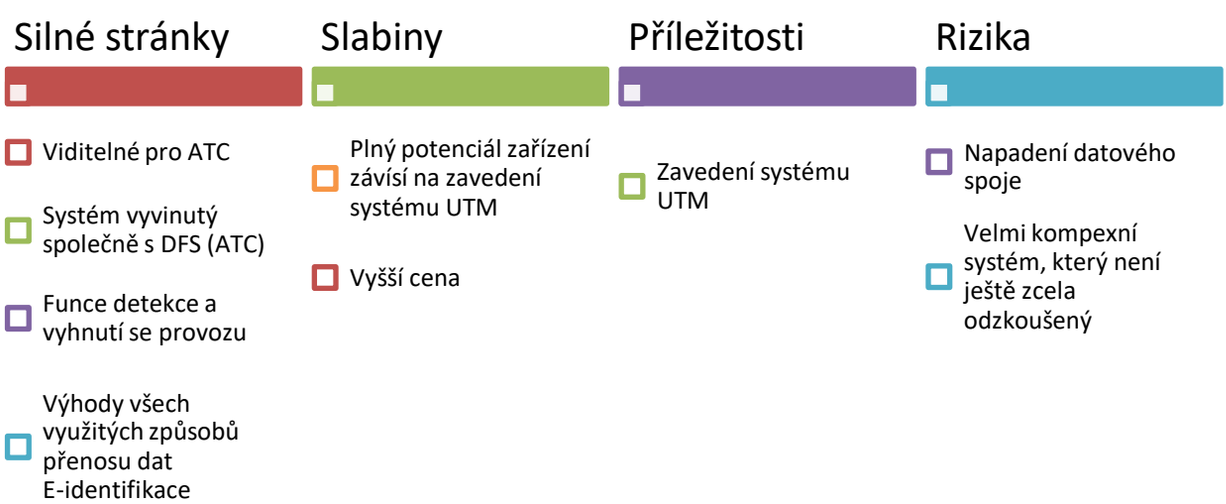
Jak již bylo řečeno jedná se o velmi dobré řešení celé situace ohledně E-identifikace, avšak problém spočívá, že tyto zařízení jsou stále ve fázi vývoje, a tudíž ještě nejsou volně k dostání na trhu, případně jen v omezené míře. Dronetag i BLIP jsou jen dvě z mnoha podobných zařízení, která se vyvíjí napříč Evropou. I když to samotná E-identifikace nevyžaduje, tak tento segment může limitovat i samotná kompatibilita jednotlivých zařízení s dalšími podobnými systémy. To znamená, že jednotlivé zařízení spolu prozatím nekomunikují, tak aby zobrazovali další provoz a rozšířili tak prostorovou informaci dálkově řídícímu pilotovi. Tento fakt může ve výsledku odradit některé možné zákazníky, kteří si kvůli tomuto důvodu pořídí jiné zařízení, které tento prvek zajistí. Tato situace se bude nejspíše řešit až v dalších fázích zavádění nových pravidel pro bezpilotní prostředky a zavedením systému UTM samotným, kdy jednotlivá zařízení budou muset s tímto systémem komunikovat. Systém UTM tak bude shromažďovat informace o poloze těchto zařízení a následně je sdílet se všemi kompatibilními účastníky leteckého provozu.

5.3 Kombinovaná zařízení – Droniq

Pokud by zařízení využívalo všechny způsoby šíření dat E-identifikace, systém UTM by byl v provozu a řídící zařízení nebo program daného prostředku by byl schopný stahovat nejnovější informace ze zmíněného systému UTM, pak by Droniq umožňoval:

- E-identifikace
- Live tracking
- Geo-awareness (pomocí aplikace)
- Geo-fencing (data z UTM)
- Zobrazení dalšího provozu (FLARM/data z UTM)
- Funkce vyhnutí se dalšímu provozu (data z UTM)
- Správa letů (pomocí aplikace)
- Použitelnost na dalších zařízení

5.3.1 SWOT analýza



5.3.2 Další příležitosti projektu

Zařízení Droniq v sobě kombinuje všechny výhody zmiňovaných způsobů přenosu FLARM a přenosu pomocí datových sítí. Schopnost zajistit vyhnutí se dalšímu provozu na základě přijímání signálů z dalších zařízení FLARM a letadel vybaveným systémem ADS-B pak velmi zvyšuje výslednou bezpečnost provozu bezpilotních zařízení a ulehčuje samotnou integraci těchto zařízení mezi další letecký provoz. Plný potenciál tohoto zařízení je ale skryt ve využití vyvíjeného systému UTM a způsobu sdílení informací mezi jednotlivé uživatele vzdušného prostoru. Tento systém UTM by byl schopen shromažďovat potřebné polohové informace od dalšího provozu i v případech, kdy bezpilotní prostředek není vybaven modulem pro sdílení dat pomocí mobilních sítí. Díky tomuto systému by byly teoreticky umožněno využívat bezpilotní prostředky pro BVLOS operace s podmínkou využití řídícího zařízení nebo aplikace, která má přístup k datovým sítím, díky kterému by byl bezpilotní prostředek schopen flexibilně reagovat na aktivace jednotlivých vzdušných prostoru či na další provoz v jeho okolí.

5.3.3 Integrace

Toto zařízení pro zabezpečení E-identifikace využívá modul FLARM. Proto je k získání dat potřebné dedikované zařízení, které je schopno přijmout radiový signál z bezpilotního prostředku. Nicméně díky tomu že toto zařízení využívá i technologii, která sdílí potřebné informace pomocí mobilních sítí, je opět docíleno toho, že se tyto data dají získat jednodušeji na dálku. Dotčené úřady musejí jen získat speciálně vytvořenou a zabezpečenou aplikaci, která je schopna zobrazit informace o bezpilotním prostředku a jeho provozovateli, které jsou uloženy na cloudových úložištích.

V dnešní době, s ohledem na dostupné zdroje, je tento způsob E-identifikace společně se samotným zařízením FLARM, schopen jako jediný reagovat na téměř všechny uživatele vzdušného prostoru. Díky tomu, že tento prostředek je schopen i informaci o své poloze sdílet, pak jako jediný z nově vyvinutých zařízení, aktivně přispívá k navýšení bezpečnosti provozu.

Po dokončení všech fází integrace bezpilotních prostředků do běžného provozu a zároveň zavedení systému UTM, je tento systém, z pohledu jeho budoucích aplikací, velmi slibný. E-identifikace je jen jeho součástí, ale hlavní funkcí je již testovaný systém sdílení dat, jejich vyhodnocování a reagování na ně. To znamená, že integrace těchto zařízení do systému UTM měla být velmi jednoduchá.

5.3.4 Limitace

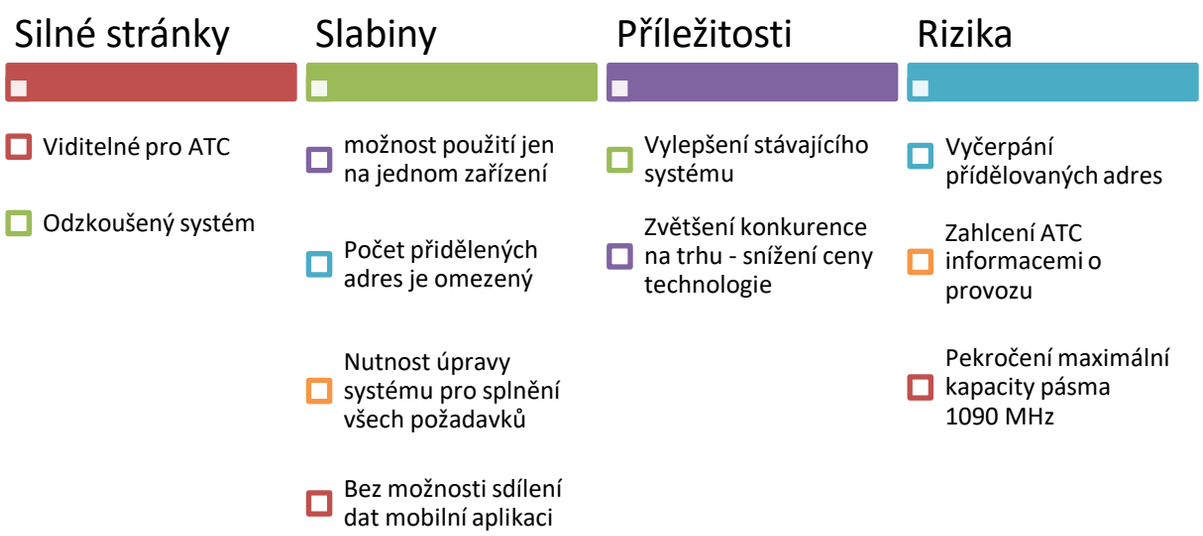
Potenciál tohoto zařízení spočívá právě v jeho využití v rámci systému UTM a při samotných BVLOS operacích. Tím že byl Droniq vyvíjen v rámci celého projektu společně se systémy UTM se jeho cena zvýšila. Toto společně s faktem, že zařízení v této podobě bude splňovat jen základní požadavky E-identifikace a vyspělé funkce budou zpřístupněny až po zavedení fungujícího systému UTM, může být rozhodující při rozhodování jednotlivých provozovatelů o jeho koupi.

Co se týče provozních limitací je Droniq omezen dostupností signálu zmiňovaných mobilních sítí, což může tento prostředek limitovat z pohledu využití ve vyšších výškách, a zajištěním dostatečně silného zdroje napájení. To může být zajištěno přímo ze zdroje bezpilotního prostředku nebo pomocí powerbanky napájející pouze toto zařízení.

5.4 SSR

Systém sekundárního radaru by v aktuální podobě byl schopen zajistit pouze živé sledování polohy bezpilotního prostředku v 3D prostoru, a to pouze složkami řízení letového prostoru. Dále by bylo zajištěno detekování bezpilotního prostředku vůči letadlům vybaveným protisrážkovým systémem, které by mohli svůj let případně upravit a tomuto prostředku se vyhnout. Systém sekundárního radaru není ale uzpůsoben tak, aby splňoval požadavky E-identifikace a byla by proto nutná úprava s úmyslem tyto požadavky splnit. V dnešní době se výrobci tuto úpravu provést nechystají.

5.4.1 SWOT analýza



5.4.2 Další příležitosti projektu

Pro zajištění přístupnosti dat o bezpilotních prostředcích by bylo nejdříve nutné vyvinout speciálně dedikovanou aplikaci s napojením na centrální databázi, která by shromažďovala informace z e-registrace o provozovatelích a jejich bezpilotních prostředcích. Dále by bylo nutné spojit tuto aplikaci se systémy řízení letového provozu odkud by čerpala data o aktuální poloze bezpilotních prostředků ze stanovišť sekundárního radaru.

Z důvodu snížení výsledných nákladů by se tato aplikace mohla za poplatek zpřístupnit širší veřejnosti, které by ale byl odepřen přístup ke všem datům o provozovateli. Tato aplikace by v určité modifikaci mohla sloužit i pro zajištění funkce vyhnutí se nebo upozornění na další provoz v okolí bezpilotního prostředku, a tak přispět ke zlepšení povědomí dálkově řídícího pilota o svém okolí.

5.4.3 Integrace

Integrace systémů SSR, v rámci zavádění E-identifikace, je komplikovaná otázka, která by vyžadovala samostatné zkoumání, zdali je tento systém možné vůbec upravit tak, aby splňoval požadavky E-identifikace.

Kompatibilita se stávajícími způsoby zajištění prevence srážek jako je systém TCAS/ACAS je velkou výhodou a důvodem tyto technologie aspoň v určitých modifikacích nějakým způsobem využít i v případě bezpilotních prostředků. Nicméně, v první fázi zavádění těchto zařízení, mají být tyto data přístupna státním složkám pro kontrolu a vymáhání jejich pravomocí, nikoliv pro zajištění funkčnosti jakýchkoliv jiných systémů.

Pro účely zisku dat z bezpilotních systémů by bylo nutné vyvinout dedikované zařízení (přenosný dotazovač), který by komunikoval s palubním odpovídačem a, který by zároveň nebyl schopný, svým vysíláním vyvolat odpověď z odpovídačů na palubách letadel s posádkou na palubě.

5.4.4 Limitace

Jako každý systém je i SSR zatížen jistými nedostatky, které jej limitují v jeho provozu. Tento systém je limitovaný, co se týče prostředí. Užití v hornatých oblastech, popřípadě provozuschopnost v nízkých výškách nad zemí je v nejlepších případech dost komplikovaná. Z toho důvodu jsou například v rakouských alpách zaváděny systémy multilaterace. Pro provoz na bezpilotních prostředcích by proto muselo dojít k doplnění infrastruktury přijímačů odpovědí a dotazovačů, případně k vytvoření dedikovaného zařízení s možností komunikace se zařízením na palubě bezpilotního prostředku tak, aby je dané orgány mohly plošně kontrolovat ve všech výškách a oblastech.

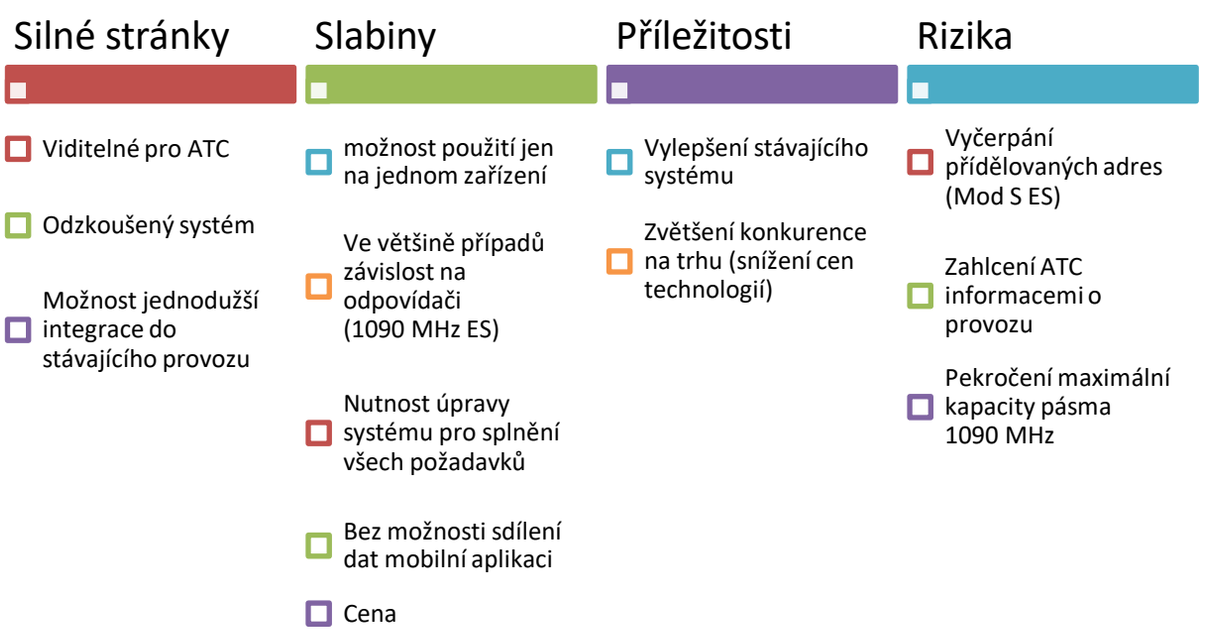
Překážkou zdárné integrace sekundárního radaru do provozu bezpilotních prostředků je i samotný princip činnosti tohoto systému a nutná úprava, aby splňoval všechny podmínky pro E-identifikaci. Například vysílání polohy dálkově řídícího pilota nebo místo vzletu tato technologie nedokáže v nynější podobě zabezpečit. Další obecnější problém spočívá v tom, že každý odpovídač vlastní specifickou adresu, která je nutná pro identifikování vždy jednoho zařízení, které je spojeno přímo s letadlem. V případě integrace i na bezpilotní prostředky by tak mohlo dojít k vyčerpání adres nebo v případě masivního využití této technologie a neodfiltrování odpovědí od bezpilotních prostředků i k zahlcení řídících letového provozu nepotřebnými informacemi.

5.5 ADS-B

Zařízení, která jsou nabízena pro užití na bezpilotních prostředcích, se velmi liší svými výkonostmi, cenou, použitým způsobem přenosu a jednotlivými funkcemi, které jsou schopny poskytnout. Nehledě na jednotlivé varianty a výrobce, ale můžeme uvažovat, že technologie ADS-B by byla po jistých úpravách teoreticky schopna zabezpečit:

- E-identifikace
- Live tracking

5.5.1 SWOT analýza



5.5.2 Další příležitosti projektu

Stejně jako u SSR by bylo potřeba vyvinout prostředek nebo aplikaci, která by umožnila propojit data získávané sítí přijímačů s daty z e-registrace provozovatelů bezpilotních prostředků a následně je sdílela se státními orgány, které budou provádět kontrolu těchto bezpilotních prostředků a jejich provozovatelů. Opět by se dalo využít leteckých nadšenců a tuto aplikaci modifikovat a zpřístupnit jim ji za určitý poplatek.

5.5.3 Integrace

Integrace těchto systémů na bezpilotní prostředky a následně do reálného provozu, je spjata s několika překážkami, které spočívají se samotnou úpravou těchto zařízení tak, aby byla v souladu s legislativními požadavky na E-identifikaci. Pokud by ale tato úprava proběhla vyvstává jeden hlavní problém. A to je, že tato technologie je stále závislá na přímé viditelnosti vysílače přijímačem čili je problematické získat data, pokud je bezpilotní prostředek v prostředí zástavby případně ve velmi nízkých výškách, stejně jak je tomu u SSR. Proto by bylo nutné rozšířit dosavadní infrastrukturu příjímacích stanic, nebo opět k vytvoření dedikovaného zařízení, které by tuto funkci zabezpečilo na kratší vzdálenosti. V tomto případě by se daly využít sítě přijímačů osob, popřípadě asociacích, kteří tyto malé zařízení mají již nainstalované pro získávání dat z letadel s posádkou na palubě. Dále by bylo nutné i vyvinout aplikaci pro zobrazení dat určeným orgánům tak, aby byly splněny požadavky E-identifikace.

V dnešní době pracuje většina ADSB zařízení, určená pro montáž na bezpilotní prostředky, na principu modu-S ES. Ač je úprava možná, nepočítá se s hromadným upravování těchto zařízení jejími výrobci, jako jsou např. uAvioni nebo Sagatech. Spíše se očekává, že v případě integrace bezpilotních prostředků mezi další letadla s posádkou na palubě, bude vydán požadavek, aby tyto prostředky byly vybaveny identifikačním vybavením, které bude kompatibilní s používanými proti srážkovými systémy.

Z pohledu řízení letového provozu by budoucí integrace těchto zařízení do běžného provozu nevyžadovala téměř žádné změny, jelikož ADSB je již využíváno po dlouhou dobu v letecké dopravě. Mohlo by ale dojít k tomu, že v případě neodfiltrování signálů od bezpilotních prostředků, by se řídící zahltil nedůležitými informacemi o provozu a mohlo by dojít ke ztrátě povědomí o aktuálním dění letadel, která potřebují přesné instrukce. Dále, kdyby se plošně zavedla tato technologie, by byla nutná regulace z pohledu používaného přenosového způsobu, jelikož by mohlo dojít k vyčerpání adres odpovídačů.

5.5.4 Limitace

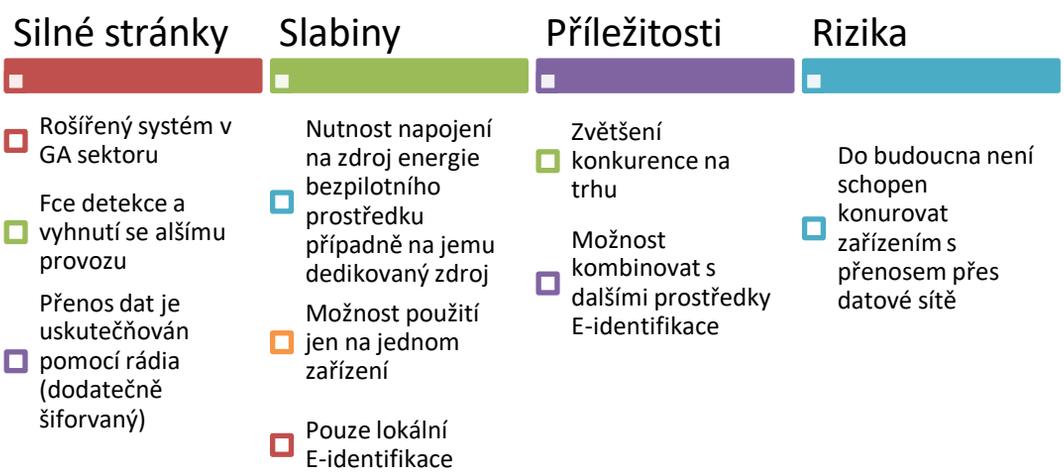
V současné době dochází k povinnému zavádění této technologie do běžného provozu letadel s lidskou posádkou na palubě. Celý proces je ale velmi finančně nákladný. Co se týče provozních limitací, je jako u dalších podobných systémů potřeba zajistit přímou viditelnost vysílače pro správnou činnost. V moderní podobě již tento systém netrpí na nedostatky z minulosti, kdy docházelo k vytváření neexistujících cílů jak pro letadla, tak pro řízení letového provozu, ale zcela zabezpečuje sdílení všech potřebných dat do okolí. Tím, že je ale tento způsob úzce spjat s využíváním stejných kódů na identifikaci, jako využívá systém SSR, je pak limitován samotným počtem možných používaných adres. Velkou limitací je i fakt, že někteří výrobci těchto systémů ani nepočítají s využitím v rámci E-identifikace, a proto jejich systémy ani neupravují za tímto účelem.

5.6 FLARM

Zařízení FLARM je schopno samo o sobě případně v kombinaci s řídícím softwarem zabezpečit:

- E-identifikaci (lokální)
- Live-tracking
- Geo-awareness (pomocí aplikace)
- Funkce detekce a vyhnutí se dalšímu provozu

5.6.1 SWOT analýza



5.6.2 Další příležitosti projektu

Jako jediný způsob zajištění E-identifikace se FLARM zaměřil i na zajištění funkce detekce a vyhnutí se dalšímu provozu což má velkou výhodu co se provozu a zajištění bezpečnosti týče, a to i v případě dalšího leteckého provozu v kategorii GA. Dále možnost tyto zařízení kombinovat s ostatními způsoby E-identifikace je velmi zajímavá, jelikož můžete eliminovat mnoho nevýhod jednotlivých řešení se zachováním jejich předností.

5.6.3 Integrace

V případě integrace systému FLARM, aniž by se kombinoval s dalšími způsoby, by bylo nutné vybavit jednotlivé státní složky nezbytnými prostředky pro sběr těchto dat. To by samo o sobě vyžadovalo investici pro koupi dedikovaného zařízení, které je schopno tyto data shromažďovat a následně je zobrazovat uživateli. Ačkoliv při koupi tohoto zařízení defacto bezpilotní prostředek splní požadavek na E-identifikaci není prozatím mnoho způsobů, jak tyto data získat. Proto i samotná společnost FLARM tyto prostředky nevyrábí se záměrem je samostatně prodávat. V případě kombinace se zařízením pro sdílení dat pomocí datových sítí je tento problém následně zčásti vyřešen a je potřeba jen mobilní aplikace s přístupem k internetu tak aby byla data stažena.

5.6.4 Limitace

FLARM, jakožto platforma pro zajištění rozšířené prostorové situace pilotovi menšího letadla všeobecného letectví, je naprosto dostačující. V rámci implementace na bezpilotní prostředky však vyvstávají zásadní problémy. I přes veškeré své výhody v čele se zajištěním funkce detekce a vyhnutí se dalšího provozu, nelze opomenout limitaci tohoto způsobu co se dosahu týče. Dále v budoucnu vyvstane problém se zajištěním vzdálené identifikace bezpilotního prostředku pro Network Indentfication Service a tím pádem bude nutné kombinovat tento způsobe s některým z dalších, které tuto funkci poskytnout.

5.7 Porovnání jednotlivých řešení

	BLIP	Dronetag	Droniq	FLARM	uAvioni	Sagatech	SSR
Druh	Mobilní/BLE	Mobilní/Bluetooth 5	Mobilní/FLARM/ ADSB	Radio detekce/ Datalink	ADS-B	ADS-B	Radio detekce
Lokální E-identifikace	ANO	ANO	ANO	ANO	Nutnost upravit	Nutnost upravit	Nutnost upravit
Síťová/Vzdálená identifikace (Network Indent. Service)	ANO	ANO	ANO	Ve spojení s dalším zařízením	Nutnost upravit	Nutnost upravit	Nutnost upravit
Přenosné zařízení	ANO	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE
Mobilní aplikace	ANO	ANO	ANO	Ve spojení s dalším zařízením	NE	NE	NE
Nahrávání informací (eID, serivé číslo, ...)	Mobilní Aplikace	Mobilní Aplikace	Mobilní Aplikace	Ve spojení s dalším zařízením / App / Výrobce	Výrobce	Výrobce	Nutnost upravit / Výrobce
Dosah (Lokální/Vzdálená)	100-200 m Teoreticky neomezená	500-600 Teoreticky neomezená	6-8 km Teoreticky neomezená	6-8 km	Až 200 NM (záleží na výšce letu a pozemních přijímačích)	Až 200 NM (záleží na výšce letu a pozemních přijímačích)	Až 200 NM (záleží na výšce letu a pozemních přijímačích)
Fce. detekce a vyhnutí se dalšímu provozu	Stejné zařízení	Stejné zařízení	ANO	ANO	X (TCAS)	X (TCAS)	X (TCAS)
Geo-awareness	ANO přes App	ANO přes App	ANO přes App	Ve spojení s dalším zařízením / App	NE	NE	NE
Geo-fencing	NE	Prozatím NE	ANO	NE	NE	NE	NE
Připojení k datovým sítím (zisk dat v reálném čase)	ANO	ANO	ANO	Ve spojení s dalším zařízením / App	NE	ADSB-in	NE
Cena (přibližné)	350 EUR	250 EUR	Až 2000 EUR	469 EUR/699 EUR	2000 EUR	Až 8000 EUR	1000–3000 EUR ne pro UAS

Tabulka 3: Porovnání možností technologií použitelných pro E-identifikaci

5.8 Komplexní analýza integrace vybraných možností E-identifikace

Možnosti jednotlivých zařízeních, které jsou dnes k dispozici pro identifikaci bezpilotního provozu, se výrazně liší. Každopádně kategorie bezpilotních prostředků si žádá velmi specifický přístup a integrace těchto prostředků nebude závislá pouze na schopnosti jejich identifikace. Zavádět na bezpilotní prostředky identifikační vybavení založené na již existujících možnostech identifikace by mohlo mít za následek vytvoření nadměrného tlaku na již stávající infrastrukturu, která již dnes mnohdy pracuje na svých maximálních hranicích.

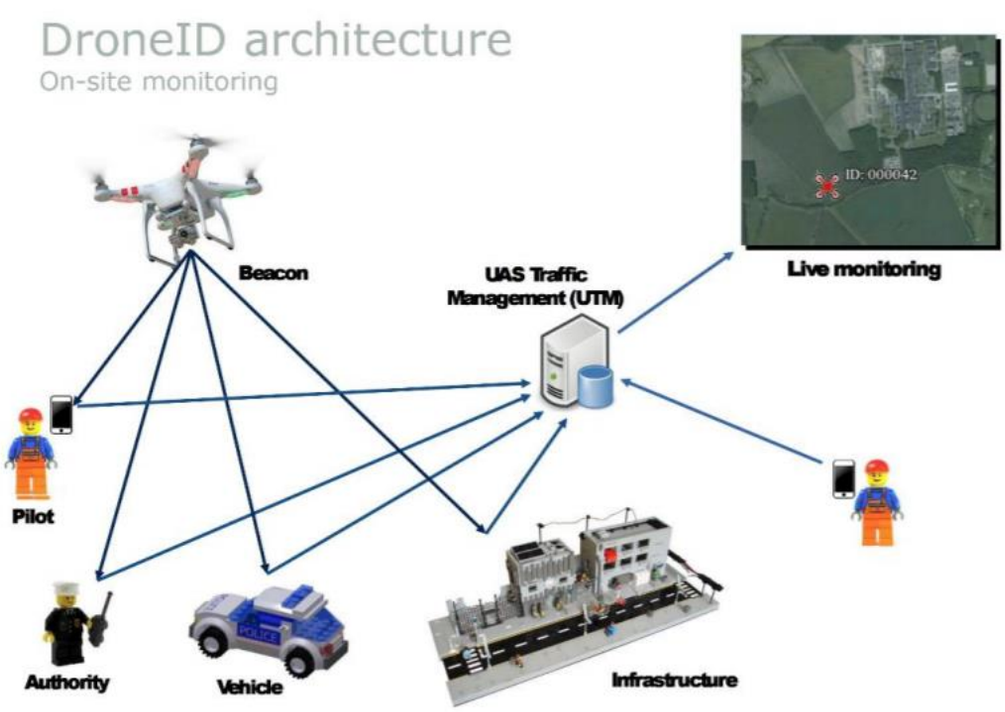
Zavedení technologie E-identifikace založené na stávajícím systému SSR nebo ADS-B by mohlo mít za následek přečerpání kapacity pásma 1090 MHz, která je využívána pro vysílání zpráv obou systémů. Eurocontrol, na základě nedávné studie, poukazuje, že již dnes je toto pásmo na své maximální kapacitě. Nicméně tato studie studovalo převážně prostory okolo letišť a v prostoru velkých výšek, kde může docházet k přijímání více dotazovacích signálů. Proto je použití technologií v malých výškách teoreticky možné. Méně výkonné zařízení, které jsou omezeny dosahem, jsou pro bezpilotní prostředky též vyvinuty. Jejich cena je ale mnohonásobně převyšující další způsoby zajištění E-identifikace a samotná aplikace, pro tyto účely, skrze tyto zařízení není doposud možná. Tyto zařízení jsou totiž vyráběny hlavně kvůli zabezpečení identifikace bezpilotních prostředků vůči dalšímu provozu a v rámci stávajícího systému řízení letového provozu. Tyto zařízení se proto nejčastěji objevují na opravdu velkých a výkonných bezpilotních prostředcích.

Využití zařízení FLARM, čistě pro zabezpečení požadavků E-identifikace, je možné. V tomto případě jsou moduly navrženy tak, aby byly zabudovány přímo do bezpilotního prostředku, nebo aby byly využívány v zařízeních, která kombinují několik způsobů vysílaní dat. Jejich hlavní předností je možné zobrazení provozu dalších bezpilotních prostředků ale i dalších letadel s posádkou na palubě, které jsou vybaveny stejným zařízením nebo dokonce s takovými, které jsou vybaveny systémy SSR nebo ADS-B. Tato technologie je ale již poměrně zastaralá, a i když je z dlouhodobého pohledu spolehlivá, v budoucnosti nedokáže zabezpečit jisté aspekty spojené se zavedením UTM nebo variabilním využitím vzdušných prostorů. FLARM totiž dokáže zobrazit ostatní provoz, ale činnost pro vyhnutí se prozatím závisí čistě na pilotovi. V budoucnu, kdy se bezpilotní prostředky možná budou pohybovat čistě automaticky, může dojít k tomu, že, i když budou vyvinuty algoritmy na zhodnocení situace a určení úhybného manévru, může dojít k neočekávanému pohybu prostředku vůči jinému letadlu, které bude muset následnou situaci nečekaně řešit nebo v nejhorším případě dojde ke srážce těchto dvou objektů. Tato technologie by tyto situace tedy řešila spíše aktivně nikoliv prediktivně a nedala by se tak plně využít pro strategické plánování využití vzdušného prostoru.

Technologie založeny na sdílení dat skrze datové sítě se, proto zdají jako lepší volba pro aplikaci na tyto malé létající bezpilotní prostředky. V dnešní době je jejich lokální identifikace založena stále na dedikovaném způsobu sdílení dat skrze technologii Bluetooth, tak aby byly splněny požadavky E-identifikace, ale zároveň tyto data sdílí i přes datové sítě, kde pak mohou být vzdáleně přístupna skrze mobilní aplikace. Tato forma sdílení a ukládání dat na cloudu je zaváděna hlavně z pohledu budoucích

požadavků při zavádění systémů UTM. Díky tomu že by dráha letů bezpilotních prostředků, které by byly využívány pro komerční účely nebo by byly provozovány v prostoru, kde by bylo nutné povolení k letu, byla známa před zahájením samostatné činnosti, by se dalo využít strategického plánování využití vzdušného prostoru. Případné konflikty by tak byly řešeny s předstihem úpravou dráhy letu bezpilotního prostředku nebo případným zpožděním zahájení provozu. Díky tomu by byl vyřešen i problém s latencí toku dat z bezpilotních prostředků. Problém vyvstává ale v případě řešení případných konfliktů s bezpilotními prostředky, které svou činnost nebudou předem sdílet, a s letadly s posádkou na palubě. V prvním případě by bylo nutné doplnit infrastrukturu tak, aby případné nekooperující bezpilotní prostředky byly identifikovány co nejdříve a systém UTM tak řešil případný prostor možného konfliktu dostatečně dopředu a vyslal varování dotčeným provozovatelům nebo přímo bezpilotním prostředkům. Další problém, identifikování bezpilotních prostředků vůči letadlům s posádkou na palubě, by se musel řešit dovybavením letadel systémy pro příjem signálu z datových sítí, odkud by se data o poloze bezpilotních prostředků ze systému UTM dala vynést na obrazovky navigačního displeje, a případné konfliktní situace by buďto řešil přímo pilot nebo by na ně reagoval systém TCAS vydáním pokynu pro vyhnutí se.

Posledním způsobem je určité možnosti zajištění E-identifikace zkombinovat a využít tak výhod každé z nich. Zařízení Droniq je, jak z pohledu současně zaváděné legislativy, tak z pohledu té budoucí, dostačující. Jako jediný ze zkoumaných řešeních je vyvíjen tak, aby byl kompatibilní jak se systémy stávajícího provozu a dokázal tak reagovat na běžnou leteckou dopravu s odpovídači, ADS-B moduly nebo jen se zařízeními FLARM, tak aby byl schopný komunikovat s připravovaným systémem UTM. Díky tomu bude teoreticky poskytnout jak prediktivní metodu řešení konfliktu, tak tu aktivní.



Obrázek 15: (Dánský) model provedení monitoringu E-identifikace [10]

	BLIP	Dronetag	Droniq	FLARM	ADSB	SSR
Splňuje požadavky E-identifikace?	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE
Použitelnost ve velmi nízkých výškách	ANO	ANO	ANO	NE	NE	NE
Použitelnost v zastavěných a hornatých oblastech	ANO	ANO	ANO	NE	NE	NE
Použitelnost ve výškách blížících se hranci 5000 ft	Omezeně (signál)	Omezeně (signál)	ANO	ANO	ANO	ANO
Existující aplikace/zařízení určená pro úřady provádějící kontrolu	ANO	ANO	ANO	NE	NE	NE
Kompatibilita se systémy UTM (např. Network Identification Service)	ANO	ANO	ANO	NE	NE	NE
Výsledek zkoumání	Integrace v ČR je nepravděpodobná (použití v oblasti Beneluxu)	Integrace v ČR je velmi pravděpodobná	Integrace v ČR a EU je velmi pravděpodobná v kategorii certifikovaná	Integrace samostatného zařízení je velmi nepravděpodobná	Předpoklad použití pro účely E-identifikace je jen velmi malý	S integrací se nepočítá

Tabulka 4: Analýza integrace technologií použitelných pro E-identifikaci v praxi

5.9 Technologie E-identifikace v ČR

Po provedení zkoumání aktuální situace řešení E-identifikace, její integrace, případné kompatibility s budoucími požadavky a systémy UTM a po získání názoru komunity provozovatelů a jejich potencionálních požadavků na tato zařízení, došla práce k výsledku, že nejlepší volbou k zabezpečení E-identifikace jsou technologie, které mohou požadované informace přenášet mimo jiné pomocí mobilních sítí.

Tyto technologie totiž splňují veškeré požadavky nynější zaváděné legislativy a zároveň ji bude možné aplikovat i v budoucnu na „vzdálenou identifikaci“ či v rámci systémů UTM. S těmito budoucími požadavky počítají i samotní vývojáři a výrobci, kteří se snaží tyto zařízení vytvářet tak, aby v budoucnu provozovatel nemusel pořizovat další, dost možná, velmi drahé dedikované zařízení. Pro provozovatele ale i státní složky, pro které jsou informace z těchto zařízení určeny, nejsou náklady nijak vysoké, a tudíž můžeme předpokládat, že tyto zařízení budou obecně dostupné. S touto technologií se budeme nejspíše nejčastěji setkávat u zařízení provozované v rámci otevřené a případně specifické kategorie provozu.

V případě větších bezpilotních prostředků či složitějších operací bude, alespoň z počátku nutno tyto prostředky vybavit technologiemi, které jsou do jisté míry kompatibilní s nynějšími systémy řízení letového provozu, či přímo se systémy letadel. V tomto případě se jako nejvhodnější a zároveň nejdostupnější technologie jeví zařízení, které kombinuje způsoby šíření dat pomocí mobilních datových sítí a dalších konvenčních způsobů. V tomto případě jsou již náklady na pořízení výrazně vyšší, ale dá se předpokládat, že provozovatelé s těmito zařízeními budou své bezpilotní prostředky využívat převážně ke komerčním účelům a bude tudíž nutné udržovat vyšší úroveň bezpečnosti, která tato technologie se svými funkcemi dokáže poskytnout. Tato zařízení by měla být vyžadována na bezpilotních prostředcích, které budou provozovány při komplexních komerčních operacích.

6 DISKUZE

Hlavním cílem této diplomové práce bylo vybrat adekvátní technologii, která dokáže zabezpečit E-identifikaci v rámci ČR. K tomu bylo využito zkoumání aktuálního provozu bezpilotních prostředků na území ČR a analýza jednotlivých možností pro zabezpečení E-identifikace. Nicméně v průběhu práce bylo zjištěno, že nemalá část komunity soukromých provozovatelů bezpilotních prostředků nemá ještě povědomí o nově zaváděné legislativě, požadavcích na E-identifikaci a dalších. Tento fakt vyšel najevo po vytvoření online dotazníku, při kterém byli respondenti tázaní na sérii otázek ohledně jejich provozu a jejich případných preferencí na zařízení zajišťující E-identifikaci. Přínos této práce proto nespočívá pouze v doporučení a rozebrání jednotlivých možností E-identifikace, ale i v osvětě provozovatelů bezpilotních prostředků o nových legislativních požadavcích.

Doporučení zařízení pro E-identifikaci bylo založeno na sběru dat, které v naprosté většině případů byly poskytnuté přímo od jejich vývojářů, a jejich následném porovnání. Přínos v tomto směru je v této práci přinejmenším diskutabilní, jelikož většina oslovených společností vyvíjející tyto technologie, nechtěla nebo nemohla poskytnout podrobné specifikace jejich zařízení nebo byly tyto informace poskytnuty, ale nesměly být obsaženy v této práci, jelikož byly poskytnuty jako důvěrné. Tyto názory však tato diplomová práce respektuje a tyto materiály se v práci v žádné formě neobjevují. Samotná práce tedy pracovala jen s velmi malým obsahem informací, které bylo možné zveřejnit a porovnat.

Analýza byla tedy proveden na základě porovnatelných dat všech vybraných způsobů. Tyto data obsahovala publikované principy činnosti, funkce, známé limitace systémů a případné problémy spojené s plošnou integrací těchto zařízení. Tyto data byla porovnána tak, aby čtenář věděl, v čem spočívají hlavní výhody jednotlivých řešení a aby se byl schopen rozhodnout jaké zařízení by případně pořídil a využíval na bezpilotním prostředku. Následně byla provedena hlubší analýza integrace všech prostředků do dnešního a budoucího provozu, se všemi jeho aspekty. Na základě této analýzy a znalosti jednotlivých možností každého zařízení, bylo vydáno doporučení pro využití zařízení, které informace sdílí mimo jiné pomocí datových sítí nebo kombinuje jednotlivé způsoby zabezpečení E-identifikace.

V rámci práce je proveden i krátký návrh teoretického rozložení vzdušného prostoru tak, aby umožňoval počáteční integraci bezpilotních prostředků do běžného provozu. Zároveň ale počítá s tím, že se zavedou již nové technologie podporující důležité funkce jako Geo-awareness, Geo-fencing tak, aby se minimalizovala šance, že dálkově řídící pilot naruší aktivovaný vzdušný prostor. Tento návrh by však neumožňoval veškeré operace bezpilotních prostředků tak, jak o nich uvažují studie organizace EASA, ale spíše by umožňoval zavedení přechodného období, kdy by se jednotlivé technologie a principy mohly otestovat v provozních podmínkách tak, aby, až se budou zavádět plošně, byly odstraněny největší chyby, případně aby byly vytvořeny postupy pro jejich odstranění či zmírnění následků. V této části je nicméně stále velký prostor pro další výzkum, který by měl být prováděn až poté, co bude provedena první fáze zavádění nových pravidel pro bezpilotní prostředky, kam spadá například i E-identifikace, E-registrace atd., tak aby se pracovalo již s novými podmínkami, novými technologiemi

a v neposlední řadě, aby se ukázalo, jaké bude nové rozložení druhů provozu a zájem o využití vyšších výšek.

Dá se předpokládat, že by dalších práce či další výzkumy zabývající se stejným nebo podobným tématem, které ale podle dostupných zdrojů nejsou ve velké míře zpracovávány, došly velmi podobným nebo dokonce stejným výsledkům. Tato práce se i proto snažila popsat jak stávající způsoby identifikování objektů ve vzdušném prostoru, tak nově vyvíjené. Každopádně po zkušenostech se ziskem informací o těchto způsobech zajištění E-identifikace, bych se zaměřil výhradně na spolupráci s malým okruhem společností, které vyvíjejí nové způsoby sdílení informací o bezpilotních prostředcích.

E-identifikace je první krok k vytvoření nového systému kontroly vzdušného prostoru, který by podporoval veškeré možné aktivity jednotlivých provozovatelů. Nicméně k dosažení všeobecného konsenzu, kdy nedojde k omezení jednoho z mnoha druhů leteckých činností, jsme stále jen na počátku dlouhé cesty. Považuji za velmi důležité, aby při tvorbě nové jednotné legislativy a pravidel, byly přizvány další subjekty využívající vzdušný prostor a aby byla tato nová pravidla a legislativa konzultována i s nimi, jelikož to jsou také oni, kteří mohou být v případě plné integrace bezpilotních prostředků omezováni.

Technologie jsou vytvářeny za účelem usnadnit člověku určité činnosti či zlepšit jeho možnosti. V případě letectví jsou tyto technologie mnohdy extrémně drahé a v mnoha případech omezují vstup dalších subjektů do tohoto odvětví. Bezpilotní prostředky daly možnost dotknout se létání širší veřejnosti do takové míry, že se začaly objevovat situace, kdy byly nebezpečím pro další leteckou dopravu. E-identifikace a veškerá legislativa snažící se tyto prostředky svázat jednotlivými pravidly je jen výsledek tohoto procesu. Bohužel do té doby, dokud nebude celá komunita okolo bezpilotních prostředků této legislativě a pravidlům naslouchat, jakákoliv další invence a zavádění pravidel bude jen velmi obtížné. Proto je důležité výrazně zlepšit propagaci těchto pravidel, tak aby se dostala k většině jednotlivcům a ty se jí pak řídili. Je totiž možné, že aby se zamezilo vstupu široké veřejnosti do tohoto odvětví, a tím se zlepšila bezpečnost ve vzdušném prostoru, se z bezpilotních prostředku stane jen další odvětví leteckého průmyslu s extrémně velkými náklady na vstup i provoz a vyžadující zdlouhavé certifikační procesy před zahájením samotného provozu.

7 ZÁVĚR

Tato diplomová práce pojednává o nově vyvíjející se technologii E-identifikace, která je především určena pro bezpilotní prostředky. Jedná se o nové řešení starého problému, jak identifikovat bezpilotní prostředky ve vzdušném prostoru a jak kontrolovat, zda jejich operace jsou v souladu s vydanými povoleními. Pro lepší pochopení celého tématu jsou v práci kapitoly zabývající se vysvětlováním pojmů, spojených se samotnou E-identifikací a budoucím vývojem tohoto odvětví i celého letectví, a nové legislativy tak, aby případný čtenář měl širší pochopení pro celou problematiku. Jelikož na toto téma neexistuje velké množství materiálu ke zpracování, se práce snažila analyzovat jak stávající způsoby identifikace, tak ty nově vyvíjené. Následně je na základě provedené analýzy provedeno doporučení, jaké technologie jsou v rámci ČR nejlépe použitelné.

Tvorba diplomové práce byla omezena dostupnými informacemi o nově vyvíjených zařízeních pro zabezpečení E-identifikace. Jelikož jednotlivé společnosti podílející se na vývoji těchto zařízení, nemohly sdílet všechna podstatná data, z důvodu pokračujícího vývoje, byla práce nucena určité principy funkčnosti zjednodušit a některé informace, především cena, dosah atd., se mohou od finálních specifikacích výrobků lišit.

Hlavním přínosem práce je zanalyzování dostupných informací a poskytnutí doporučení, na základě několika měsíčního zkoumání, jaké zařízení by bylo nejvýhodnější implementovat do aktuálního provozu. Na základě zhodnocení situace a budoucího směřování tohoto odvětví práce poskytuje také návrh rozložení vzdušného prostoru, aniž by se musely zcela implementovat principy UTM. Tento návrh by teoreticky umožňoval, v určitých oblastech, širší využití bezpilotních prostředků a zároveň by se mohly začít testovat nová pravidla i principy UTM. Dalším nemalým přínosem práce považuji to, že v průběhu tvorby byli osloveni mnozí provozovatelé bezpilotních prostředků, kteří ještě neměli ponětí o nově zaváděných pravidlech. Práce následně zafungovala i jako malá osvěta této komunity, která díky této práci nebude nevědomě porušovat předpis.

Jak již bylo řečeno, další podrobné informace budou nejspíše dostupné až po oficiálním zavedení jednotlivých výrobků na trh a po konečné implementaci legislativních požadavků. Následný provoz ukáže, zdali se provozovatelé zachovají adekvátním způsobem a budou se těmito pravidly řídit a bude-li vůbec možné způsoby provozování bezpilotních prostředků a vzdušné prostory upravovat pro jejich potřeby. Tím že jsou bezpilotní prostředky stále přístupny široké veřejnosti je potřeba k této problematice přistupovat s největší opatrností a zvážit veškeré možné proměnné tak, aby se jen nesmyslně neupravovaly a neměnily pravidla, ale aby se kladl důraz i na jejich dodržování. Z toho důvodu bych doporučoval hlavně investovat čas i prostředky do šíření těchto nových pravidel mezi komunitu provozovatelů bezpilotních prostředků, a to jak s komerčními úmysly, tak i ty, kteří je budou provozovat pouze rekreačně.

8 POUŽITÉ ZDROJE

Literatura:

[1] *NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) 2018/1139*. In: . Brusel: EASA, 2018, ročník 2018, L212/1. Dostupné také z: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?qid=1588076416445&uri=CELEX:32018R1139

[2] *NAŘÍZENÍ KOMISE V PŘENESENÉ PRAVOMOCI (EU)2019/945*: O bezpilotních systémech a o provozovatelích bezpiltoních systéml ze třetích zemí. In: . Brusel: EASA, 2019, ročník 2019, L152/1. Dostupné také z: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32019R0945

[3] *PROVÁDĚCÍ NAŘÍZENÍ KOMISE (EU)2019/947:*O pravidlech a postupech pro provoz bezpilotních letadel. In:Brusel: EASA, 2019, ročník 2019, L152/45.Dostupné také z:https://eurlex.europa.eu/legalcontent/CS/TXT/?qid=1588077300336&uri=CELEX:32019R0947

[4] DRÁPAL, Bc. Stanislav. *VYUŽITÍ SSR MÓDU S PRO ŘÍZENÍ POHYBŮ LETADEL A VOZIDEL PO PLOŠE LETIŠTĚ*. Brno, 2015. Diplomová práce. Vysoké Učení Techncké v Brně, Fakulta Strojního Inženýrství, Letecký Ústav. Vedoucí práce Doc. Ing. Slavomír Vosecký, CSC.

[5] SEKYROVÁ, Bc. Kateřina. *BEZPEČNOSTNÍ ASPEKTY PROVOZU UAV V OKOLÍ ŘÍZENÝCH LETIŠŤ*. Praha, 2018. Diplomová práce. České Vysoké Učení Technické, Fakulta Dopravní. Vedoucí práce Doc. Ing. Daniel Hanus, CSc., doc. Ing. Válav Jirovský, CSc.

[6] ŠÍBLOVÁ, Bc. Kamila. *MOŽNOSTI VYUŽITÍ ADS-B PRO ŘÍZENÍ PROVOZU V CTR A PO PLOŠE*. Brno, 2015. Diplomová práce. České Vysoké Učení Technické, Fakulta Dopravní. Vedoucí práce Doc. Ing. Slavomír Vosecký, CSc.

[7] *Multilateration (MLAT) Concept of use*. 1. Bangkok: INTERNATONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION ASIA AND PACIFIC OFFICE, 2007.

[8] *FLARM UAS Electronic ID*. 1. Cham, 2018.

[9] *Datasheet - Unifly BLIP*. Antwerp, 2019.

[10] *Study and Recommendations regarding Unmanned Aircraft System Geo-Limitations*. Issue 2. Kolín nad Rýnem, 2016. Dostupné také z: https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/GTF%20-%20Report_Issue2.pdf

[11] ČESKÁ REPUBLIKA. *Letecký předpis L2 - Pravidla létání: Doplňěk X - Bezpilotní systémy*. In: . Praha: ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ, 2017, ročník 2017, číslo 6. Dostupné také z: https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm

Internetové zdroje:

[13] *Opinion No 01/2020: High-level regulatory framework for the U-space*.[online]. Cologne, 2020. Dostupné také z: https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/Opinion%20No%2001-2020.pdf

[14] *Multilateration & ADS-B* [online]. Pardubice: ERA, 2018 [cit. 2020-07-10]. Dostupné z: http://www.multilateration.com/adoption/austria.html

[15] *Drones - regulatory framework background* [online]. Cologne: EASA, 2019 [cit. 2020-07-10]. Dostupné z: https://www.easa.europa.eu/domains/civil-drones-rpas/drones-regulatory-framework-background

[16] *SOLUTIONS FOR UAS OPERATORS* [online]. Cham: FLARM, 2018 [cit. 2020-07-10]. Dostupné z: https://flarm.com/solutions/for-organizations/uav-drone-operators/

[17]Droniq. *Droniq: Safe and efficient flying drones* [online]. Frankfurt am Main: Droniq, 2019, 2019 [cit. 2020-07-10]. Dostupné z: https://droniq.de/en

[18] EU aviation strategy and regulatory framework on drones (pillars). *SESAR joint undertaking* [online]. SESAR, 2019 [cit. 2020-07-25]. Dostupné z: https://www.sesarju.eu/U-space

[19] Principle of function the primary radar. *Researchgate* [online]. [cit. 2020-08-04]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/Principle-of-function-the-primary-radar_fig1_321407378

[20] SSR principle of operation. *Skybrary* [online]. [cit. 2020-08-04]. Dostupné z: https://www.skybrary.aero/index.php/Secondary_Surveillance_Radar_(SSR)

[21] Principle of Mlat system. *Researchgate* [online]. [cit. 2020-08-04]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/Principle-of-Mlat-system_fig1_327647859

[22] ADS-B. *Sportys* [online]. [cit. 2020-08-04]. Dostupné z: https://www.sportys.com/pilotshop/pirep/ads-b-101-what-you-need-know/

[23] Rozdělení vzdušného prostoru v ČR. In: *Vfr příručka* [online]. Praha: CAA [cit. 2020-08-04]. Dostupné z: https://aim.rlp.cz/vfrmanual/actual/enr_1_cz.html

[24] EU Regulations Updates 2018 / 2019. In: *Dronerules* [online]. [cit. 2020-08-04]. Dostupné z: https://dronerules.eu/sl/professional/eu_regulations_updates

9 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Časová osa zavádění jednotlivých prvků konceptu U-space [15] 18

Obrázek 2: Princip činnosti primárních radarů [19].....19

Obrázek 3: Princip činnosti sekundárního radaru [20]..... 20

Obrázek 4: Princip činností MLAT [21].....21

Obrázek 5: Princip sdílení informací z ADS-B [22]..... 22

Obrázek 6: Zpráva 1090 ES [6] 34

Obrázek 7: Činnost systému Droniq [17] 39

Obrázek 8: Vertikální rozložení vzdušného prostoru ČR [23]..... 44

Obrázek 9: CTR, MCTR, TMA, MTMA 45

Obrázek 10: Letiště s ATZ 45

Obrázek 11: Oblasti Danger (žluté), Prohibited, Restricted (červeně vybarvené), Temporary Reserved Area (červené hranice), Temporary Segregated Area (hnědé hranice)..... 46

Obrázek 12: Možnosti provozu dle nově zaváděných kategorií provozu [24] 47

Obrázek 13: Nekontrolovaný prostor U-space 50

Obrázek 14: Částečně kontrolovaný prostor TSA U-space.....51

Obrázek 15: (Dánský) model provedení monitoringu E-identifikace [10] 68

10 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Kategorie bezpilotních prostředků dle nařízení (EU)2019/945 25

Tabulka 1: Min. horizontální vzdálenosti od osob/zástavby 47

Tabulka 2: Porovnání možností technologií použitelných pro E-identifikaci 66

Tabulka 3: Analýza integrace technologií použitelných pro E-identifikaci v praxi 69

11 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Maximální hladina akustického výkonu bezpilotního letadla

Příloha 2: Štítek garantované hladině akustického výkonu

Příloha 3: Nařízení Komise v přenesené pravomoci (EU)2019/945

Příloha 4: Legenda doplněk X

Příloha 5: Provoz v prostorech třídy G, E (doplněk X)

Příloha 6: Provoz v CTR a dalších prostorech (doplněk X)

Příloha 7: Příloha nařízení EU 2019/947