



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

ÚSTAV LETECKÉ DOPRAVY

Rozdělení VLL do ucelených částí pro provoz UAS

Diplomová práce

Bc. Tomáš Tlučoř

Praha 2022



K621.....Ústav letecké dopravy

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Tomáš Tluchoř

Studijní program (obor/specializace) studenta:

navazující magisterské –PL– Provoz a řízení letecké dopravy

Název tématu (česky): **Rozdělení VLL do ucelených částí pro provoz UAS**

Název tématu (anglicky): **Division of VLL into Specific Airspaces for UAS
Operation**

Zásady pro vypracování

Při zpracování diplomové práce se řiďte následujícími pokyny:


- Cílem práce je navrhnout praktické rozdělení, resp. kategorizaci pro části vzdušného prostoru VLL z pohledu implementace vzdušných prostorů upřesňujících provoz bezpilotních systémů, včetně pravidel pro vznik vzdušných prostorů U-space pro ČR.
- Vzdušný prostor ČR a provoz v něm
- Specifika prostoru VLL a příslušného provozu
- Integrace UAS do vzdušného prostoru VLL
- Návrh rozdělení VLL ČR do částí s různými pravidly pro provoz UAS
- Zhodnocení návrhu a možností vývoje

- 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: Evropská komise: Nařízení (EU) 2019/947, Nařízení (EU) 2021/664
EUROCONTROL: UAS ATM Airspace Assessment, ed. 1.2, listopad 2018
Concept of operations for European UTM systems - CORUS project

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jakub Kraus, Ph.D.**
Ing. Šárka Hulínská

Datum zadání diplomové práce: **16. července 2021**
(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: **16. května 2022**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia



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



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

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.



Bc. Tomáš Tluchoř
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 16. července 2021



Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této diplomové práce. Zvláště pak děkuji panu doc. Ing. Jakubu Krausovi, Ph.D. za odborné vedení, dozor a konzultování diplomové práce. Dále pak za ochotu a rady, které mi poskytoval po dobu mého studia. V neposlední řadě je mou milou povinností poděkovat rodině, blízkým a přátelům za morální a materiální podporu, které se mi dostávalo 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 16. května 2022

.....
podpis



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

Rozdělení VLL do ucelených částí pro provoz UAS

Diplomová práce

květen 2022

Bc. Tomáš Tluchoř

ABSTRAKT

Bezpilotní systémy rostou na popularitě jak u široké veřejnosti, tak u soukromých subjektů. S jejich rozvojem pronikají do různých oblastí lidských činností. Jejich počty se neustále zvyšují. Plány do budoucna jsou s bezpilotními systémy velké, a proto je důležité korigovat a regulovat jejich provoz. Samotný provoz bezpilotních systémů může naplnit kapacitu velmi nízkého vzdušného prostoru, který je společným prostorem i pro letectví s pilotem na palubě. Plány a návrhy pro jejich regulaci jsou tedy na místě a je nezbytné, aby se v čas podchytily a nebránilo se tak možnému vývoji a rozvoji nových technologií. Proto je předmětem této diplomové práce navrhnout metodiku pro rozdělení velmi nízkého vzdušného prostoru a na jejím základě stanovit pravidla pro vznik vzdušných prostorů U-space v České republice. Metodika je založena na principu ohodnocení lokalit dle možného rizika vznikajícího při provozu bezpilotních systémů. Nad Českou republikou tak dojde k vykreslení pomyslných sloupců rizikovosti daných lokalit. Touto metodikou lze ohodnotit každou lokalitu nacházející se v České republice, jelikož postihuje celou oblast vstupující do velmi nízkého vzdušného prostoru.

KLÍČOVÁ SLOVA

bezpilotní systém, U-space, velmi nízký vzdušný prostor, riziko, hodnota, bezpilotní letadlo



CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

Faculty of Transportation Sciences

Division of VLL into Specific Airspaces for UAS Operation

Diploma thesis

May 2022

Bc. Tomáš Tluchoř

ABSTRACT

Unmanned aircraft systems are growing in popularity with both the public and private entities, penetrating various areas of human activity as they develop. Their numbers are steadily increasing. Plans are tremendous with unmanned aircraft systems, so it is important to correct and regulate their operations. The operations of the unmanned aircraft systems can fill the capacity of very low-level airspace, which is common airspace even for manned aviation. Plans and proposals for regulating them are important. They need to be captured in time so as not to hinder the possible development of new technologies. The subject of this diploma thesis is to design a methodology for the division of very low-level airspace together with rules for the creation of U-space airspaces in the Czech Republic. The methodology is based on the principle of assessment of all locations according to the potential risk arising from the operation of unmanned aircraft systems. Above the Czech Republic, the imaginary risk columns of the localities will be rendered. This methodology can be used to assess each location in the Czech Republic, as it affects the entire area entering very low-level airspace.

KEYWORDS

unmanned aircraft system, U-space, very low-level airspace, risk, value, unmanned aircraft



Obsah

Úvod	11
1 Vzdušný prostor ČR a provoz v něm	12
1.1 Řízený a neřízený prostor	12
1.2 Třídy vzdušného prostoru dle ICAO	12
1.3 Ostatní typy vzdušného prostoru	15
1.4 Rozdělení vzdušného prostoru dle sektorizace	19
1.5 Civilní a vojenský vzdušný prostor	20
1.5.1 GAT a OAT	21
1.5.2 Flexibilní využívání vzdušného prostoru	21
1.5.3 Pokročilé využívání vzdušného prostoru	22
1.5.4 Letové cesty	22
1.5.5 Free flight airspace	22
2 Specifika prostoru VLL a příslušného provozu	23
2.1 Definice a specifika prostoru VLL	23
2.2 Provoz UAS ve VLL	24
2.3 Provoz letectví s pilotem na palubě ve VLL	24
2.4 Předpokládané rozdělení dle CORUS	25
3 Integrace UAS do vzdušného prostoru VLL	30
3.1 Evropské předpisy	30
3.1.2 Prováděcí nařízení 2021/664	30
3.1.3 Nařízení 2019/945	30
3.1.4 Prováděcí nařízení 2019/947	31
3.2 Zeměpisné zóny	31
3.3 U-space	33
3.4 Limitace současného stavu	34
4 Návrh rozdělení VLL ČR do částí s různými pravidly pro provoz UAS a pravidel pro vznik U-space ČR	36
4.1 Rozdělení VLL ČR	36
4.1.1 Rozdělení dle pozemního rizika	36
4.1.2 Rozdělení dle vzdušných prostorů pro letectví s pilotem na palubě	39



4.1.3 Rozdělení dle ochranných pásem.....	43
4.2 Návrh číselného ohodnocení.....	45
4.2.1 Ohodnocení rozdělení dle pozemního rizika	45
4.2.3 Ohodnocení rozdělení dle ochranných pásem.....	46
4.3 Dosažení výsledných sjednocených hodnot rizika	48
4.4 Návrh pravidel pro vznik vzdušných prostorů U-space ČR	49
5 Zhodnocení návrhu	52
5.1 První vzorový příklad	52
5.2 Druhý vzorový příklad	56
5.3 Třetí vzorový příklad.....	58
5.4 Čtvrtý vzorový příklad	62
5.5 Pátý vzorový příklad.....	65
6 Diskuse	70
Závěr.....	72
Použité zdroje.....	74
Seznam obrázků.....	76
Seznam tabulek.....	77



Seznam použitých zkratk

ACC	Oblastního středisko řízení	Area Control Centre
AFUA	Pokročilé využívání vzdušného prostoru	Advanced Flexible Use of Airspace
AGL	Nad úrovní země	Above Ground Level
AMC	Pracoviště uspořádání vzdušného prostoru	Airspace Management Cell
APP	Přiblížovací stanoviště řízení	Approach
ARC	Třída rizika ve vzduchu	Air Risk Class
ATS	Letové provozní služby	Air Traffic Services
ATZ	Letištní provozní zóna	Aerodrome Traffic Zone
AUP	Plán využití vzdušného prostoru	Airspace Use Plan
BVLOS	Mimo dohled pilota	Beyond Visual Line Of Sight
CTA	Řízená oblast	Control Area
CTR	Řízený okrsek	Control Zone
D	Nebezpečný prostor	Danger area
DAA	Detekce a vyhnutí	Detect and Avoid
DEP	Odletět nebo odlet	Depart or Departure
EASA	Evropská agentura pro bezpečnost v letectví	European Union Aviation Safety Agency
EVLOS	Rozšířený provoz VLOS při využití dalšího pozorovatele	Extended Visual Line Of Sight
FBZ	Ochranná zóna pro plánování letů	Flight plan Buffer Zone
FIR	Letová informační oblast	Flight Information Region
FL	Letová hladina	Flight Level
FUA	Flexibilní využití vzdušného prostoru	Flexible Use of Airspace
FRA	Prostor volných částí	Free Route Airspace
GA	Všeobecné letectví	General Aviation
GND	Země	Ground
GRC	Třída rizika na zemi	Ground Risk Class
ICAO	Mezinárodní organizace pro civilní letectví	International Civil Aviation Organization
IFR	Pravidla pro let podle přístrojů	Instrument Flight Rules
MCTR	Vojenský řízený okrsek	Military Controlled Zone
MTMA	Vojenská koncová řízená oblast	Military Terminal Control Area



MTOW	Maximální vzletová hmotnost	Maximum Take-off Weight
P	Zakázaný prostor	Prohibited area
R	Omezený prostor	Restricted area
RMZ	Oblast s povinným rádiovým spojením	Radio Mandatory Zone
ŘLP	Řízení letového provozu	Air Traffic Control
SES	Jednotné evropské nebe	Single European Sky
SORA	Posouzení rizika specifické kategorie provozu	Specific Operations Risk Assessment
TMA	Koncová řízená oblast	Terminal Area
TMZ	Oblast s povinným odpovídačem	Transponder Mandatory Zone
TRA	Dočasně rezervovaný prostor	Temporary reserved area
TRA GA	Dočasně rezervovaný prostor všeobecného letectví	Temporary Reserved Area designated for operations of General Aviation
TSA	Dočasně vyhrazený prostor	Temporary Segregated Area
TWR	Letištní řídicí věž nebo letištní řízení	Aerodrome control tower or aerodrome control
UA	Bezpilotní letadlo	Unmanned Aircraft
UAM	Městská letecká mobilita	Urban Air Mobility
UAS	Bezpilotní systém	Unmanned Aircraft System
UIR	Horní letová informační oblast	Upper Flight Information Region
UTM	Uspořádání bezpilotního letového provozu	Unmanned Aircraft Traffic Management
U-space	Evropské řešení uspořádání bezpilotního letového provozu	-
VFR	Pravidla pro let za viditelnosti	Visual Flight Rules
VLL	Velmi nízký vzdušný prostor	Very Low-Level
VLOS	Na dohled pilota	Visual Line Of Sight



Úvod

V dnešním rychle se vyvíjejícím světě se bezpilotní systémy stávají čím dál tím dostupnějším a oblíbenějším technologickým vybavením jak pro veřejnost, tak pro jejich komerční využití v širokém spektru oblastí lidských činností. Jejich počty se neustále zvyšují, a tak tento fakt s sebou přináší mnohá rizika a vede ke kontrole a regulaci provozu bezpilotních systémů, která by přinesla větší bezpečnost, efektivitu a bezpečnou integraci bezpilotních systémů do vzdušného prostoru, kde se již v současné době nachází provoz letadel s pilotem na palubě.

Aby mohlo dojít k začlenění bezpilotních systémů do velmi nízkého vzdušného prostoru – VLL, kde budou UAS provozovány s jistou úrovní bezpečnosti po boku provozu s pilotem na palubě, je třeba rozdělit tento vzdušný prostor a navrhnout určitá pravidla pro provoz bezpilotních systémů v něm. Bepilotní systémy a letectví s pilotem na palubě by měly existovat společně ve stejném vzdušném prostoru a mělo by dojít k užívání stejných rozměrů a stejných pravidel provozu. O koordinaci provozu bezpilotních systémů a provozu letadel s pilotem na palubě by se v budoucnu měl zasloužit U-space, evropské řešení uspořádání bezpilotního letového provozu. Problém spočívá v tom, že doposud není v České republice U-space zaveden a nejsou stanovena pravidla jeho vzniku. V první řadě je tedy důležité navrhnout patřičné rozdělení vzdušného prostoru VLL a navrhnout pravidla, kde by vzdušný prostor U-space pro Českou republiku měl vzniknout.

Cílem této diplomové práce je zmapování a definování specifik velmi nízkého vzdušného prostoru, vymezení veškerého provozu nacházejícího se ve vzdušném prostoru VLL, zachycení legislativního rámce pojednávajícího o této problematice a limitací současného stavu. Hlavním cílem je pak vytvoření metodiky pro rozdělení velmi nízkého vzdušného prostoru společně s návrhem pravidel pro vznik vzdušného prostoru U-space pro Českou republiku. V diplomové práci je stanovena metodika, díky které lze rozdělit velmi nízký vzdušný prostor a ohodnotit ho na základě možného rizika spojeného s provozem bezpilotních systémů. Na základě jejího definování je vytvořen i návrh pravidel pro vznik vzdušného prostoru U-space pro Českou republiku. Ve výsledku pak bude metodika aplikována na vzorové příklady, dle kterých bude lépe pochopitelné její vytvoření a význam tvorby návrhu pravidel vzdušného prostoru U-space pro Českou republiku.



1 Vzdušný prostor ČR a provoz v něm

Nejen pro piloty je zcela zásadní správně pochopit rozdělení vzdušného prostoru, jeho rozmístění a provoz v něm. V této kapitole je tak nezbytné definovat vzdušný prostor České republiky společně s jeho aktuální podobou a též provoz, který se v něm nachází. Je třeba se zaměřit na kompletní dělení vzdušného prostoru, jakožto jeho jednotlivé třídy dle ICAO, třídy vzdušného prostoru, které se nacházejí v České republice, dále pak na ostatní typy vzdušného prostoru či jeho dělení dle sektorizace. V neposlední řadě je třeba se zaměřit na rozdíly i mezi civilním a vojenským vzdušným prostorem.

1.1 Řízený a neřízený prostor

Ve vzdušném prostoru, kde se pohybují letadla, dochází k různému poskytování dat a úrovně podpory od ŘLP (Řízení letového provozu). V řízeném prostoru jsou letadlům služby poskytovány, naopak u neřízeného prostoru zůstává separace mezi letadly na posádce letadla [1]. Dle Řízení letového provozu České republiky [2] je řízený prostor definován jako: „*Řízený vzdušný prostor je vymezený vzdušný prostor, ve kterém se poskytuje služba řízení letového provozu v rozsahu odpovídajícím jeho klasifikaci.*“ Neřízený vzdušný prostor je tedy vzdušný prostor, v němž je poskytována všem letům pouze letová informační a pohotovostní služba. V řízeném prostoru se řízení letového provozu dělí na několik stanovišť, která spolu úzce spolupracují. Jedná se o oblastní středisko řízení (ACC, Area Control Centre), přibližovací stanoviště řízení letového provozu (APP, Approach) a letištní řídicí věž (TWR, Tower). Jednotlivá stanoviště mají odlišné úlohy a letadla si mezi sebou předávají. ACC zajišťuje vertikální a horizontální separaci mezi přelétávajícími letadly a také sestavení sekvence při klesání letadel nebo stoupání letadel po vzletu. APP je stanoviště zajišťující separaci a vhodnou sekvenci vzájemně mezi přilétávajícími letadly a též vhodnou sekvenci mezi přilétávajícími a odlétávajícími letadly. TWR má poté na starost letadla v poslední fázi přiblížení a při pohybu na dráze. Některá letiště mají k dispozici i službu určenou pouze pro odlétávající letadla (DEP, Departures). Komunikaci týkající se pohybu letadel po ostatních plochách letiště – nezahrnuje řízení pohybů na vzletových a přistávacích plochách, zajišťuje stanoviště řízení pozemního provozu letišť (GND, Ground) [1].

1.2 Třídy vzdušného prostoru dle ICAO

Mezinárodní organizace civilního letectví (ICAO, International Civil Aviation Organization) definovala 7 tříd vzdušného prostoru. Tyto prostory se označují písmeny A, B, C, D, E, F a G. Restrikce v těchto definovaných prostorech jdou od těch největších – třída A, po ty



nejmenší – třída G. Třídy vzdušného prostoru A, B, C a D jsou řízeným prostorem pro všechny lety, vzdušný prostor třídy E je řízeným pouze pro lety dle přístrojů (IFR, Instrument Flight Rules) a vzdušné prostory třídy F a G jsou neřízenými prostory [3].

- **vzdušný prostor třídy A** – jedná se o nejvíce restriktivní třídu, která neumožňuje provádění letů za viditelnosti (VFR, Visual Flight Rules). Vstup do této třídy je možný pouze s letovým povolením od služby ŘLP. Lety IFR musí být ve stálém obousměrném rádiovém spojení se zemí a všem letům jsou zajišťovány rozstupy mezi sebou. V České republice se tento prostor neuplatňuje,
- **vzdušný prostor třídy B** – pro vstup do této třídy je opět nutné letové povolení od služby ŘLP. Mohou zde být lety VFR. Rozstupy jsou zajišťovány pro všechna letadla, tedy i pro letadla, která provádějí let dle VFR. Všechna letadla musí být opět ve stálém obousměrném rádiovém spojení se zemí. V České republice se tento prostor neuplatňuje,
- **vzdušný prostor třídy C** – v této třídě je možné provádět lety IFR i VFR. Všem letům je poskytována služba ŘLP. Rozstupy jsou zajišťovány pro lety IFR, a to od jiných IFR letů a letů VFR. Mezi lety VFR se rozstupy nezajišťují. Mezi VFR lety jsou však poskytovány informace o provozu, rady k vyhnutí jsou poskytovány na vyžádání. Všechny lety potřebují před vstupem do vzdušného prostoru třídy C letové povolení. Taktéž musí být ve stálém obousměrném rádiovém spojení se zemí. Dále pak všechny lety v této třídě musí mít podaný letový plán,
- **vzdušný prostor třídy D** – v této třídě je opět možné provádět lety IFR i VFR. Všem letům je poskytována služba ŘLP. Rozstupy jsou zajišťovány pro lety IFR od jiných letů IFR a jsou předávány informace o provozu VFR letů. Rozstupy pro lety VFR od jiných letů VFR nebo IFR nejsou zajišťovány. Jsou zde předávány pouze informace o provozu. Rady k vyhnutí jsou poskytovány na vyžádání. Všechny lety potřebují před vstupem do vzdušného prostoru třídy D letové povolení a též musí být ve stálém obousměrném rádiovém spojení se zemí,
- **vzdušný prostor třídy E** – tento vzdušný prostor opět umožňuje provádět lety IFR i VFR. Služba ŘLP je poskytována IFR letům a zároveň jsou pro ně zajišťovány rozstupy od ostatních IFR letů. Informace o VFR letech pro IFR lety se poskytují v situacích, kdy je to proveditelné. Pokud to situace dovoluje, poskytují se informace o provozu pro VFR lety – vzdušný prostor třídy E je tak neřízeným prostorem pro VFR lety. Poskytování informací stojí především na tom, zda VFR lety poskytují informace, jelikož takovou povinnost ve vzdušném prostoru třídy E nemají,



- **vzdušný prostor třídy F** – mohou se zde vyskytovat lety IFR i VFR, jedná se o tzv. *poradní prostor*. Poradní služba je poskytována pouze letům IFR a ostatním letová informační služba na vyžádání. Zavedení této třídy se považuje za dočasné řešení tehdy, kdy je třeba poskytnout službu ŘLP, ale její zřízení není technicky možné,
- **vzdušný prostor třídy G** – opět se zde můžeme setkat jak s lety IFR, tak s lety podle VFR. Letová informační služba je všem letům poskytována na vyžádání. Tato třída vzdušného prostoru pojme vše, co se, zjednodušeně řečeno, udrží ve vzduchu [3].

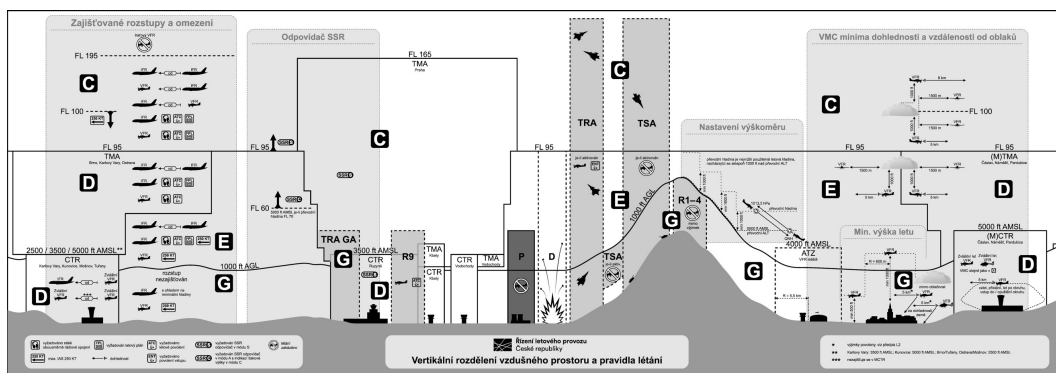
Třídy vzdušného prostoru v ČR

V České republice je vzdušný prostor rozdělen do celkem čtyř klasifikačních tříd, a to do třídy C, D, E a G. Tyto třídy jsou obdobné, jako výše definované rozdělení tříd vzdušného prostoru dle ICAO. Prostory třídy C, D a E jsou řízeným vzdušným prostorem [5].

Třída C vzdušného prostoru zahrnuje Koncovou řízenou oblast Praha (TMA, Terminal Control Area) a dále vzdušný prostor nad FL 95 do FL 660. Třída D zahrnuje CTR/MCTR (Control Zone/Military Control Zone) a TMA/MTMA (Terminal Control Area/Military Terminal Control Area) všech letišť kromě TMA Praha. Třída E pak zahrnuje prostor mimo CTR/MCTR, TMA/MTMA a nad 1000 ft AGL do FL 95. A třída G zahrnuje vzdušný prostor od země do 1000 ft AGL, s výjimkou CTR/MCTR a prostor TRA GA (Temporary Reserved Area for General Aviation). Doplnující informace k třídám vzdušného prostoru v České republice a jeho vertikální dělení můžeme vidět v tabulce č. 1 a na obrázku č. 1 [5].

Tabulka 1: Dodatečné informace k třídám vzdušného prostoru České republiky [2]

Třída	Rozestupy zajišťované letům VFR	Poskytované ATS	VMC minima letové dohlednosti a vzdálenosti od oblaků	Omezení rychlosti	Požadavky na rádiové spojení	Podléhá letovému povolení
C	od provozu IFR	služba ATC pro zajištění rozstupu od IFR letů informace o provozu VFR (na žádost rada k vyhnutí)	v a nad FL 100 8 km letová dohlednost, 1500 m horizontální a 1000 ft (300 m) vertikální vzdálenost od oblaků pod FL 100 5 km letová dohlednost, 1500 m horizontální a 1000 ft (300 m) vertikální vzdálenost od oblaků	250 KT IAS pod FL 100 (pouze lety VFR)	stálé obousměrné	Ano
D	nezajišťují se	Informace o provozu mezi VFR a IFR lety (a na žádost provozní informace vyhnout se provozu)	v a nad FL 100 8 km letová dohlednost, 1500 m horizontální a 1000 ft vertikální vzdálenost od oblačnosti pod FL 100 5 km letová dohlednost, 1500 m horizontální a 1000 ft vertikální vzdálenost od oblačnosti	250 KT IAS pod FL 100	stálé obousměrné	Ano
E	nezajišťují se	Informace o provozu, pokud je to možné.	5 km letová dohlednost, 1500 m horizontální a 1000 ft vertikální vzdálenost od oblačnosti	250 KT IAS	Ne	Ne
G	nezajišťují se	letová informační služba	nad 3000 ft (900 m) AMSL 5 km letová dohlednost, 1500 m horizontální a 1000 ft vertikální vzdálenost od oblačnosti v a pod 3000 ft (900 m) AMSL 1500 m letová dohlednost, mimo oblačnost za dohlednosti země, při rychlostech, které při převládající dohlednosti poskytnou přiměřenou možnost spatřit jiný provoz nebo překážky v čase, který dovolí vyhnout se srážce, nebo; za okolností, při kterých pravděpodobnost setkání s jiným provozem by měla být malá, např. v prostorech s malou hustotou provozu.	250 KT IAS	Ne	Ne



Obrázek 1: Vertikální rozdělení vzdušného prostoru České republiky [2]

1.3 Ostatní typy vzdušného prostoru

V této podkapitole budou podrobně popsány ostatní typy dělení vzdušného prostoru, které byly vytvořeny pro potřeby letových provozních služeb.

Letová informační oblast

Letová informační oblast (FIR, Flight Information Region) je dle definice z [4]: „Vzdušný prostor stanovených rozměrů, v němž se poskytuje letová informační služba a pohotovostní služba.“ Jedná se o největší jednotku dělení vzdušného prostoru obsahující veškerý vzdušný prostor nad daným územím. Výjimka může nastat tehdy, pokud je nad ním zřízena horní letová informační oblast (UIR, Upper Flight Information Region). Letová informační oblast může zabírat plochu celého státu, více států nebo může být tento prostor rozdělen na více letových informačních oblastí. V České republice se nachází pouze jeden FIR, FIR Praha. Horizontálně je tento prostor vymezen státní hranicí a vertikální hranice prostoru je od země až do FL 660. V celém rozsahu FIR Praha je poskytována letová informační a pohotovostní služba.

Horní letová informační oblast (UIR, Upper Flight Information Region) je dle definice z [4]: „Letová informační oblast pokrývající horní vzdušný prostor.“ Tento prostor charakterizuje horní letové informační oblasti. V České republice tento prostor zaveden není.

Koncová řízená oblast

Koncová řízená oblast (TMA, Terminal Control Area) je dle definice z [4]: „Řízená oblast ustanovená obvykle v místech, kde se tratě letových provozních služeb sbíhají v blízkosti jednoho nebo více hlavních letišť.“ Jde o řízený prostor, jehož primární funkcí je ochrana IFR příletů a odletů. Stanovištěm ŘLP jsou zde poskytovány tři základní letové provozní služby. V České republice se lze setkat s TMA celkem pěti letišť, jimiž jsou letiště Praha, Brno, Karlovy Vary, Ostrava a Vodochody.



Koncová řízená oblast poskytovaná vojenským stanovištěm má zkratku MTMA. Vojenská TMA jsou třídy D vzdušného prostoru. Konkrétně se jedná o letiště Čáslav, Kbely, Náměšť a Pardubice.

Řízený okrsek

Řízený okrsek (CTR, Control Zone) je dle definice z [4]: „*Řízená oblast ustanovená obvykle v místech, kde se tratě letových provozních služeb sbíhají v blízkosti jednoho nebo více hlavních letišť.*“ Tento prostor je zřizován pro ochranu letištního provozu v okolí řízených letišť. Obdobně jako u TMA, i u CTR se lze setkat s variantou pro vojenské letectví – MCTR. Dle AIP ČR [6] je uváděno celkem šest civilních a čtyři vojenská řízená letiště disponující vlastním CTR/MCTR.

Řízená oblast

Řízená oblast (CTA, Control Area) je dle definice z [4]: „*Řízený vzdušný prostor sahající nahoru od stanovené výšky nad zemí.*“ Jedná se o druh prostoru, kde je poskytována služba řízení letového provozu společně s informační a pohotovostní službou. Součástí FIRu je celkem pět řízených oblastí, a to CTA 1 Praha, CTA 2 Praha, CTA Brno, CTA Karlovy Vary a CTA Ostrava.

Vzdušný prostor volných tratí

Vzdušný prostor volných tratí (FRA, Free Route Airspace) je dle definice z [4]: „*Část vzdušného prostoru, kde uživatelé mohou volně plánovat tratě mezi definovanými vstupními a výstupními body.*“ Prostor volných tratí vznikl z jednoho prostého důvodu, a to pro zefektivnění plánování tratí, s kterou se pojí i nižší spotřeba paliva a snížení celkových nákladů. Dále snížení počtu uletěných kilometrů, snížení doby letu a též snížení množství vyprodukovaných emisí a oxidu uhličitého. Tyto tratě lze využít ve FIR Praha nad FL 95. Dle pravidel si po daných bodech v tomto prostoru plánuje trať provozovatel letadla, jelikož se zde nenachází žádné tratě letové provozní služby (ATS, Air Traffic Services). Do prostoru FRA je možné vstoupit pouze přes vstupní body (E, Entry) nebo přes body odletové (D, Departure). Vystoupit z tohoto prostoru lze opět přes definované výstupní body (X, Exit) nebo příletové body (A, Arrival). Mezi těmito zmíněnými body se následně plánuje trať přes mezilehlé body (I, Intermediate).



Zakázaný prostor

Zakázaný prostor (P, Prohibited Area) je dle definice z [2]: „Vzdušný prostor vymezených rozměrů nad pevninou nebo nad teritoriálními vodami státu, ve kterém jsou lety letadel zakázány.“ Tento typ prostoru se zřizuje pro ochranu pozemních objektů. Takovými stavbami mohou být například strategické budovy, významné památky, jaderné elektrárny, skladiště nebo továrny pracující s nebezpečným materiálem. Tímto prostorem smí proletět civilní let jen po předchozím povolení od příslušného úřadu. V České republice lze tyto prostory nalézt kolem Pražského hradu nebo kolem jaderných elektráren Temelín a Dukovany. Dále i například kolem Neratovic [4]. Celkem se jich v České republice nachází jedenáct a všechny lze najít v letecké informační příručce AIP ČR.

Omezený prostor

Omezený prostor (R, Restricted Area) je dle definice z [2]: „Vzdušný prostor vymezených rozměrů nad pevninou nebo teritoriálními vodami státu, ve kterém je let letadla omezen v souladu se stanovenými podmínkami.“ Tento prostor se zřizuje pro ochranu života na zemi. Jedná se například o ochranu národních parků. Za určitých podmínek lze v tomto prostoru let provést. Omezený prostor v České republice se nachází nad zmíněnými národními parky a nad centrem hlavního města Prahy. Celkem jich lze nalézt v České republice pět.

Nebezpečný prostor

Nebezpečný prostor (D, Dangerous Area) je dle definice z [2]: „Vzdušný prostor vymezených rozměrů, ve kterém mohou v určité době probíhat činnosti nebezpečné pro let letadla.“ Tento typ prostoru slouží k ochraně samotných letadel. Kvůli potenciálnímu nebezpečí není let touto oblastí doporučován, není však zakázán. Příkladem mohou být nebezpečné prostory LKD11, LKD13 a LKD14 uzpůsobené k řízeným haváriím vojenských bezpilotních letadel. V současné době je v České republice celkem dvanáct nebezpečných prostorů.

Dočasně vyhrazený prostor

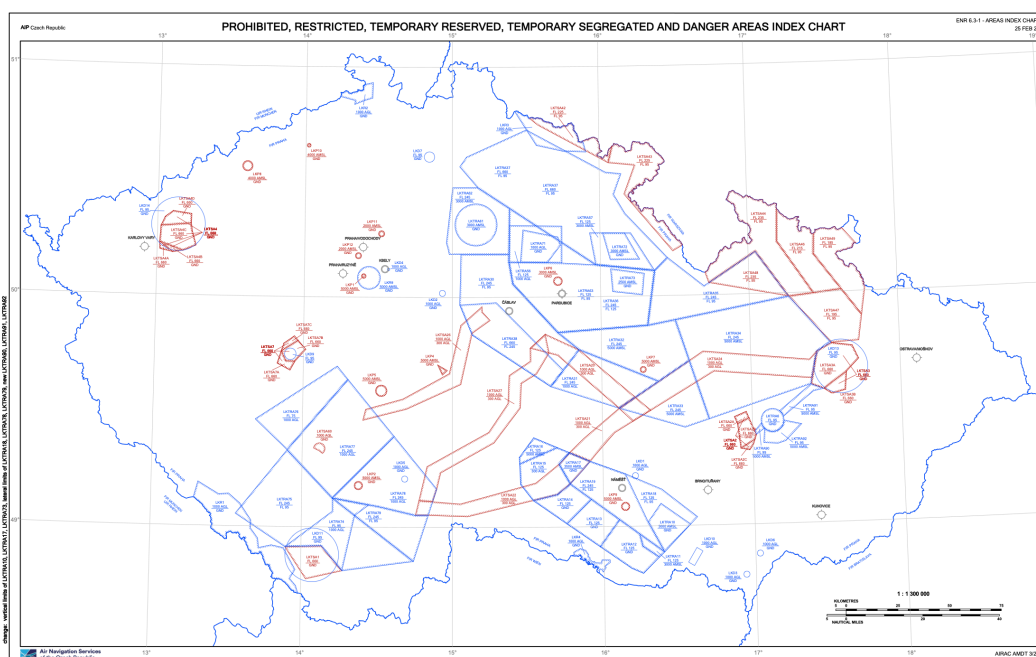
Dočasně vyhrazený prostor (TSA, Temporary Segregated Area) je dle definice z [2]: „Definovaná část vzdušného prostoru za normálních okolností v pravomoci jedné složky letectví, která je na základě společné dohody dočasně vyhrazena pro výhradní použití jinou složkou letectví a přes kterou nebude povolen průlet jiného provozu.“ Jde o prostory sloužící k využití širokým spektrem činností. Většinou se jedná o využití vojenského charakteru, a nejen letové povahy. Typickým příkladem mohou být například střelby [2]. Průlet touto oblastí v době její aktivace není obvykle povolován. Výjimkou pro civilní lety může být oblet souvislých

prostorů bouřkové činnosti. Informace o aktivaci tohoto prostoru je platná 15 minut po jejím poskytnutí.

Dočasně rezervovaný prostor

Dočasně rezervovaný prostor (TRA, Temporary Reserved Area) je dle definice z [2]: „Definovaná část vzdušného prostoru za normálních okolností v pravomoci jedné složky letectví, která je na základě společné dohody dočasně rezervovaná pro specifické použití jinou složkou letectví a přes kterou může na základě ATC povolení proletět jiný provoz.“ Tyto prostory se zřizují pro segregaci vojenské letecké činnosti prováděné dle specifických pravidel. Civilnímu letu je možné po koordinaci s uživatelem prostoru povolit průlet tímto prostorem i po jeho aktivaci. Stejně jako u TSA, informace o aktivaci tohoto prostoru je platná 15 minut po jejím poskytnutí.

Zakázaný prostor, omezený prostor, nebezpečný prostor, dočasně vyhrazený prostor a dočasně rezervovaný prostor lze vidět na obrázku č. 2.



Obrázek 2: Mapa prostorů P, R, D, TSA a TRA [6]

Ochranná zóna pro plánování letů

Ochranná zóna pro plánování letů (FBZ, Flight plan Buffer Zone) je dle definice z [4]: „Část vzdušného prostoru kolem AMC manageable TSA/TRA pro účely plánování.“ Jedná se o ochranné zóny kolem TSA a TRA vytvořené pro potřeby plánování prostoru volných tratí. FBZ byly zavedeny z důvodu, že ve FRA se již po předem definovaných tratích vedoucích



v bezpečné vzdálenosti kolem TSA a TRA nelétá. Aktivace FBZ probíhá společně s daným TSA nebo TRA. Rozšiřují tak jejich prostor o bezpečnou vzdálenost, kterou lze najít v letecké informační příručce AIP ČR.¹ Po aktivaci tohoto prostoru nelze v rámci FRA plánovat lety v této oblasti.

Dočasně rezervovaný prostor určený pro provoz všeobecného letectví

Dočasně rezervovaný prostor určený pro provoz všeobecného letectví (TRA GA, Temporary Reserved Area designated for operations of General Aviation) je dle definice z [4]: „*Specifický vzdušný prostor určený pro místní provoz GA v prostředí řízených vzdušných prostorů tříd D a C.*“ Jedná se o český unikát. Umožňuje delegovat části vzdušného prostoru třídy D a C provozovateli neřízeného letiště. To vede k potlačení omezování specifického provozu na neřízeném letišti od ATS. Pokud je takový prostor TRA GA aktivován, je povinnost mít v této oblasti rádiové spojení.

Oblast s povinným rádiovým spojením

Oblast s povinným rádiovým spojením (RMZ, Radio Mandatory Zone) je dle definice z [4]: „*Vzdušný prostor stanovených rozměrů, ve kterém musí být letadlo vybaveno radiostanicí a provozovat ji.*“

Letištní provozní zóna

Letištní provozní zóna (ATZ, Aerodrome Traffic Zone) je dle definice z [4]: „*Vzdušný prostor stanovených rozměrů, který slouží k ochraně letištního provozu.*“ Jde o prostor, který je zřizován na neřízených letištích. ATZ prostor sahá do výšky 4000 ft a do vzdálenosti 3 NM od vztažného bodu letiště.

Oblast s povinným odpovídačem

Oblast s povinným odpovídačem (TMZ, Transponder Mandatory Zone) je dle definice z [4]: „*Vzdušný prostor stanovených rozměrů, ve kterém je pro letadlo povinné vybavení odpovídači hlásícími tlakovou nadmořskou výškou a jejich provozování.*“ Příslušný úřad v tomto prostoru nařídil vybavení v podobě odpovídače sekundárního radaru v módu A a C nebo v módu S.

1.4 Rozdělení vzdušného prostoru dle sektorizace

V České republice se můžeme aktuálně setkat s třemi základními sektory vzdušného prostoru. Jedná se o sektor West, North a South. Jejich vzájemné hranice kopírují směry hlavních tratí,

¹ Dostupné z: https://aim.rlp.cz/ais_data/aip/data/valid/e5-2.pdf



díky kterým dojde k omezení předávání jednotlivých letadel mezi řídicími. Z toho plyne, že každý sektor má svého řídicího letového provozu. Lze tedy říci, že sektorizace vzdušného prostoru zahrnuje virtuální rozdělení prostoru nad Českou republikou, která ve svém důsledku ulehčí práci řídicím letového provozu.

Dochází zde ale i k dalšímu dělení, a to na dělení dle výšky letadla. Jedná se o čtyři základní kategorie low, middle, high a top letové hladiny. Low (FL 125 – FL 305) a middle (FL 305 – FL 355) letové hladiny se nejčastěji používají pro přiblížování a odlety nebo pro lety na blízké vzdálenosti či v případě, že letadlo z jakéhokoli důvodu nemůže stoupat do vyšší letové hladiny. Při přeletech necílového území a při běžných letech se používají high (FL 355 – FL 375) a top (FL 375 – FL 660) letové hladiny. Ve vyšších letových hladinách v rozmezí mezi FL 410 – FL 450 se obvykle nachází provoz soukromých letadel cestujících nad klasickými tratěmi. Letové hladiny dále dělíme na sudé a liché. Na lichých letových hladinách potkáme letadla letící ze západu na východ. V opačném případě letadla letící z východu na západ se pohybují po sudých letových hladinách [7]. Aktuální sektory jsou [7]:

- **sektor západ (West)** – přes západní sektor létá více než 80 % veškerého transitního provozu. Jde především o přelety nad Českou republikou ve vysokých letových hladinách. Sektor začíná západními hranicemi ČR a končí pomyslnou osou Ústí nad Labem – Praha-západ – Jindřichův Hradec,
- **sektor sever (North)** – tento sektor začíná na severních hranicích České republiky a končí pomyslnou hranicí Praha-jih – Svitavy – Bruntál,
- **sektor jih (South)** – přes tento sektor vedou hlavní tratě z východu na západ nebo například hlavní přiblížovací tratě směrem na Vídeň. Sektor jih se nachází od hranic sektoru West a North k jižní hranici České republiky.

1.5 Civilní a vojenský vzdušný prostor

Každý stát má vzdušný prostor využívaný jak civilním, tak vojenským letectvím. Je nezbytně nutné, aby oba zmíněné provozu byly odděleny bez možného omezení. Minimální interference mezi těmito dvěma odvětvími je zabezpečena tak, že pro vojenská letadla existují koridory, které se nacházejí v místech neexistence civilních letových cest. Takovými prostory vymezenými pro vojenská letadla mohou být například výše zmíněné flexibilně aktivované omezené prostory. Příkladem je TRA nebo TSA. Mohou jimi být taktéž zakázané prostory nebo nebezpečné prostory.



1.5.1 GAT a OAT

Všeobecný letový provoz (GAT, General Air Traffic) je let prováděný v souladu s pravidly a postupy ICAO bez ohledu na resortní nebo státní příslušnost letadla. Mezi tyto lety mohou patřit vojenské lety, u nichž pravidla ICAO splňují provozní požadavky. Vojenský provoz, který není v souladu s pravidly ICAO, se pak nazývá let prováděný podle jiných pravidel než ICAO (OAT, Operational Air Traffic). Jde o lety, které nejsou v souladu s pravidly všeobecného letectví stanovenými příslušnými vnitrostátními orgány.

1.5.2 Flexibilní využívání vzdušného prostoru

Flexibilní využívání vzdušného prostoru (FUA, Flexible Use of Airspace) se týká efektivního využití vzdušného prostoru. V rámci konceptu FUA již není vzdušný prostor rozdělen na civilní a vojenský. Tento prostor je tak považován za jednotný celek. V prostoru dochází k flexibilnímu řízení dle aktuálních požadavků a dostupnosti. Armáda tak vzdušný prostor využívá jen tehdy, kdy je opravdu třeba [8]. FUA bylo zřízeno s cílem navýšit propustnost a kapacitu vzdušného prostoru pro efektivnější využití vzdušného prostoru a pro posílení civilně-vojenské koordinace. Realizace probíhá na úrovni jednotlivých uživatelů daného prostoru. Ti přidělený prostor aktivují jen na určitou dobu, po kterou skutečně tento prostor využijí. V čase, kde již není jednotlivcem aktivován, je prostor volně k dispozici pro ostatní uživatele. Za přidělení prostoru je zodpovědné středisko služby uspořádání letového provozu (AMC, Airspace Management Cell). To zveřejňuje seznam prostorů v plánu využití vzdušného prostoru (AUP, Airspace Use Plan) každý den [9].

Koncept FUA definuje celkem 3 úrovně řízení [8] využívání vzdušného prostoru:

- **ASM úroveň 1** – strategická úroveň definující strategii, politiku a priority pro efektivní využívání vzdušného prostoru. Zajišťuje strategické plánování. Strategický orgán, Komise ASM, průběžně posuzuje efektivitu užívání a přidělování vzdušného prostoru, a také zajišťuje účinné fungování dalších dvou úrovní ASM,
- **ASM úroveň 2** – před-taktická úroveň zajišťující každodenní řešení žádostí pojednávajících o přidělení částí vzdušného prostoru pomocí AMC. Jde o společný civilně-vojenský orgán, který je vybaven nástroji, technologiemi a přílišnými kompetencemi, které umožňují efektivní alokaci vzdušného prostoru,
- **ASM úroveň 3** – taktická úroveň zajištěná orgány ŘLP. Zprostředkovává okamžité požadavky týkající se provozu od uživatelů vzdušného prostoru. Týká se aktivace, deaktivace a realokace prostoru, který je alokován na ASM úrovni 2 v reálném čase.



1.5.3 Pokročilé využívání vzdušného prostoru

Pokročilé využívání vzdušného prostoru (AFUA, Advanced Flexible Use of Airspace) se stará o umožnění větší flexibility využívání vzdušného prostoru za pomoci aplikování dynamického managementu plánování a řízení, a to ve všech fázích letu. Cílem je zajistit větší variabilitu při návrhu vzdušného prostoru. Současně pak nabídnout kompromis pro vojenské odvětví a plynulý letový tok.

1.5.4 Letové cesty

Pokud hovoříme o letových cestách, hovoříme o letových koridorech, které jsou definované jako přímky mezi vymezenými body (FIXy) nebo majáky a letadla tak dodržují horizontální rovinu. V minulosti bylo letových cest méně a jejich využívání znamenalo velice dlouhé trasy letu, existovaly též jen mezi majáky. S příchodem prostorové navigace se stavba letových cest výrazně zjednodušila. Již umožnila i využívání bodů (FIXů), a tak se mohly dvě místa spojit kratší trasou. Vývoj letových tras pokračuje v jejich napřimování a začíná se projevovat v podobě free flight. Každá letová cesta může mít omezení v podobě použitelné letové hladiny nebo období, kdy je možné tyto letové cesty používat.

1.5.5 Free flight airspace

Vzdušný prostor pro volné lety (free flight) (FFAS, Free Flight Airspace) z hlediska vyspělosti systému je nejpokročilejším návrhem struktury vzdušného prostoru. Letadlům je zde umožněn volný pohyb. Bez ohledu na omezení vydané ŘLP nebo přeletové body je letadlům povolen let po jimi preferované trati. Schopnost letadel zajistit a udržet si rozstupy od okolního provozu je předpokladem pro FFAS. Díky vysoké technologické úrovni systémů by mohl být umožněn přechod z centralizované struktury na decentralizovanou strukturu řízení letového provozu. V té by byla zodpovědnost za provedení letu a za dodržení bezpečných rozstupů v plné režii jednotlivých posádek letadel. Úroveň technologické infrastruktury, která je požadována, pokrývá datovou komunikaci, navigační výkonnost, přehledové palubní systémy, FMS (Flight Management System) a systém pro detekci a řešení konfliktů. Hlavním nástrojem, aby mohl být free flight realizován, jsou přehledové aplikace zobrazující okolní provoz, aplikace pro detekci konfliktů a aplikace pro zajištění rozstupů.



2 Specifika prostoru VLL a příslušného provozu

V této kapitole budou rozebrány a popsány specifika velmi nízkého vzdušného prostoru (VLL, Very Low-Level) a příslušného provozu v něm. Je třeba věnovat pozornost tomuto prostoru, jelikož zahrnuje mnoho druhů letecké činnosti, ať už civilní nebo vojenské, bezpilotní nebo s pilotem na palubě. Je tedy zapotřebí, aby všechen provoz, který se bude nacházet v prostoru VLL, byl bezpečný a podléhal pravidlům.

2.1 Definice a specifika prostoru VLL

VLL je vzdušný prostor nacházející se pod úrovní obecně používanou VFR provozem. Jedná se o prostor sahající od země do výšky 500 ft (150 m) nad úrovní země (AGL, Above Ground Level). V zastavěné oblasti se pak jedná o výšku 1000 ft (300 m) AGL [10]. Z pohledu pravidel letu jde o prostor, kde by neměl být provoz letadel s pilotem na palubě. Jsou zde však výjimky pro některé druhy letadel.

VLL je nejčastěji využíván např. leteckou záchrannou zdravotnickou službou (LZS), policejními a vojenskými letadly, provozem spadajícím do kategorie všeobecného letectví (GA, General Aviation), provozem spadajícím pod LAA ČR nebo provozem kluzáků při přistání mimo letiště.

Kategorie všeobecného letectví zahrnuje:

- lety kluzáků,
- lety motorových kluzáků,
- lety malých letadel,
- lety business jetů.

Kategorie provozu spadajícího pod LAA ČR zahrnuje:

- lety padákových kluzáků,
- lety závěsných kluzáků,
- lety ultralehkých letounů,
- lety ultralehkých kluzáků,
- lety motorových padákových kluzáků,
- lety motorových závěsných kluzáků,



- lety ultralehkých vrtulníků,
- lety ultralehkých vírníků,
- lety ultralehkých balonů.

Předpokládá se, že plánování letu, jeho organizace, detekce a zamezení srážkám letového provozu ve vzdušném prostoru VLL bude podporováno prostřednictvím uspořádání bezpilotního letového provozu (UTM, Unmanned Aircraft Traffic Management), jako je evropská koncepce uspořádání bezpilotního letového provozu – U-space.

2.2 Provoz UAS ve VLL

Bezpilotní systémy lze v prostoru VLL provozovat bez specifických povolení a do budoucna se předpokládá, že v tomto prostoru budou bezpilotní systémy tvořit většinu provozu. Konkrétně se jedná o prostory vzdušného prostoru třídy G, sahajícího v České republice od země do 1000 ft AGL, prostory ATZ a na řízených letištích o vzdušné prostory CTR.

Předpokládaný provoz bezpilotních systémů (UAS, Unmanned Aircraft System) ve VLL by se měl nacházet v oblasti pod 500 ft. To však nekolaboruje se současnou definicí vzdušného prostoru dle ICAO. UAS by se tak musela řídit pravidly příslušného vzdušného prostoru, jelikož ICAO nedefinovala spodní hranici využitelnosti prostoru, tzn. že všechna pravidla se mají dodržovat od AGL. Jedná se tedy o nesoulad pravidel a předpisů mezi třídami vzdušného prostoru ICAO, kde UAS hrají velkou roli. Jednou z možných variant by dle [11] mohlo být zavedení nižší hranice příslušných tříd, respektive jejich úprava. To by ale vedlo k vyloučení letadel s posádkou na palubě. Tomu je třeba se vyhnout. Vyloučení letadel s posádkou na palubě z částí vzdušného prostoru ve prospěch UAS není možný a je třeba najít alternativu v podobě kolaborace mezi příslušnými uživateli vzdušného prostoru.

2.3 Provoz letectví s pilotem na palubě ve VLL

Dle průběžných výsledků projektu FUTURE [12], bylo zjištěno, že prostor VLL obsahuje celkem čtyři typy provozů. Na analýze tohoto provozu bylo spolupracováno s Leteckou amatérskou asociací ČR (LAA ČR), Aeroklubem ČR (AeČR) a Svazem modelářů ČR (SMČR). Zmíněné čtyři typy provozu z leteckého pohledu zastupují organizace jako LAA ČR – provoz sportovních létajících zařízení (SLZ), AeČR – provoz všeobecného letectví využívajícího neřízená letiště, SMČR sdružující provoz leteckých modelářů a provoz, kde je poskytována služba řízení letového provozu (ATC) – řízený provoz v řízeném vzdušném prostoru. Dále je třeba počítat i s vrtulníky letecké záchranné služby, které se též pohybují v prostoru VLL a jejichž jediným požadavkem je, aby se jim UAS dokázaly včas vyhnout.



2.4 Předpokládané rozdělení dle CORUS

Odvětví bezpilotního letectví má dle odhadů velký potenciál růstu. Aby byl tento růst bezpečný a efektivní, vytvořil projekt CORUS koncepci provozu [10] pro UAS v Evropě v prostoru VLL, která je dále popsána. Jak už bylo zmíněno, s tímto prostorem se musí bezpilotní provoz dělit s provozem s pilotem na palubě [13].

Hlavním cílem projektu CORUS bylo popsat navržený systém z pohledu uživatele a umožnit bezpečný a účinný růst provozu bezpilotních letadel. V oblasti bezpečnosti jsou dalšími příspěvky nová bezpečnostní metodika posouzení rizika specifické kategorie provozu (SORA, Specific Operations Risk Assessment) a revize současných norem pro separaci [13]. CORUS představuje kvalitativní a kvantitativní parametry systému spolu s představou, jak by měl být daný systém využíván. Dále obsahuje představu, jak by měl být velmi nízký prostor – VLL organizovaný a jaká by v něm měla platit pravidla.

Projekt se zaměřuje pouze na provoz bezpilotních letadel (UA, Unmanned Aircraft) ve VLL. Většina UA pro soukromé a volnočasové použití bude provozována v otevřené kategorii (Open). Předpokládá se, že většinu ostatního provozu a většinu profesionálního využití UA ve VLL lze dosáhnout se specifickou kategorií. VLL je tak rozdělen na různé části podle poskytovaných služeb. Třemi základními typy konfigurací jsou konfigurace X, Y, Z, které jsou zachyceny na obrázku č. 3. U kategorie X není nabízena žádná služba řešení konfliktů. Kategorie Y nabízí pouze předletové (strategické) řešení konfliktů a kategorie Z nabízí jak předletové řešení konfliktů, tak taktické řešení konfliktů i během letu. V kategorii Z jsou umožněny druhy provozu na dohled pilota (VLOS, Visual Line Of Sight), rozšířený provoz VLOS při využití dalšího pozorovatele (EVLOS, Extended Visual Line Of Sight) a zároveň tato kategorie usnadňuje lety mimo dohled pilota (BVLOS, Beyond Visual Line Of Sight) společně s automatickými lety bezpilotních letadel oproti kategorii X a Y, jelikož je v kategorii Z poskytováno více zmírňujících opatření rizik než právě v kategorii X nebo Y.



Obrázek 3: Kategorie X, Y a Z vzdušného prostoru dle CORUS [10]

CORUS vidí U-space jako prostředí umožňující obchodní aktivity související s používáním UA spolu se zachováním přijatelné úrovně bezpečnosti. Vývoj U-space je rozdělený do 4 částí (U1-U4). Ve fázi U1 bude možný provoz pouze v kategorii X. V rámci fáze U2 mají být spuštěny první služby pro podporu provozu UAS zahrnující službu strategické dekonflikce v kategoriích Y a Z. V kategorii Z bude také povinná služba oznamování polohy UAS. U3 fáze počítá s tím, že všechna letadla v rámci prostoru kategorie Z budou mít povinnost vybavení systémy detekce a vyhnutí (DAA, Detect and Avoid). Po skončení fáze U4 bude již podporován i autonomní provoz v prostoru kategorie Z využívající i služby automatického DAA.

Kategorie X, Y, Z

Motivace pro vytvoření těchto tří kategorií spočívá dle [10] v:

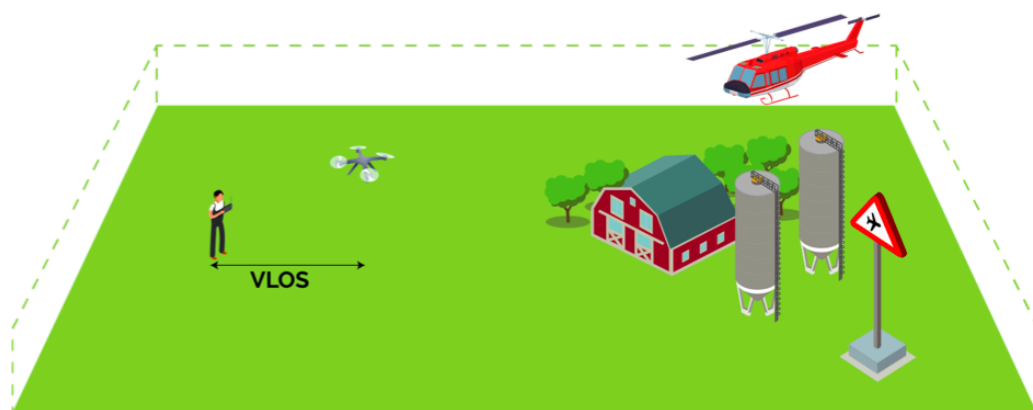
- počtu očekávaných letů UA,
- v pozemním riziku (zda se jedná o obydlenou oblast),
- v riziku ve vzduchu v závislosti na počtu dalšího provozu (bezpilotního i s pilotem na palubě),
- bezpečnosti nebo jiných faktorech přijetí veřejností,
- službách U-space potřebných k zajištění bezpečného provozu.

Tyto kategorie se liší nabízenými službami, tím pádem možnými druhy provozu a jejich vstupními požadavky. Jak již bylo zmíněno, CORUS pracuje s myšlenkou, že se dá vzdušný prostor VLL rozdělit do tří kategorií – X, Y nebo Z. Služby nabízené pro řešení konfliktů u kategorie X nejsou a dálkový pilot nese plnou odpovědnost za zajištění bezpečného provozu. Kategorie Y nabízí pouze předletové řešení konfliktů a kategorie Z nabízí jak předletové, tak taktické řešení konfliktů i během letu. Tyto odlišnosti mají velký dopad na to, jak by bezpilotní letadla měla v těchto vzdušných prostorech létat.

Kategorie X

Na pilota bezpilotního letadla v prostoru kategorie X je kladeno jen málo požadavků. V důsledku toho je nabízeno i málo služeb. Pilot zůstává vždy odpovědný za zajištění bezpečného provozu. Jiné, než VLOS druhy provozu vyžadují pozornost věnovanou zmírňujícím opatřením rizika ve vzduchu. Kategorie X se očekává v oblastech s nízkou poptávkou po službách U-space, například z důvodu malého počtu letů nebo v oblastech s nízkým pozemním rizikem a rizikem ve vzduchu. Z hlediska bezpečnostní metodiky SORA má objem provozu v kategorii X největší předpoklad ohodnocení rizika ve vzduchu jako ARC-b. Nicméně kategorie X je definována z hlediska nabízených služeb, takže se jedná pouze o předpoklad než o obecné pravidlo. Vizualizace kategorie X dle [13] je k vidění na obrázku č. 4.

Kategorie X



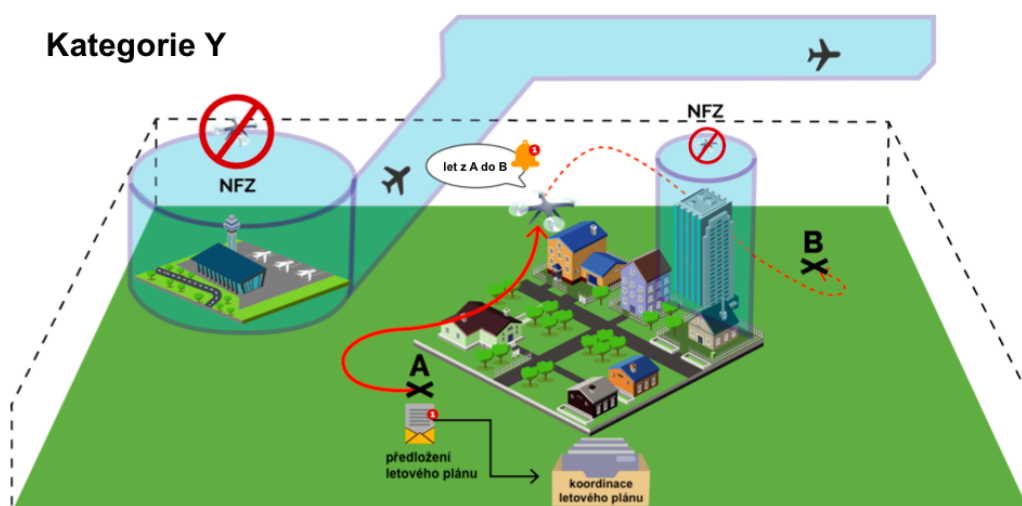
Obrázek 4: Příklad kategorie X (zpracováno autorem na základě [13])

Kategorie Y

Přístup do prostoru kategorie Y vyžaduje schválený letový plán. Tato kategorie může mít zvláštní technické požadavky, které obvykle zahrnují vzdálenou pilotní stanici připojenou do U-space a schopnost UAS podávat hlášení o poloze. Tyto služby budou vyžadovat náležitý výcvik pilota. Kategorie Y umožňuje lety VLOS i BVLOS. Ve vzdušném prostoru

kategorie Y se konflikty mezi lety řeší před vzletem viz. obrázek č. 5. Předletová řešení konfliktů tak zbytkové riziko srážky sníží na velmi nízkou úroveň, což vede k velkým rozstupům mezi letadly.

Kategorie Y se očekává v oblastech s pozemním rizikem nebo rizikem ve vzduchu dle SORA vyšším, než je přípustné v kategorii X. Jde o oblasti, kde je významný provoz nebo nad hustě obydlenou oblastí. Tato kategorie může být vytvořena i v oblastech s vysokou poptávkou po BVLOS letech nebo může být vytvořena jako prostředek k omezení přístupu jako například v národním parku. V takových případech může být v kategorii Y vyžadován schválený letový plán, ale kvůli nedostupnosti signálu mobilního internetu by nemuselo být vyžadováno vzdáleného připojení do U-space.



Obrázek 5: Příklad kategorie Y (zpracováno autorem na základě [13])

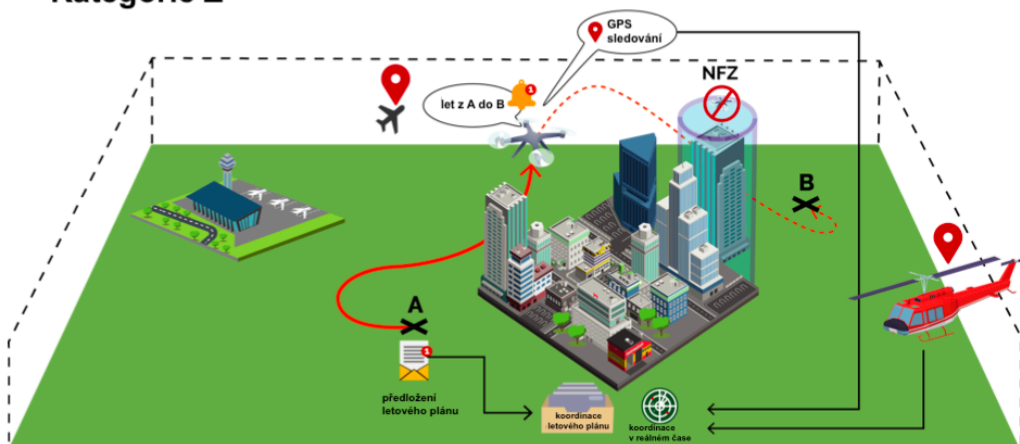
Kategorie Z

Kategorie Z umožňuje provoz s vyšší hustotou než Y, a proto se uplatňuje v oblastech, kde poptávka po dopravě překračuje kapacitu Y nebo tam, kde existuje zvláštní riziko jako například v městských oblastech. To můžeme vidět společně s demonstrací celé této kategorie Z na obrázku č. 6. Stejně jako v případě kategorie Y, i zde je třeba schválený letový plán, a navíc předložení hlášení polohy umožňující sledování a nepřetržité připojení pilota do U-space. V kategorii Z je k dispozici více prostředků ke zmírnění rizika než v Y nebo X. Kategorie Z také umožňuje provoz s vyšší hustotou než v předešlých kategoriích, jelikož zbytková rizika vyplývající ze strategické (předletové) separace lze snížit taktickým řešením konfliktu (za letu), a proto zbytkové riziko po strategickém řešení konfliktu nemusí být tak nízké jako u kategorie Y. Přístup do Z může mít opět zvláštní technické požadavky. Prokázání jejich splnění je součástí procesu schvalování letového plánu.

Kategorie Z má taktické řešení konfliktů. Poskytování této služby je pro daný objem jedinečné. To znamená, že za separaci letadel odpovídá pouze jeden subjekt. Když je separace zajištěna pomocí U-space nazýváme ji jako Zu. Na druhou stranu, pokud jsou řídicí letového provozu zodpovědní za zajištění separace, pak je kategorie pojmenována jako Za.

Tento ConOps předpokládá, že všechny oblasti VLL řízené pomocí ATS, například uvnitř CTR, jsou klasifikovány jako kategorií Za. Jakákoliv kategorie Za je řízeným vzdušným prostorem. ATS tak v Za řídí a poskytují služby, v případě potřeby využívají služeb U-space – umožňují například komunikaci nebo dohled. Zu může být vytvořen v neřízeném vzdušném prostoru. Rady tak poskytuje služba taktického řešení konfliktu. Řízeným vzdušným prostorem může být určena kategorie Zu, v takovém případě se služba taktického řešení konfliktů v U-space považuje za službu řízení letového provozu. Služba taktického řešení konfliktů v U-space tak poskytuje pokyny, kterými se musí řídit všechna letadla s pilotem na palubě i bezpilotní letadla. Letecké informace pro kategorií Zu musí jasně uvádět, zda se jedná o řízený nebo neřízený vzdušný prostor.

Kategorie Z



Obrázek 6: Příklad kategorie Z (zpracováno autorem na základě [13])



3 Integrace UAS do vzdušného prostoru VLL

Tato kapitola pojednává o integraci UAS do vzdušného prostoru VLL. Především se opírá o nařízení, prováděcí nařízení, předpisy a legislativu. Kapitola je zvláště důležitá, jelikož nařízení a legislativní opatření jsou základem pro stanovení harmonizovaných pravidel, řeší obecný přístup k dané problematice a též představují soubor platných právních předpisů a norem.

3.1 Evropské předpisy

Požadavky na regulační rámec pro území České republiky a ostatní členské státy Evropské unie jsou stanoveny nařízeními. Zároveň je tato evropská legislativa prioritní před legislativou národní. Níže jsou proto rozebrány tři nařízení pojednávající o dané problematice. Jedná se o nařízení 2021/664, nařízení 2019/945 a nařízení 2019/947.

3.1.2 Prováděcí nařízení 2021/664

Jedná se o prováděcí nařízení [14], které pojednává o regulačním rámci pro vzdušný prostor U-space. Prováděcí nařízení stanoví pravidla a postupy pro bezpečný provoz UAS ve vzdušném prostoru U-space, dále pro bezpečné začlenění UAS do leteckého systému a též pro samotné poskytování služeb U-space. V zeměpisných zónách pro UAS vymezenými členskými státy jako vzdušný prostor U-space se toto prováděcí nařízení vztahuje na provozovatele UAS, poskytovatele služeb U-space a poskytovatele společných informačních služeb.

Toto nařízení se však nevztahuje na provoz UAS prováděný v rámci klubů a sdružení leteckých modelářů, které získaly dané oprávnění v souladu dle článku 16, Prováděcího nařízení (EU) 2019/947 nebo v podkategorii A1 „otevřené“ kategorie provozu UA dle článku 16, Prováděcího nařízení 2019/947 nebo v případě vyhovění daným podmínkám v souladu s pravidly pro let dle přístrojů, které jsou blíže specifikované v článku SERA.5015 Prováděcího nařízení (EU) č. 923/2012. Dále je v tomto prováděcím nařízení řešena dynamická rekonfigurace vzdušného prostoru, společné informační služby, poskytovatelé služeb U-space, služba „geo-awareness“ atd.

3.1.3 Nařízení 2019/945

Toto nařízení [15] pojednává o UAS a o provozovateli UAS ze třetích zemí. Stanovuje požadavky na výrobu a samotné projektování UAS, které jsou určeny k provozování. Vše musí



probíhat dle pravidel a podmínek vymezených v prováděcím nařízení (EU) 2019/947 společně s doplňkovými zařízeními pro identifikaci na dálku. Dále se v tomto nařízení definuje typ UAS. Jejich projektování, následná výroba a také údržba podléhají osvědčování. Nařízení taktéž stanovuje pravidla pro dodávání UAS, jež jsou určeny pro provoz v „otevřené“ kategorii a doplňkových zařízení díky kterým je možnost UAS identifikovat na dálku. V neposlední řadě nařízení pojednává o pravidlech pro provozovatele UAS z třetích zemí za předpokladu, že provozují UAS dle prováděcího nařízení (EU) 2019/947 v rámci vzdušného prostoru jednotného evropského nebe (SES, Single European Sky).

3.1.4 Prováděcí nařízení 2019/947

Prováděcí nařízení pojednává o pravidlech a postupech pro provoz UA. Předmětem tohoto prováděcího nařízení je dle [16]: *„Toto nařízení stanoví podrobná ustanovení pro provoz bezpilotních systémů, jakož i pro personál, včetně dálkově řídicích pilotů a organizací zapojených do tohoto provozu.“* Jedním ze základních bodů prováděcího nařízení je i stanovení provozu UAS do tří kategorií provozu (společně s jejich bližší specifikací), kterými jsou kategorie otevřená (open), specifická kategorie (specific) a kategorie certifikovaná (certified). Dále se zde můžeme setkat s úkoly příslušného úřadu, informacemi o bezpečnosti nebo s přechodnými ustanoveními. Za zmínku stojí článek 15 pojednávající o provozních podmínkách v zeměpisných zónách pro UAS. Za účelem bezpečnosti, ochrany soukromí, ochrany životního prostředí atd. při vymezení zeměpisných zón pro UAS mohou členské státy zakázat druh provozu UAS, požadovat konkrétní podmínky nebo předchozí oprávnění k provozu. Dále mohou podřídit provoz UAS normám v oblastech životního prostředí, povolit let pouze některým třídám UAS nebo povolit let takovým UAS, které disponují technickým vybavením (např. dálková identifikace nebo funkce „geo-awareness“). Po úřadem posouzených rizicích mohou členské státy určit zeměpisné zóny, ve kterých provoz UAS nepodléhá požadavku nebo požadavkům kategorie open. V neposlední řadě, pokud členské státy vymezení zeměpisné zóny pro UAS dle bodů zmíněných výše, zajistí pro účely funkce „geo-awareness“, aby byly zveřejněny informace o zeměpisných zónách ve společném jednotném digitálním formátu.

3.2 Zeměpisné zóny

Jedná se o stávající i budoucí územní ochranu České republiky. Zjednodušeně řečeno, jedná se o vyznačené části vzdušného prostoru nacházejícího se nad Českou republikou. Zeměpisné zóny zpřehledňují oblasti, ve kterých je možné létat, ve kterých není možné létat, anebo oblasti, ve kterých je let UA podmíněný [17]. Jednou z povinností každého členského



státu Evropské agentury pro bezpečnost v letectví (EASA, European Union Aviation Safety Agency) je publikovat zeměpisné zóny. Tímto krokem se doplní či upřesní jednotná evropská pravidla.

Zeměpisné zóny se vztahují na provoz v kategorii open, specific i certified. Aktuálně publikované zóny pro bezpilotní systémy jsou k nalezení na stránkách Letecké informační služby.² Za zmínku též stojí webová aplikace DronView pro předletovou přípravu, seznámení se s uspořádáním vzdušného prostoru, plánování letu UA v prostorech, kde je let povolen atp. od Řízení letového provozu České republiky, s. p.³ (nejedná se však o zobrazení zamýšlených zeměpisných zón).

O zeměpisných zónách pojednává prováděcí nařízení (EU) 2019/947, jak již bylo zmíněno v předchozí podkapitole. Dle článku 15 zmíněného prováděcího nařízení se od 31.12.2020 v České republice zřizuje nový omezený prostor s názvem LKR10. Smyslem tohoto nového prostoru je zachovat stávající územní ochranu České republiky. Předmětem opatření je dodatečná národní úprava provozu UA zahrnující úpravu v blízkosti letišť, ve vzdušných prostorech P, R, D, TSA nebo TRA, v hustě osídlených prostorech a v ochranných pásmech, které jsou stanoveny příslušnými právními předpisy [17]. Konkrétně se dle [18] jedná o tato ochranná pásma:

- podél nadzemních dopravních staveb,
- tras nadzemních inženýrských sítí,
- tras nadzemních telekomunikačních sítí,
- uvnitř zvláště chráněných území,
- v okolí vodních zdrojů,
- objektů důležitých pro obranu státu.

Dále je třeba vzít v úvahu i dodatečnou národní úpravu meteorologických minim, přepravy nebezpečných látek, shazování předmětů za letu, podmínky pohybu dálkově řídicího pilota, podmínky leteckých veřejných vystoupení, žádoucího souladu s jinými právními předpisy, podmínky použití zvláštních druhů pohonu, podmínky pojištění odpovědnosti nebo způsobilost dálkově řídicího pilota UA se vzletovou hmotností, která nepřevyšuje 500 g v přechodném období [18].

² Dostupné z: <https://aim.rlp.cz/?lang=cz&p=uas-gz>

³ Dostupné z: <https://dronview.rlp.cz>



Podstata spočívá v lepším přehledu prostorů, ve kterých lze provést let nebo případně za jakých podmínek v těchto prostorech lze let provést. V první vlně implementace se jedná o písemnou formu zeměpisných zón, v druhé vlně pak půjde o přehlednější digitální vyobrazení. V digitálním formátu by mělo dojít k využití tzv. gridů, které by detailněji vyobrazily oblast s omezením výšky letu UA za účelem zajištění dostatečné bezpečnosti v okolí řízených letišť. Pro vznik U-space je digitalizace zeměpisných zón důležitým faktorem. Nejvíce pak pro služby jako je zjištění a notifikace o možném porušení omezení vzdušného prostoru (geo-awareness) a službu, která má funkci, jež softwarově ohraničuje provoz UA. Dokáže zamezit vniknutí nebo naopak vylétnutí do/z předem vymezené oblasti (geo-fencing). Zavedením zeměpisných zón se zvýší přehlednost, a tím samozřejmě i bezpečnost provozu ve vzdušném prostoru.

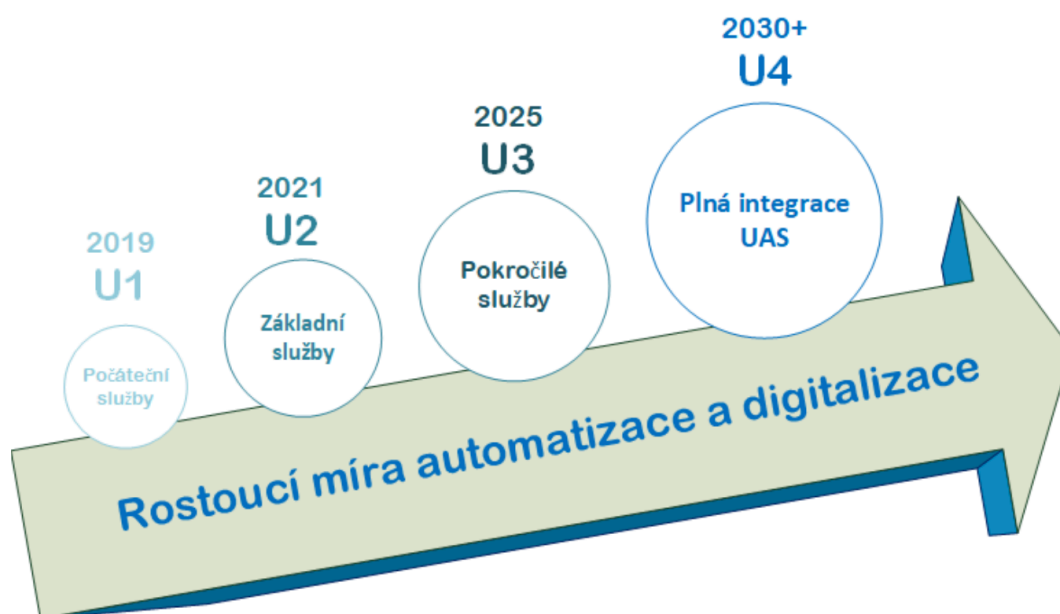
3.3 U-space

U-space je soubor služeb a postupů, které jsou určeny k podpoře bezpečného a efektivního přístupu do vzdušného prostoru. Jedná se tedy o ekosystém definující rozhraní mezi bezpilotním letectvím a letectvím s pilotem na palubě, poskytovateli ATM služeb a jednotnými autoritami, který zahrnuje pravidla ve sdíleném vzdušném prostoru pro všechny jeho uživatele. U-space tak bude schopen zajistit plynulý provoz VLOS i BVLOS letů pro všechny kategorie UAS ve všech typech vzdušného prostoru. U-space by měl umožnit obchodní činnosti spojené s provozem UAS a taktéž i umožnit provoz UAS pro běžné uživatele jako volnočasovou aktivitu při zachování přijatelné úrovně bezpečnosti a přijetí UAS ze strany veřejnosti.

Koncept vznikl na podporu komerčního provozu UAS (pro jeho řízení), převážně pak pro složitější a komplexnější UAS. U-space je specifický soubor služeb zajišťující bezpečný a efektivní přístup velkého počtu UAS do vzdušného prostoru. Účelem je tedy dosáhnout automatizovaného řízení a integraci UAS v harmonické koexistenci se současným systémem ATM. Proto, aby mohl být U-space zaveden, musí být v první řadě státem určen a definován vzdušný prostor U-space, tzn. vzdušný prostor s poskytovanými povinnými službami s jednotným cílem – zaručit bezpečný a účinný provoz.

Služby, které by U-space poskytoval, spoléhají na vysokou úroveň digitalizace a automatizace funkcí nacházejících se v UAS nebo jako součást pozemní infrastruktury. Služby v U-space jsou v dokumentu SESAR U-space Blueprint definovány do čtyř kategorií neboli implementačních fází U1 – U4, které jsou zachyceny na obrázku č. 7. Jejich zavádění bude postupné. První kategorie U1 zahrnuje počáteční služby jako e-registraci, e-identifikaci a vytvoření zeměpisných zón pro UAS. Druhá kategorie U2 je zaměřena na základní služby,

mezi které se řadí služby, které podporují uspořádání UAS. Pokročilé služby U-space zahrnuje kategorie U3. Jedná se o služby podporující provoz v oblastech, kde se nachází větší počet letů. Může jimi být například řízení kapacity. Ve čtvrté kategorii U4 jde o kompletní služby U-space neboli plnou integraci UAS. Jedná se tedy o integrované rozhraní s letectvím s pilotem na palubě. O samotnou implementaci U-space v České republice se stará Řízení letového provozu České republiky společně s Ministerstvem dopravy, Úřadem pro civilní letectví a Fakultou dopravní ČVUT v Praze [10] [19].



Obrázek 7: Implementační fáze U-space definované v dokumentu SESAR U-space Blueprint [19]

3.4 Limitace současného stavu

Počet UAS operujících ve vzdušném prostoru VLL neustále přibývá. Bezpilotní systémy nabírají na popularitě ať už pro běžné občany převážně jako nástroj pro pořizování snímků a zaznamenávání videoobsahu, tak pro subjekty, které se zaměřují na jejich komplexní využitelnost v podobě doručování balíčků či jako městskou leteckou mobilitu (UAM, Urban Air Mobility). Ve vzdušném prostoru VLL se může nacházet nejen provoz bezpilotních systémů, ale také tento vzdušný prostor zahrnuje všechny druhy letectví s pilotem na palubě jako např. lety vojenských letadel, lety záchranné služby, lety balonů, závěsných kluzáků a tak dále. Je tedy nezbytné, aby všechnen provoz nacházející se ve vzdušném prostoru VLL spolu kooperoval a aby došlo k nastavení pravidel pro provoz bezpilotních systémů ve VLL. Především je třeba dodržovat určitá pravidla pro zachování přijatelné úrovně bezpečnosti. Kooperace těchto dvou skupin účastníků ve vzdušném prostoru VLL (letectví s pilotem na



palubě a letectví bez pilota na palubě) se dá nahradit pojmem U-space, který tyto subjekty zastřešuje. Pokud by tedy mělo dojít k zavedení U-space v České republice, je nezbytné, aby bylo známo, kde a za jakých pravidel či podmínek by měl U-space vzniknout. Proto je důležité klasifikovat provoz bezpilotních systémů, kterých neustále přibývá a v budoucnu by bylo těžké takto početnou skupinu korigovat a regulovat. Současný stav postrádá systémový pohled pro začlenění UAS do vzdušného prostoru VLL, postrádá pravidla pro podchycení provozu UAS ve vzdušném prostoru VLL při kooperaci s letectvím s pilotem na palubě, o která usiluje uspořádání bezpilotního letového provozu – U-space. Ten doposud není v České republice zaveden a nejsou stanoveny pravidla jeho vzniku. Proto se tato práce zaměřuje na stanovení metodiky rozdělení vzdušného prostoru VLL pro provoz UAS a vytvoření návrhu pravidel pro vznik U-space v České republice.

Pokud státy určují vzdušný prostor U-space za účelem zvýšení bezpečnosti, soukromí, ochrany před protiprávními činy apod., musí toto určení stát na posouzení rizik vzdušného prostoru [14]. Proto se při tvorbě metodiky v rozdělení vzdušného prostoru VLL hodnotí možné riziko spojené s provozem UAS ve všech oblastech postihující právě tento vzdušný prostor. Je nezbytné, aby bylo vytvoření U-space podmíněno analýzou daných lokací, kde by mělo ke vzniku U-space dojít. V tomto případě se tak jedná o analýzu v rámci celé České republiky.



4 Návrh rozdělení VLL ČR do částí s různými pravidly pro provoz UAS a pravidel pro vznik U-space ČR

V této kapitole je definována metodika pro návrh rozdělení VLL ČR do ucelených částí a též obsahuje návrh pravidel vzniku vzdušných prostorů U-space v České republice. Metodika počítá se všemi vstupy, které se při provozu ve VLL mohou objevit. Jednotlivé vstupní parametry jsou ohodnoceny, díky čemuž je možné se dopočítat konkrétní finální hodnoty rizika určitého místa. V metodice je tedy definováno, jak postupovat při přidělování jednotlivých ohodnocení vstupních parametrů. Ve výsledku se ohodnocením všech parametrů dostaneme k finální hodnotě jednotlivých bodů nacházejících se v České republice, které si subjekt na základě preferencí a potřeb analýzy libovolně zvolí. Takovýto způsob ohodnocení vede k snazšímu rozdělení prostoru VLL.

4.1 Rozdělení VLL ČR

V první řadě je důležité rozdělit VLL prostor na jednotlivé části zahrnující společné parametry, které lze mezi sebou porovnat a ohodnotit. VLL prostor ČR prošel rozdělením do tří kategorií. První kategorií je rozdělení dle pozemního rizika. Tato kategorie je ohodnocena dle vytvořené tabulky, která vznikla na základě určení třídy rizika na zemi (GRC, Ground Risk Class) definované v bezpečnostní metodice SORA. Jsou tak podchyceny možná rizika na zemi spojené s provozem UAS nad danou lokalitou. Druhou kategorií je rozdělení dle vzdušných prostorů pro letectví s pilotem na palubě, díky které je prostor rozdělen vertikální hranicí 500 ft AGL a 1000 ft AGL. Tato kategorie je ohodnocena dle SORA na základě třídy rizika ve vzduchu (ARC, Air Risk Class). Poslední, třetí kategorií je rozdělení dle ochranných pásem. Ty jsou definovány ve veřejné vyhlášce opatření obecné povahy LKR10.

4.1.1 Rozdělení dle pozemního rizika

Jak již bylo naznačeno, kategorie rozdělení dle pozemního rizika bude ohodnocena dle vytvořené tabulky, která vznikla na základě třídy rizika na zemi – GRC definované v SORA a statistických dat definujících hustotu zalidnění na daném území, tedy počet obyvatel na kilometr čtvereční, která je definována Statistickým úřadem Evropské unie – Eurostat⁴

⁴ Dostupné z: <https://ec.europa.eu/eurostat>



a Organizací pro hospodářskou spolupráci a rozvoj – OECD⁵. Samotná třída rizika na zemi – GRC, definovaná v metodice SORA, pojednává o rozdělení dle počtu osob nacházejících se v oblasti možného dopadu, ale nikde však není definováno, jakými počty osob jsou tyto skupiny charakterizovány. Proto došlo k vytvoření vlastní tabulky složené z více parametrů, které vedou k přesnějšimu výsledku.

Je totiž nezbytné vzít v potaz i hustotu zalidnění České republiky pro dané oblasti. Nedávalo by smysl, kdyby metodika počítala bez této hodnoty. Znamenalo by to pak, že v místech s vysokým pozemním rizikem možného nebezpečí by se nedalo létat, avšak pokud budeme vědět, že v dané lokalitě bude velmi nízká hustota zalidnění, některá opatření by mohla být zmírněna a k letu by tak mohlo za určitých podmínek dojít.

Jako první krok pro ohodnocení pozemního rizika je důležité zjistit několik vstupních parametrů, bez kterých by ho nebylo možné ohodnotit. Těmito vstupními parametry tak jsou:

- maximální charakteristický rozměr UAS,
- znalost zamýšleného provozního scénáře,
- hustota zalidnění v dané oblasti.

Z těchto získaných vstupních hodnot je již možné sestavit hodnotu pozemního rizika. Číselné hodnoty lze získat z vytvořené tabulky, která byla zpracována na základě definované třídy rizika na zemi – GRC agenturou EASA v eRules pro bezpilotní systémy (UAS) (nařízení (EU) 2019/947 a (EU) 2019/945)⁶ a statistických dat získaných ze Statistického úřadu Evropské unie – Eurostat⁷ a Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj – OECD⁸.

Dle tabulky č. 2 lze intuitivně určit hledanou hodnotu pozemního rizika. V průběhu ohodnocování jednotlivých provozů se můžeme dostat k celkem 8 hodnotám. V prvním řádku tabulky je třeba vybrat maximální charakteristický rozměr UAS, jež by měl být znám jako jedna z hlavních vstupních podmínek. Z této hodnoty vyjde, ve kterém sloupečku se budeme nacházet a z kterého se bude následně vycházet. Poté z tohoto údaje vyplyne očekávaná specifická kinetická energie. Další krokem je určení provozního scénáře, který by měl být znám jako druhá vstupní podmínka společně s hustotou zalidnění v dané oblasti. Po zjištění, zda se jedná o let VLOS nebo BVLOS a zjištění, o jakou hustotu zalidnění se v dané oblasti jedná, lze jednoznačně určit finální hodnotu pozemního rizika.

⁵ Dostupné z: <https://www.oecd.org>

⁶ Dostupné z: https://www.caa.cz/wp-content/uploads/2021/08/eRules_UAS_CS_04-08-2021_v3-0.pdf?cb=81acce8f97f18f90561b5456325330e0

⁷ Dostupné z: <https://ec.europa.eu/eurostat>

⁸ Dostupné z: <https://www.oecd.org>



Jak již bylo zmíněno, v této kategorii rozdělení nedošlo k převzetí již vytvořené tabulky tříd pozemního rizika – GRC, ale došlo k tvorbě vlastní tabulky pozemního rizika. Důvodem byla absence jednoznačné definice, na jakém základě lze určit provozní scénáře s mírou zalidnění v dané oblasti. V metodice SORA se nachází rozdělení dle počtu osob, není však jednoznačně definováno, jakými počty osob jednotlivé skupiny disponují. Tento fakt byl potvrzen i ze strany Úřadu pro civilní letectví – oddělení pro bezpilotní systémy.⁹ Z toho důvodu byly tyto skupiny zahrnující počty osob vynechány a došlo k vytvoření skupin tvořených s hodnotou hustoty zalidnění dané oblasti, které jsou podloženy Statistickým úřadem pro Evropskou unii a Organizací pro hospodářskou spolupráci a rozvoj. Dle těchto kapacit bylo definováno, že pokud hustota zalidnění na daném území je menší než 150 obyvatel na kilometr čtvereční, jedná se tak o definici venkova. V současné době neexistuje jednotná definice pojednávající o pojmu venkov. Jediná obecně uznávaná mezinárodní definice této oblasti nové metodiky je vymezena od Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj. Se stejnou myšlenkou vymezení venkova pojednává i Statistický úřad pro Evropskou unii [20].

Tabulka 2: Určení pozemního rizika (zpracováno autorem na základě [21])

Tabulka pozemního rizika				
Maximální charakteristický rozměr UAS	1 m / cca 3 ft	3 m / cca 10 ft	8 m / cca 25 ft	> 8 m / cca 25 ft
Očekávaná specifická kinetická energie	< 700 J (cca 529 ft lb)	< 34 kJ (cca 25 000 ft lb)	< 1 084 kJ (cca 800 000 ft lb)	> 1 084 kJ (cca 800 000 ft lb)
Provozní scénáře				
VLOS do 150 os/km ²	1	2	3	4
VLOS nad 150 os/km ²	2	3	4	5
BVLOS do 150 os/km ²	3	4	5	6
BVLOS nad 150 os/km ²	4	5	6	8

Vzorovou situací je místo pro možný vznik U-space, kde bude provozován bezpilotní prostředek DJI Matrice 600 Pro, jehož maximální charakteristický rozměr je 1,518 m. Jedná se o let na dohled pilota – VLOS v oblasti definované jako venkov, tedy do 150 obyvatel na čtverečním kilometru. Tento případ nám díky charakteristickému rozměru posune výběr hodnot do druhého sloupce. Poté se vybere typ provozního scénáře. Díky vstupním parametrům lze označit první řádek, tedy VLOS do 150 os/km². Nyní lze jednoznačně určit

⁹ Dostupné z: <https://www.caa.cz>



finální hodnotu pozemního rizika, tedy 2. Postup výběru hodnot pozemního rizika je naznačen v tabulce č. 3.

Tabulka 3: Určení pozemního rizika pro vzorový příklad

Tabulka pozemního rizika				
Maximální charakteristický rozměr UAS	1 m / cca 3 ft	3 m / cca 10 ft	8 m / cca 25 ft	> 8 m / cca 25 ft
Očekávaná specifická kinetická energie	< 700 J (cca 529 ft lb)	< 34 kJ (cca 25 000 ft lb)	< 1 084 kJ (cca 800 000 ft lb)	> 1 084 kJ (cca 800 000 ft lb)
Provozní scénáře				
VLOS do 150 os/km ²	1	2	3	4
VLOS nad 150 os/km ²	2	3	4	5
BVLOS do 150 os/km ²	3	4	5	6
BVLOS nad 150 os/km ²	4	5	6	8

4.1.2 Rozdělení dle vzdušných prostorů pro letectví s pilotem na palubě

Druhá kategorie pojednává o rozdělení dle vzdušných prostorů pro letectví s pilotem na palubě. Jak již bylo zmíněno, v kategorii rozdělení dle vzdušných prostorů pro letectví s pilotem na palubě se jedná o pomyslné rozdělení vertikální linie ve výšce 500 ft AGL a 1000 ft AGL. Hranice 500 ft dle definice prostoru VLL pomyslně kopíruje linii terénu. Na hranici výšky 1000 ft se dostaneme v případě, že se nacházíme v zastavěné oblasti. U této kategorie rozdělení jsou prostory hodnoceny na základě třídy rizika ve vzduchu – ARC dle stanovené metody od agentury EASA v eRules pro bezpilotní systémy (UAS) (nařízení (EU) 2019/947 a (EU) 2019/945).¹⁰ V prvním kroku došlo k analýze všech možných prvků spadajících do této kategorie pojednávající o vzdušných prostorech pro letectví s pilotem na palubě. K získání těchto podkladů byla primárně použita webová aplikace AisView 3.8¹¹ od Řízení letového provozu České republiky, s. p., která slouží pro přehledné zobrazení aktivace prostorů spravovaných pracovištěm uspořádání vzdušného prostoru.

¹⁰ Dostupné z: https://www.caa.cz/wp-content/uploads/2021/08/eRules_UAS_CS_04-08-2021_v3-0.pdf?cb=81acce8f97f18f90561b5456325330e0

¹¹ Dostupné z: <https://aisview.rlp.cz>



Po analýze všech prostorů zapadajících do této kategorie došlo k výběru právě těchto prostorů:

- řízený okrsek – CTR,
- letištní provozní zóna – ATZ,
- plochy SLZ,
- dočasně rezervovaný prostor – TRA,
- dočasně vyhrazený prostor – TSA,
- omezený prostor – R,
- nebezpečný prostor – D,
- oblast s povinným odpovídačem – TMZ,
- heliport.

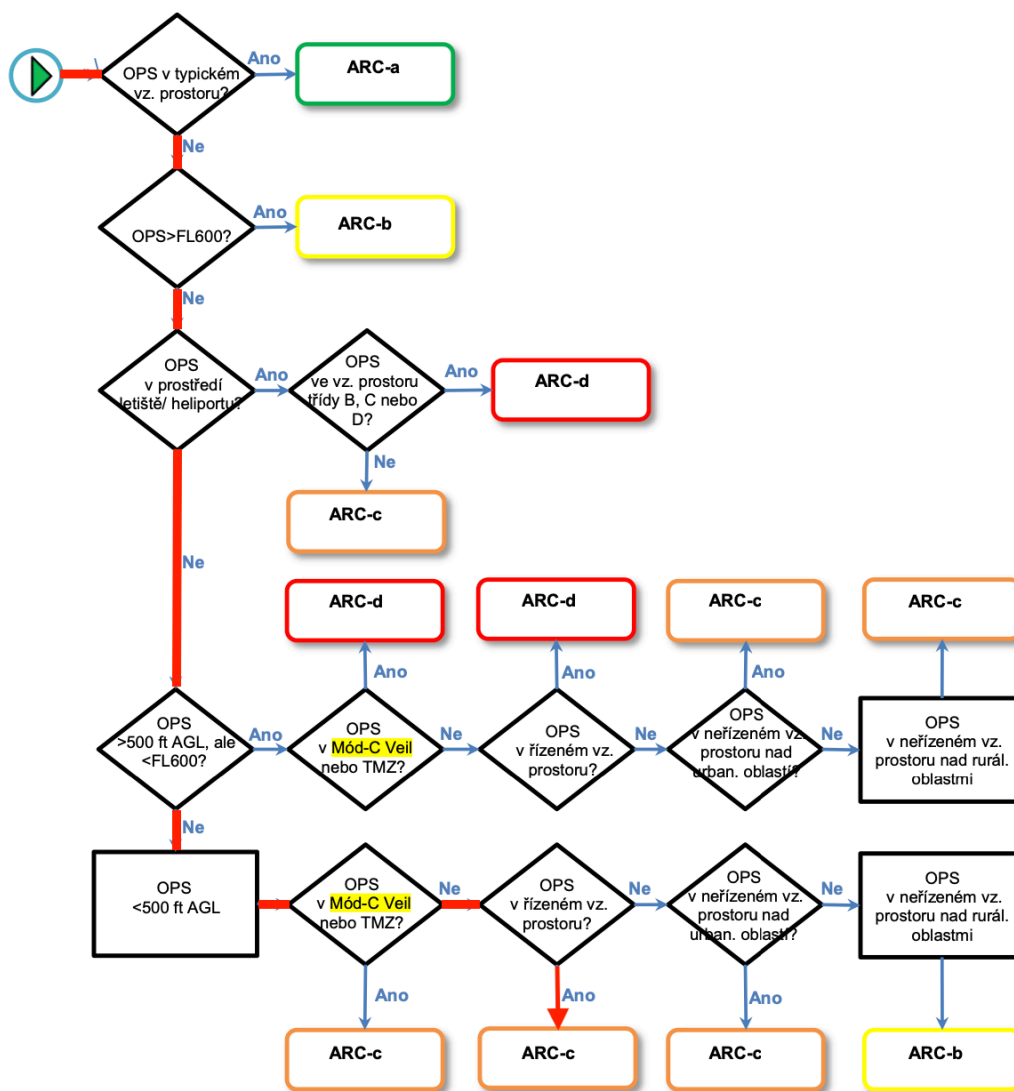
Do analýzy se nabízelo zakomponovat i zakázaný prostor P. Ten je však ve všech případech aktivovaný od země – GND a provoz v tomto prostoru není možný. Proto se v ohodnocení v této metodice s tímto prostorem počítá jako s tzv. „bílým místem na mapě“. To znamená, že v prostorech označených jako zakázané nebude možné létat za žádných podmínek, a tudíž zde nebude ani definován prostor U-space.

Každý z výše vypsanych prostorů je následně rozdělen vertikální hranicí do 500 ft AGL a nad 500 ft AGL. Toto opatření vzniklo z požadavku a předepsaného pravidla od EASA v dokumentu eRules pro bezpilotní systémy (UAS) (nařízení (EU) 2019/947 a (EU) 2019/945)¹², který definoval přerozdělení tříd rizika ve vzduchu – ARC. Díky tomuto opatření nelze dále počítat s dočasně vyhrazeným prostorem – TSA nad 500 ft AGL. Pokud je tento prostor TSA aktivovaný, ve všech případech začíná nejvýše od 300 ft AGL do minimálně 1000 ft AGL. Z logiky věci vyplývá, že se tak nelze dostat přes hranici 500 ft AGL, tzn. že při aktivaci prostoru TSA lze tento prostor podletět jen do maximální výšky 300 ft AGL a zároveň se nelze dostat přes hranici 1000 ft AGL, jelikož touto hranicí zároveň končí i prostor VLL.

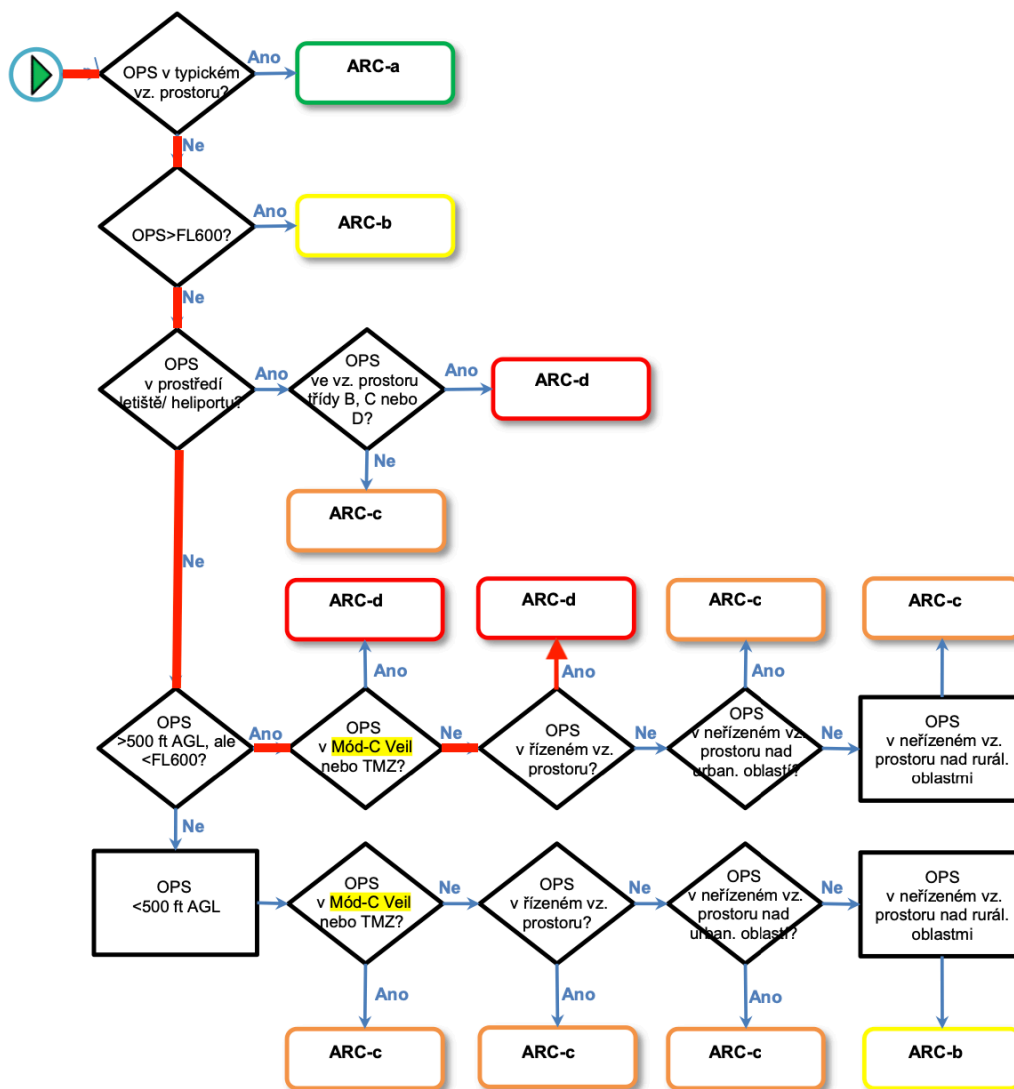
Vzorovým příkladem může být dočasně vyhrazený prostor Merin – LKTSA21, který při jeho aktivaci zabírá vertikální oblast od 300 ft AGL do 1000 ft AGL. Pokud je tento prostor aktivní, v takovém případě se lze pohybovat pod tímto prostorem do hranice 300 ft AGL. V případě, že je kterýkoliv prostor TSA neaktivní, lze považovat vzdušný prostor v těchto místech bez různých omezení. Je ale třeba zkontrolovat, zda v těchto místech nedochází k omezení z důvodů jiných prostorů, které by v danou chvíli aktivními mohly být.

¹² Dostupné z: https://www.caa.cz/wp-content/uploads/2021/08/eRules_UAS_CS_04-08-2021_v3-0.pdf?cb=81acce8f97f18f90561b5456325330e0

Následující obrázky č. 8 a 9 jsou vzorovou ukázkou, jak lze v tabulce tříd rizika ve vzduchu – ARC jednoduše dojít k výsledku třídy. Na prvním obrázku č. 8 lze vidět určení třídy rizika ve vzduchu – ARC u řízeného okrsku – CTR do 500 ft AGL. Druhý obrázek č. 9 pak demonstruje určení třídy rizika ve vzduchu – ARC u řízeného okrsku – CTR nad 500 ft AGL.



Obrázek 8: Určení třídy rizika ve vzduchu – ARC pro CTR do 500 ft AGL (zpracováno autorem na základě [21])



Obrázek 9: Určení třídy rizika ve vzduchu – ARC pro CTR nad 500 ft AGL (zpracováno autorem na základě [21])

Konečné přerozdělení tříd rizika ve vzduchu – ARC pro všechny vybrané prostory je demonstrováno v tabulce č. 4. V tabulce jsou již všechny vybrané prostory přerozděleny dle vertikální hranice do 500 ft AGL a nad 500 ft AGL pro lepší a snazší orientaci.



Tabulka 4: Přerozdělení tříd rizika ve vzduchu – ARC k jednotlivým prostorům

	ARC-a	ARC-b	ARC-c	ARC-d
CTR do 500 ft	○	○	●	○
CTR nad 500 ft	○	○	○	●
ATZ do 500 ft	○	●	●	○
ATZ nad 500 ft	○	○	●	○
SLZ do 500 ft	○	●	●	○
SLZ nad 500 ft	○	○	●	○
TRA do 500 ft	○	●	●	○
TRA nad 500 ft	○	○	●	○
TSA do 500 ft	○	●	●	○
R do 500 ft	○	●	●	○
R nad 500 ft	○	○	●	●
D do 500 ft	○	●	●	○
D nad 500 ft	○	○	●	●
TMZ do 500 ft	○	○	●	○
TMZ nad 500 ft	○	○	○	●
Heliport	○	○	●	○
Typický vzdušný prostor	●	○	○	○

4.1.3 Rozdělení dle ochranných pásem

Třetí kategorií segregace je dělení dle ochranných pásem, která zde hrají velkou roli. Všechna ochranná pásma související s bezpilotními systémy jsou definována ve veřejné vyhlášce opatření obecné povahy LKR10 a stanovená dle příslušných právních předpisů. Konkrétně se tedy dle [22] jedná o tato ochranná pásma:

- OP podél nadzemních dopravních staveb,
- OP tras nadzemních inženýrských sítí,
- OP tras nadzemních komunikačních sítí,
- OP uvnitř zvláště chráněných území,
- OP v okolí vodních zdrojů,
- OP objektů důležitých pro obranu státu.

Každé z ochranných pásem má konkrétní rozměr prostoru kolem dané lokality a některá ochranná pásma se dělí na další podkategorie. V případě OP podél nadzemních dopravních staveb se jedná o dělení na OP silnic, kam spadají:

- dálnice,
- silnice I. třídy,
- silnice II. třídy,
- silnice III. třídy.



a na OP železnic, kam řadíme:

- celostátní dráhy,
- regionální dráhy,
- vlečky.

Dalším ochranným pásmem je OP tras nadzemních inženýrských sítí, který můžeme dělit na:

- OP plynovodu,
- OP teplovodu,
- OP vysokého napětí.

V našem případě, v případě ohodnocení spojeného s bezpilotními systémy, nás zajímají pouze ochranná pásma nadzemních staveb, tudíž z této kategorie můžeme vynechat OP vodovodu a kanalizace.

Ochranná pásma tras nadzemních telekomunikačních sítí dělíme na:

- OP nadzemního komunikačního vedení,
- OP rádiového zařízení a rádiového směrového spoje.

Do kategorie ochranných pásem uvnitř zvláště chráněných území řadíme:

- OP národních parků,
- OP chráněných krajinných oblastí,
- OP národních přírodních rezervací,
- OP přírodních rezervací,
- OP národních přírodních památek,
- OP přírodních památek.

Ochranná pásma v okolí vodních zdrojů dělíme na OP I. stupně sloužící k ochraně vodního zdroje v blízkosti u odběrného zařízení a dále na OP II. stupně sloužící k ochraně vodního zdroje tam, kde tak stanoví vodoprávní úřad.



Posledním ochranným pásmem je ochranné pásmo objektů důležitých pro obranu státu, kam řadíme dle zákona o zajišťování obrany České republiky č.222/1999 Sb.¹³ následující:

- pozemky a stavby, k nimž výkon vlastnického práva státu a jiných majetkových práv státu vykonává ministerstvo nebo právnická osoba jím zřízená nebo založená,
- pozemky a stavby určené k ochraně obyvatel,
- pozemky, stavby a další objekty strategického významu, které určí vláda,
- pozemky a stavby, které za stavu ohrožení státu nebo za válečného stavu mohou mít strategický význam a které určí vláda.

4.2 Návrh číselného ohodnocení

Tato část práce se zaměřuje na číselné ohodnocení parametrů v definovaných kategoriích z předešlé podkapitoly pro synchronizaci všech hodnot, s kterými bude později dále počítáno pro získání finálních sjednocených hodnot rizika daných lokalit.

4.2.1 Ohodnocení rozdělení dle pozemního rizika

Rozdělení dle pozemního rizika bylo ohodnoceno dle vytvořené tabulky vycházející z definované třídy rizika na zemi – GRC agenturou EASA v eRules pro bezpilotní systémy (UAS) (nařízení (EU) 2019/947 a (EU) 2019/945)¹⁴ a statistických dat získaných ze Statistického úřadu Evropské unie – Eurostat¹⁵ a Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj – OECD¹⁶. Pozemní riziko je rozděleno do osmi kategorií číselného ohodnocení dle závažnosti možného rizika, které lze vidět v tabulce č. 2. Hodnoty z této tabulky tedy udávají závažnost pozemního rizika pro daný vybraný prostor. Na základně vstupních parametrů může tedy být prostor ohodnocen celkem osmi možnými hodnotami. Číselné hodnoty definované v tabulce č. 2 nemění pro následné získání finálních hodnot svůj význam a ponechávají si stejnou hodnotu.

4.2.2 Ohodnocení rozdělení dle vzdušných prostorů pro letectví s pilotem na palubě

Ohodnocení rozdělení na základě vzdušných prostorů pro letectví s pilotem na palubě je přizpůsobeno třídám rizika ve vzduchu – ARC. Tyto třídy jsou převzaty od agentury EASA z dokumentu eRules pro bezpilotní systémy (UAS) (nařízení (EU) 2019/947 a (EU)

¹³ Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1999-222>

¹⁴ Dostupné z: https://www.caa.cz/wp-content/uploads/2021/08/eRules_UAS_CS_04-08-2021_v3-0.pdf?cb=81acce8f97f18f90561b5456325330e0

¹⁵ Dostupné z: <https://ec.europa.eu/eurostat>

¹⁶ Dostupné z: <https://www.oecd.org>



2019/945)¹⁷. Třída rizika ve vzduchu – ARC je zde rozdělena do celkem čtyř kategorií, a to na ARC-a, ARC-b, ARC-c a ARC-d. V tomto případě rozdělení dle vzdušných prostorů pro letectví s pilotem na palubě využijeme již definované kategorie, které převedeme do numerické podoby pro snadnější přepočítání hodnot. Převod označení dle písmen na numerické hodnoty je definován v tabulce č. 5.

Tabulka 5: Převod na numerické hodnoty pro ohodnocení rozdělení dle vzdušných prostorů pro letectví s pilotem na palubě

ARC-a	→	1
ARC-b	→	2
ARC-c	→	3
ARC-d	→	4

4.2.3 Ohodnocení rozdělení dle ochranných pásem

Ohodnocení rozdělení dle ochranných pásem lze vidět v tabulce č. 5. Hodnoty pro jednotlivá ochranná pásma byly vybrány z pohledu nejvyššího možného rizika spojeného s ohrožením lidských životů. Ztráta lidských životů je v tomto ohledu nejpodstatnějším faktorem. Proto možný zásah do přírodní krajiny nebo ohrožení zvěře je v této metodice až druhořadým faktorem. V tabulce č. 6 tak lze vidět přidělení číselných hodnot ke konkrétním ochranným pásmům, respektive jejich podkategoriím. Pokud se na vybraném místě nenachází žádné ochranné pásmo, které by bylo limitací, je v tom případě třetí kategorie dle ochranných pásem ohodnocena hodnotou 0.

¹⁷ Dostupné z: https://www.caa.cz/wp-content/uploads/2021/08/eRules_UAS_CS_04-08-2021_v3-0.pdf?cb=81acce8f97f18f90561b5456325330e0



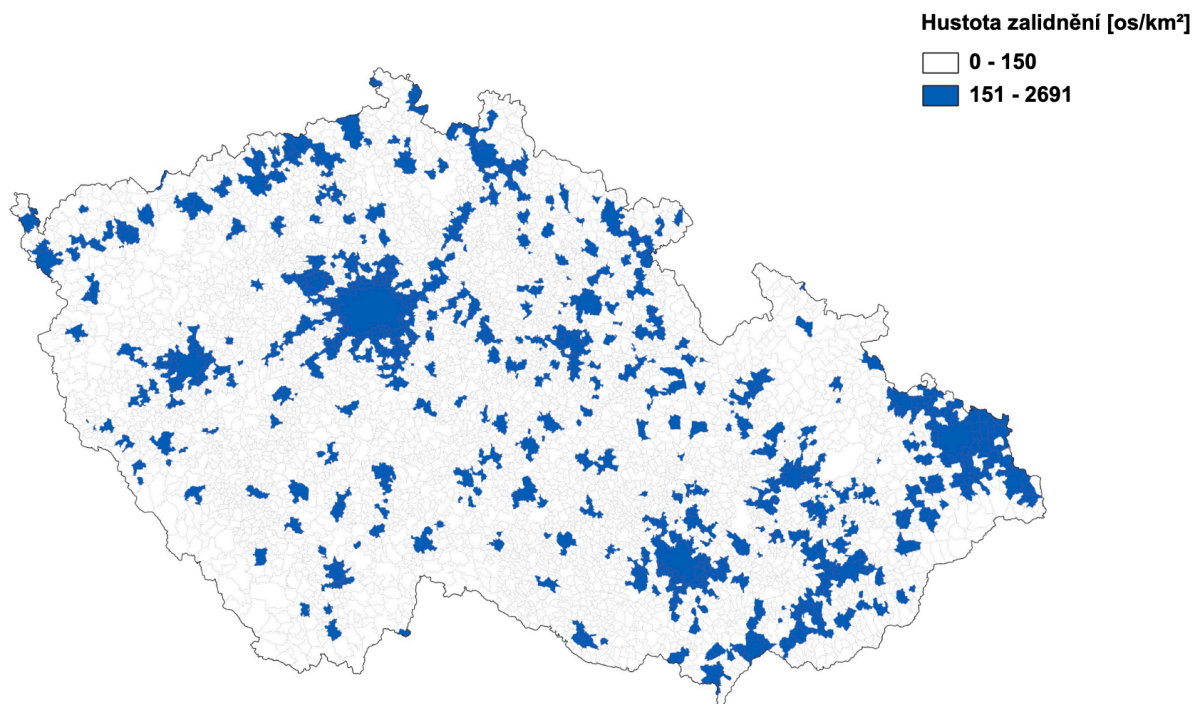
Tabulka 6: Číselné ohodnocení ochranných pásem

	Hodnoty			
	1	2	3	4
OP silnice	III. třídy	II. třídy	I. třídy	dálnice
OP železnice	vlečky	regionální	celostátní	
OP tras nadzemních inženýrských sítí	teplovodu	plynovodu		
		vysokého napětí		
OP tras nadzemních telekomunikačních sítí	nadzemního komunikačního vedení			
	rádiového zařízení a rádiového směrového spoje			
OP uvnitř zvláště chráněných území	národní parky			
	chráněné krajinné oblasti			
	národní přírodní rezervace			
	přírodní rezervace			
	národní přírodní památky			
	přírodní památky			
OP vodních zdrojů	II. stupně	I. stupně		
OP objektů důležitých pro obranu státu				a) *
				b) *
				c) *
				d) *

* a) pozemky a stavby, k nimž výkon vlastnického práva státu a jiných majetkových práv státu vykonává ministerstvo nebo právnická osoba jím zřízená nebo založená, b) pozemky a stavby určené k ochraně obyvatel, c) pozemky, stavby a další objekty strategického významu, které určí vláda, d) pozemky a stavby, které za stavu ohrožení státu nebo za válečného stavu mohou mít strategický význam a které určí vláda.

4.3 Dosažení výsledných sjednocených hodnot rizika

Jelikož je nezbytné vzít v potaz i hustotu zalidnění České republiky a znát konkrétní hodnoty hustoty zalidnění pro dané oblasti, byla v geografickém informačním systému QGIS vytvořena mapa hustoty zalidnění vycházející z nejnovějších dat převzatých z Českého úřadu zeměměřického a katastrálního a též z Českého statistického úřadu. Výsledkem je tady mapa hustoty zalidnění ČR, kterou lze vidět na obrázku č. 10.



Obrázek 10: Mapa hustoty zalidnění ČR

Pro dosažení výsledné sjednocené hodnoty je třeba daný prostor ohodnotit dle definovaných tří kategorií možného rizika spojeného s VLL. Pokud se v jedné lokalitě bude nacházet více prvků, které bude třeba ohodnotit možným rizikem pro danou oblast v rámci jedné kategorie, které je třeba ohodnotit na základě vytvořených tabulek, vždy se bere nejvyšší hodnota jednoho z ohodnocených prvků lokality.

$$\Sigma = a + b + c$$

Obrázek 11: Vzorec pro výsledné sjednocení hodnot rizika

*a – hodnota rizika dle pozemního rizika

*b – hodnota rizika dle vzdušných prostorů pro letectví s pilotem na palubě

*c – hodnota rizika dle ochranných pásem

4.4 Návrh pravidel pro vznik vzdušných prostorů U-space ČR

Pravidla vzniku vzdušných prostorů U-space jsou v této diplomové práci definována na základě navržené metodiky postavené na ohodnocení rizika ve vybraných lokalitách nacházejících se napříč Českou republikou. Předpoklad pro vznik vzdušného prostoru U-space a dodržování požadavků tohoto prostoru je při letech mimo dohled pilota – BVLOS nebo letů bezpilotních systémů na dohled pilota – VLOS v řízených okruzích – CTR. Tento fakt je zjevný, jelikož rostoucí počet bezpilotních systémů vstupujících do velmi nízkého vzdušného prostoru provozovaných mimo vizuální dohled pilota – BVLOS představuje bezpečnostní riziko, riziko ztráty soukromí, riziko narušení životního prostředí nebo může představovat riziko ochrany před protiprávními činy. Dále v oblastech očekávaného souběžného provozu bezpilotních systémů a letadel s pilotem na palubě nebo v oblastech, kde se očekává souběžný početný provoz bezpilotních systémů, vyžaduje dostatečnou úroveň bezpečnosti při začlenění bezpilotních systémů do velmi nízkého vzdušného prostoru. Taktéž je třeba při začlenění bezpilotních systémů uvažovat o zavedení specifických pravidel a postupů definujících jejich provoz ve vzdušném prostoru VLL včetně vysokého stupně automatizace a digitalizace. Přístup do prostoru U-space, který představuje soubor postupů a služeb určených k podpoře bezpečného a efektivního přístupu do vzdušného prostoru VLL, by měl být podmíněn použitím definovaných služeb U-space umožňujících bezpečné řízení provozu narůstajícího počtu UAS definovaných ve čtyřech implementačních fázích U1 – U4 [14]. Jedná se tedy o služby e-registrace, e-identifikace, vytvoření a publikace zeměpisných zón pro bezpilotní systémy. Dále služby podporující uspořádání bezpilotních letů, řízení kapacity, detekci konfliktního provozu a integrované rozhraní s letectvím s pilotem na palubě.

Výsledkem navržené metodiky pro rozdělení velmi nízkého vzdušného prostoru v této diplomové práci je škála hodnot představující hodnotu rizika pro danou lokalitu. Vzniklá škála nabývá hodnot od 2 do 16. Tyto hodnoty představují míru vzniklého rizika od toho s nejmenší závažností – 2, po riziko s největší závažností narušení bezpečnosti při provozu bezpilotních systémů – 16. Na základě těchto hodnot plynoucích z navržené metodiky rozdělení vzdušného



prostoru VLL lze definovat návrh pravidel pro vznik vzdušných prostorů U-space pro Českou republiku.

Jak je definováno v prováděcím nařízení komise (EU) 2021/664 ze dne 22. dubna 2021 o regulačním rámci pro vzdušný prostor U-space [14], provoz UAS s maximální vzletovou hmotností (MTOW, Maximum Take-off Weight) do 250 g při letu na dohled pilota – VLOS představuje nízkou úroveň možného rizika, proto by nemělo být povinné, aby subjekty provozující tento typ letu společně s právě zmíněným typem UAS podléhaly požadavkům vzdušného prostoru U-space. Dle navržené metodiky tento případ provozu definovaný v prováděcím nařízení komise (EU) 2021/664 spadá do lokalit ohodnocených finální sjednocenou hodnotou rizika 3 a menší. Též je v nařízení komise (EU) 2021/664 definováno, že v případě návrhu vzdušného prostoru U-space členskými státy musí být návrh podložen posouzením rizika ve vzdušném prostoru. Navržená metodika v této diplomové práci je vytvořena právě na základě definování možného rizika vznikajícího v lokalitách provozu bezpilotních systémů, tudíž je v souladu s prováděcím nařízením pojednávajícím o regulačním rámci vzdušného prostoru U-space a vyhovuje tak jeho požadavkům.

Dle navržené metodiky by tak pro postihnutí všech letů BVLOS a letů VLOS nacházejících se v blízkosti provozovaných letů s pilotem na palubě, jinak řečeno v řízených okrcích – CTR, mělo dojít ke vzniku U-space, poskytování služeb U-space a podlehnutí dodržování všem požadavkům U-space definovaných v implementačních fázích U1 – U4 v oblastech ohodnocených finální sjednocenou hodnotou rizika dle navržené metodiky 4 a větší. V opačném případě, jak již bylo zmíněno, u lokalit ohodnocených finální sjednocenou hodnotou rizika 3 a menší by nemělo dojít k zavedení U-space a dodržování pravidel a požadavkům tohoto vzdušného prostoru U-space, jelikož je hodnota rizika pro dané prostory na nízké úrovni a omezoval by se tak provoz malých bezpilotních systémů určených převážně pro provoz při volnočasových aktivitách ve venkovských oblastech s nízkou hustotou zalidnění. Pokud ale v těchto venkovských oblastech dojde k provozu větších strojů představujících dle navržené metodiky větší hodnotu finálního sjednoceného rizika, bude zapotřebí, aby podléhaly požadavkům vzdušného prostoru U-space. Návrh pro zavedení vzdušného prostoru U-space je demonstrován v tabulce č. 7.



Tabulka 7: Návrh pravidel pro vznik vzdušných prostorů U-space ČR

Hodnota rizika	U-space
2	X
3	X
4	✓
5	✓
6	✓
7	✓
8	✓
9	✓
10	✓
11	✓
12	✓
13	✓
14	✓
15	✓
16	✓

Dle vytvořeného návrhu v tabulce č. 7 poměrově převládají oblasti s hodnotou rizika, která nabádá k vytvoření vzdušného prostoru U-space. Musí se vzít ale v potaz, že pokud by došlo k rozdělení celé plochy České republiky na dvě části, kde první část by zabírala plochu s potřebou vzniku vzdušného prostoru U-space a druhá část by zabírala plochu, kde by vzdušný prostor U-space vzniknout neměl, jejich poměrové hodnoty zabírající zmíněnou plochu nad Českou republikou by byly proporcionálně vyrovnané. Hodnota finálního sjednoceného rizika s hodnotami 2 a 3, kam spadá provoz bezpilotních systémů nejmenší kategorie ve venkovských oblastech, by tedy pokryly velkou část rozlohy České republiky a vyrovnaly tak nepoměr viditelný v navržené tabulce.



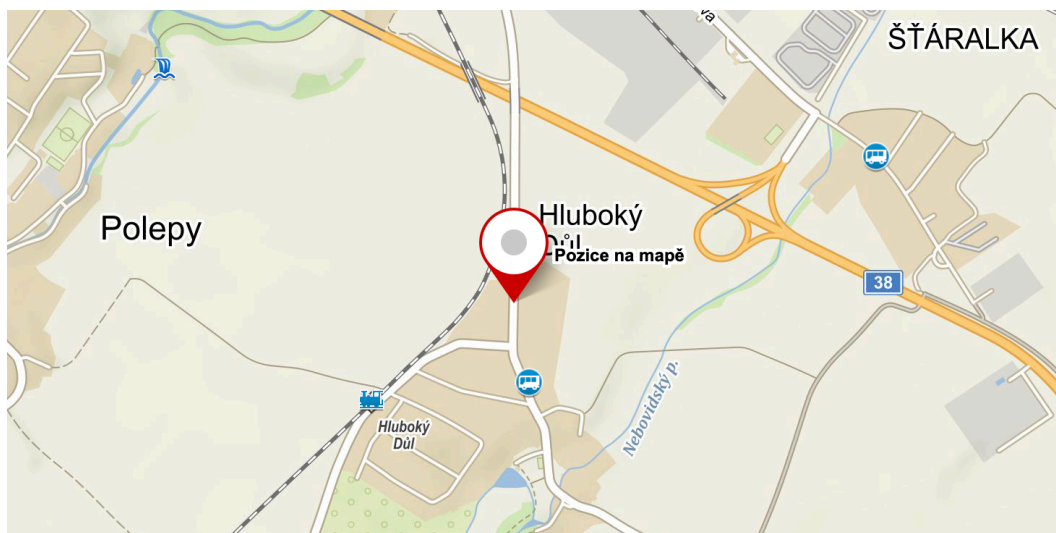
5 Zhodnocení návrhu

Tato kapitola je zaměřena na konečné zhodnocení návrhu metodiky pro rozdělení vzdušného prostoru VLL do ucelených částí. Jsou zde vzorové příklady aplikace metodiky v reálných situacích, s kterými se lze setkat v běžném životě za běžného provozu, a které by měly v konečném důsledku pomoci pochopit princip navržené metodiky. Jedná se o pět vzorových příkladů, kde každý demonstruje jinou situaci možného provozu bezpilotních systémů v lokalitách s různými omezeními. Taktéž je v kapitole u jednotlivých příkladů definováno, ve kterých uvedených případech by mělo dojít ke vzniku vzdušných prostorů U-space na základě vytvořeného návrhu rozdělení VLL ČR do částí s různými pravidly pro provoz UAS.

Pro ohodnocení rizikovosti dané oblasti a získání hodnoty rizika je prvně zapotřebí získat minimální vstupní podmínky. Těmi jsou maximální charakteristický rozměr UAS, znalost zamýšleného provozního scénáře a souřadnice dané oblasti, kde by mělo dojít ke vzniku U-space a kde bude let prováděn. Tyto podmínky jsou pro každý případ stanoveny.

5.1 První vzorový příklad

V prvním případě se jedná o místo pro možný vznik U-space, kde bude provozován bezpilotní prostředek DJI Matrice 600 Pro do výšky 500 ft AGL, jehož maximální charakteristický rozměr činí 1,518 m. Jedná se o let na dohled pilota – VLOS v lokalitě definované souřadnicemi 50.0041300N, 15.2227561E (k vidění na obrázku č. 12), která spadá do kategorie s hustotou zalidnění do 150 os/km². Prvním krokem bude získání hodnoty rizika na základě ohodnocení dle první definované kategorie dle pozemního rizika. Získání hodnoty je demonstrováno v tabulce č. 8.



Obrázek 12: Vyobrazená lokalita pro první vzorový příklad¹⁸

Tabulka 8: Hodnota rizika dle pozemního rizika pro první vzorový příklad

Tabulka pozemního rizika				
Maximální charakteristický rozměr UAS	1 m / cca 3 ft	3 m / cca 10 ft	8 m / cca 25 ft	> 8 m / cca 25 ft
Očekávaná specifická kinetická energie	< 700 J (cca 529 ft lb)	< 34 kJ (cca 25 000 ft lb)	< 1 084 kJ (cca 800 000 ft lb)	> 1 084 kJ (cca 800 000 ft lb)
Provozní scénáře				
VLOS do 150 os/km ²	1	2	3	4
VLOS nad 150 os/km ²	2	3	4	5
BVLOS do 150 os/km ²	3	4	5	6
BVLOS nad 150 os/km ²	4	5	6	8

Dle tabulky č. 8 demonstrující výběr hodnot byla dle pozemního rizika získána hodnota rizika 2. Druhým krokem je získání hodnoty rizika na základě ohodnocení dle druhé kategorie, tedy dle vzdušných prostorů pro letectví s pilotem na palubě. Oblast definovaná souřadnicemi se nachází v MCTR Čáslav. Získání hodnoty rizika je demonstrováno v tabulce č. 9.

¹⁸ Dostupné z: www.mapy.cz



Tabulka 9: Hodnota rizika dle vzdušných prostorů pro letectví s pilotem na palubě pro první vzorový příklad

	ARC-a	ARC-b	ARC-c	ARC-d
CTR do 500 ft	○	○	●	○
CTR nad 500 ft	○	○	○	●
ATZ do 500 ft	○	●	●	○
ATZ nad 500 ft	○	○	●	○
SLZ do 500 ft	○	●	●	○
SLZ nad 500 ft	○	○	●	○
TRA do 500 ft	○	●	●	○
TRA nad 500 ft	○	○	●	○
TSA do 500 ft	○	●	●	○
R do 500 ft	○	●	●	○
R nad 500 ft	○	○	●	●
D do 500 ft	○	●	●	○
D nad 500 ft	○	○	●	●
TMZ do 500 ft	○	○	●	○
TMZ nad 500 ft	○	○	○	●
Heliport	○	○	●	○
Typický vzdušný prostor	●	○	○	○

Tabulka 10: Převod hodnot pro získání hodnoty rizika dle vzdušných prostorů pro letectví s pilotem na palubě pro první vzorový příklad

ARC-a	→	1
ARC-b	→	2
ARC-c	→	3
ARC-d	→	4

Jelikož se v definované oblasti nachází pouze jeden limitující vzdušný prostor pro letectví s pilotem na palubě, konkrétně MCTR Čáslav, po převodu hodnot na základě tabulky č. 10 disponuje tato oblast hodnotou rizika 3. Poslední kategorií pro získání hodnoty rizika je ohodnocení dle ochranných pásem. Oblast pro první příklad se nachází pouze v ochranném pásmu silnic III. třídy. Názorný výběr hodnoty rizika dle ochranných pásem je v tabulce č. 11.

Tabulka 11: Hodnota rizika dle ochranných pásem pro první vzorový příklad

	Hodnoty			
	1	2	3	4
OP silnice	III. třídy	II. třídy	I. třídy	dálnice
OP železnice	vlečky	regionální	celostátní	
OP tras nadzemních inženýrských sítí	teplovodu	plynovodu		
		vysokého napětí		
OP tras nadzemních telekomunikačních sítí	nadzemního komunikačního vedení			
	rádiového zařízení a rádiového směrového spoje			
OP uvnitř zvláště chráněných území	národní parky			
	chráněné krajinné oblasti			
	národní přírodní rezervace			
	přírodní rezervace			
	národní přírodní památky			
	přírodní památky			
OP vodních zdrojů	II. stupně	I. stupně		
OP objektů důležitých pro obranu státu				a) *
				b) *
				c) *
				d) *

Hodnota rizika získaná na základě ohodnocení dle ochranných pásem je v tomto případě na hodnotě 1. Nyní je známo všech tří hodnot rizika na základě definovaných tří kategorií. Posledním krokem je tedy dosažení výsledné sjednocené hodnoty rizika dle vzorce z obrázku č. 11. Výpočet dle stanoveného vzorce je demonstrován na obrázku č. 13.

$$\sum_1 = a + b + c$$

$$\sum_1 = 2 + 3 + 1$$

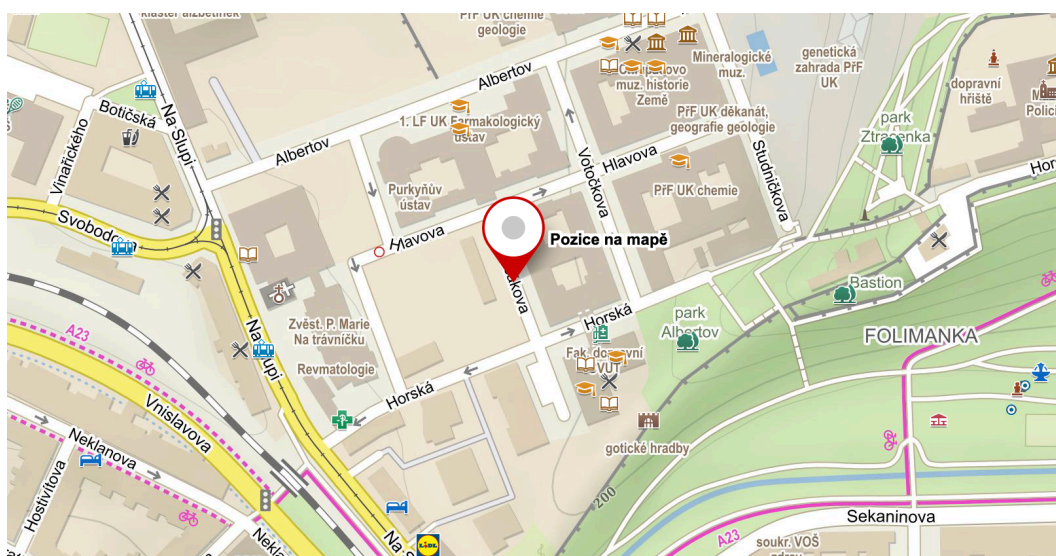
$$\sum_1 = 6$$

Obrázek 13: Výpočet výsledné sjednocené hodnoty rizika pro první vzorový příklad

Výsledná sjednocená hodnota rizika pro první vzorový příklad činí 6, tudíž by v tomto případě dle návrhu v tabulce č. 7 bylo vhodné zavedení vzdušných prostorů U-space pro tuto lokalitu při provozu zmíněného typu UAS. Jedná se o provoz UAS spadajícího do druhé kategorie dle jeho maximálního charakteristického rozměru navíc v oblasti MCTR s rizikem narušení ochranného pásma silnic III. třídy.

5.2 Druhý vzorový příklad

V druhém případě se jedná o místo pro možný vznik U-space, kde bude provozován bezpilotní prostředek DJI Mavic 3 do výšky 500 ft AGL, jehož maximální charakteristický rozměr činí 0,3475 m. Let je prováděn na dohled pilota – VLOS v lokalitě definované souřadnicemi 50.0676378N, 14.4235072E (k vidění na obrázku č. 14), která spadá do kategorie s hustotou zalidnění nad 150 os/km². Prvním krokem bude získání hodnoty rizika na základě ohodnocení dle definované kategorie dle pozemního rizika. Získání hodnoty rizika dle první kategorie je demonstrováno v tabulce č. 12.



Obrázek 14: Vyobrazená lokalita pro druhý vzorový příklad¹⁹

¹⁹ Dostupné z: www.mapy.cz



Tabulka 12: Hodnota rizika dle pozemního rizika pro druhý vzorový příklad

Tabulka pozemního rizika				
Maximální charakteristický rozměr UAS	1 m / cca 3 ft	3 m / cca 10 ft	8 m / cca 25 ft	> 8 m / cca 25 ft
Očekávaná specifická kinetická energie	< 700 J (cca 529 ft lb)	< 34 kJ (cca 25 000 ft lb)	< 1 084 kJ (cca 800 000 ft lb)	> 1 084 kJ (cca 800 000 ft lb)
Provozní scénáře				
VLOS do 150 os/km ²	1	2	3	4
VLOS nad 150 os/km ²	2	3	4	5
BVLOS do 150 os/km ²	3	4	5	6
BVLOS nad 150 os/km ²	4	5	6	8

Dle tabulky č. 12 demonstrující výběr hodnot byla dle pozemního rizika získána hodnota rizika 2. Druhým krokem je získání hodnoty rizika na základě ohodnocení dle druhé kategorie, tedy dle vzdušných prostorů pro letectví s pilotem na palubě. Oblast definovaná souřadnicemi se nachází ve vzdušném prostoru CTR Ruzyně a omezeném vzdušném prostoru LKR9. Získání hodnoty rizika je demonstrováno v tabulce č. 13.

Tabulka 13: Hodnota rizika dle vzdušných prostorů pro letectví s pilotem na palubě pro druhý vzorový příklad

	ARC-a	ARC-b	ARC-c	ARC-d
CTR do 500 ft	○	○	●	○
CTR nad 500 ft	○	○	○	●
ATZ do 500 ft	○	●	●	○
ATZ nad 500 ft	○	○	●	○
SLZ do 500 ft	○	●	●	○
SLZ nad 500 ft	○	○	●	○
TRA do 500 ft	○	●	●	○
TRA nad 500 ft	○	○	●	○
TSA do 500 ft	○	●	●	○
R do 500 ft	○	●	●	○
R nad 500 ft	○	○	●	●
D do 500 ft	○	●	●	○
D nad 500 ft	○	○	●	●
TMZ do 500 ft	○	○	●	○
TMZ nad 500 ft	○	○	○	●
Heliport	○	○	●	○
Typický vzdušný prostor	●	○	○	○

Tabulka 14: Převod hodnot pro získání hodnoty rizika dle vzdušných prostorů pro letectví s pilotem na palubě pro druhý vzorový příklad

ARC-a	→	1
ARC-b	→	2
ARC-c	→	3
ARC-d	→	4

Jelikož oba vzdušné prostory pro letectví s pilotem na palubě mají stejnou výslednou hodnotu ARC-c, po jejím převodu dle tabulky č. 14 je hodnota rizika pro danou oblast 3. Poslední, třetí kategorií pro získání hodnoty rizika je ohodnocení dle ochranných pásem. Oblast pro druhý vzorový příklad se nenachází v žádném ochranném pásmu, tudíž je tato kategorie na základě ohodnocení dle ochranných pásem v tomto případě ohodnocena hodnotou rizika 0. Nyní je tedy známo všech tří hodnot rizika na základě definovaných tří kategorií. Posledním krokem je tedy dosažení výsledné sjednocené hodnoty rizika dle vzorce z obrázku č. 11. Výpočet je demonstrován na obrázku č. 15.

$$\sum_2 = a + b + c$$

$$\sum_2 = 2 + 3 + 0$$

$$\sum_2 = 5$$

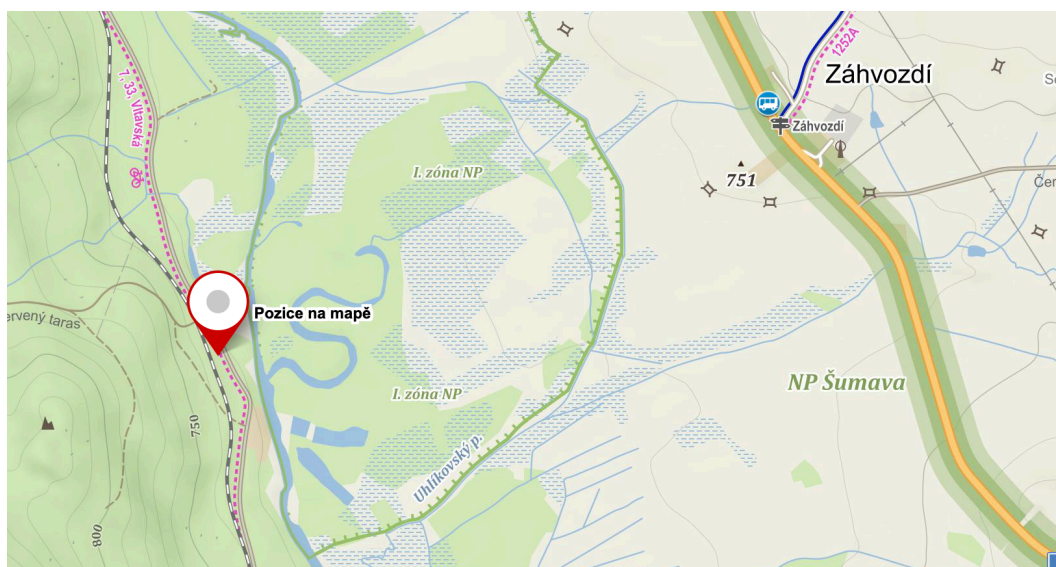
Obrázek 15: Výpočet výsledné sjednocené hodnoty rizika pro druhý vzorový příklad

Výsledná sjednocená hodnota rizika pro druhý vzorový příklad činí 5, tudíž by v tomto případě dle návrhu v tabulce č. 7 bylo vhodné zavedení vzdušných prostorů U-space pro tuto lokalitu při provozu zmíněného typu UAS. Jedná se o provoz UAS spadajícího do nejméně rizikové kategorie dle jeho maximálního charakteristického rozměru navíc v oblasti CTR a omezeném vzdušném prostoru v oblasti s vyšší hustotou zalidnění.

5.3 Třetí vzorový příklad

V třetím případě se jedná o místo pro možný vznik U-space, kde bude provozován bezpilotní prostředek DJI Mavic Mini 2 do výšky 500 ft AGL, jehož maximální charakteristický rozměr je 0,203 m. Let je prováděn mimo dohled pilota – BVLOS v lokalitě definované souřadnicemi 48.8288442N, 13.9333406E (k vidění na obrázku č. 16) spadající do kategorie s hustotou zalidnění do 150 os/km². Prvním krokem bude získání hodnoty rizika na základě ohodnocení

dle definované kategorie dle pozemního rizika. Získání hodnoty je demonstrováno v tabulce č. 15.



Obrázek 16: Vyobrazená lokalita pro třetí vzorový příklad²⁰

Tabulka 15: Hodnota rizika dle pozemního rizika pro třetí vzorový příklad

Tabulka pozemního rizika				
Maximální charakteristický rozměr UAS	1 m / cca 3 ft	3 m / cca 10 ft	8 m / cca 25 ft	> 8 m / cca 25 ft
Očekávaná specifická kinetická energie	< 700 J (cca 529 ft lb)	< 34 kJ (cca 25 000 ft lb)	< 1 084 kJ (cca 800 000 ft lb)	> 1 084 kJ (cca 800 000 ft lb)
Provozní scénáře				
VLOS do 150 os/km ²	1	2	3	4
VLOS nad 150 os/km ²	2	3	4	5
BVLOS do 150 os/km²	3	4	5	6
BVLOS nad 150 os/km ²	4	5	6	8

Dle tabulky č. 15 demonstrující výběr hodnot byla dle pozemního rizika získána hodnota rizika 3. Druhým krokem je získání hodnoty rizika na základě ohodnocení dle druhé kategorie, tedy dle vzdušných prostorů pro letectví s pilotem na palubě. Oblast definovaná souřadnicemi se nachází v omezeném vzdušném prostoru LKR1 a nebezpečném vzdušném prostoru LKD11. Získání hodnoty rizika je demonstrováno v tabulce č. 16.

²⁰ Dostupné z: www.mapy.cz



Tabulka 16: Hodnota rizika dle vzdušných prostorů pro letectví s pilotem na palubě pro třetí vzorový příklad

	ARC-a	ARC-b	ARC-c	ARC-d
CTR do 500 ft	○	○	●	○
CTR nad 500 ft	○	○	○	●
ATZ do 500 ft	○	●	●	○
ATZ nad 500 ft	○	○	●	○
SLZ do 500 ft	○	●	●	○
SLZ nad 500 ft	○	○	●	○
TRA do 500 ft	○	●	●	○
TRA nad 500 ft	○	○	●	○
TSA do 500 ft	○	●	●	○
R do 500 ft	○	●	●	○
R nad 500 ft	○	○	●	●
D do 500 ft	○	●	●	○
D nad 500 ft	○	○	●	●
TMZ do 500 ft	○	○	●	○
TMZ nad 500 ft	○	○	○	●
Heliport	○	○	●	○
Typický vzdušný prostor	●	○	○	○

Tabulka 17: Převod hodnot pro získání hodnoty rizika dle vzdušných prostorů pro letectví s pilotem na palubě pro třetí vzorový příklad

ARC-a	→	1
ARC-b	→	2
ARC-c	→	3
ARC-d	→	4

Jelikož oba vzdušné prostory pro letectví s pilotem na palubě mají stejnou výslednou hodnotu ARC-b, po jejím převodu dle tabulky č. 17 je hodnota rizika pro danou oblast 2. Poslední kategorií pro získání hodnoty rizika je ohodnocení dle ochranných pásem. Oblast pro třetí vzorový příklad se nachází v ochranném pásmu regionální železniční dráhy, ochranném pásmu Národního parku Šumava a ochranném pásmu vodních zdrojů druhého stupně. Názorný výběr hodnoty rizika je v tabulce č. 18.



Tabulka 18: Hodnota rizika dle ochranných pásem pro třetí vzorový příklad

	Hodnoty			
	1	2	3	4
OP silnice	III. třídy	II. třídy	I. třídy	dálnice
OP železnice	vlečky	regionální	celostátní	
OP tras nadzemních inženýrských sítí	teplovodu	plynovodu		
		vysokého napětí		
OP tras nadzemních telekomunikačních sítí	nadzemního komunikačního vedení			
	rádiového zařízení a rádiového směrového spoje			
OP uvnitř zvláště chráněných území	národní parky			
	chráněné krajinné oblasti			
	národní přírodní rezervace			
	přírodní rezervace			
	národní přírodní památky			
	přírodní památky			
OP vodních zdrojů	II. stupně	I. stupně		
OP objektů důležitých pro obranu státu				a) *
				b) *
				c) *
				d) *

Hodnota rizika získaná na základě ohodnocení dle ochranných pásem je v tomto případě na hodnotě 2, jelikož byla vybrána nejvyšší možná hodnota rizika dosažená po ohodnocení dle třetí kategorie dle ochranných pásem. Nyní je známo všech tří hodnot rizika na základě definovaných tří kategorií. Posledním krokem je tedy dosažení výsledné sjednocené hodnoty rizika dle vzorce z obrázku č. 11. Výpočet je demonstrován na obrázku č. 17.

$$\sum_3 = a + b + c$$

$$\sum_3 = 3 + 2 + 2$$

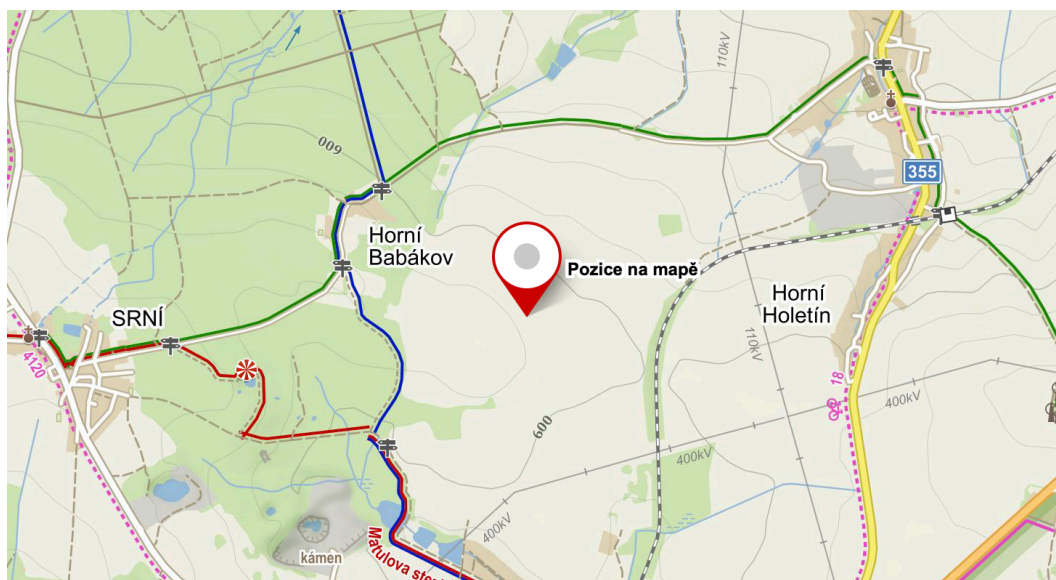
$$\sum_3 = 7$$

Obrázek 17: Výpočet výsledné sjednocené hodnoty rizika pro třetí vzorový příklad

Výsledná sjednocená hodnota rizika pro třetí vzorový příklad činí 7, tudíž by v tomto případě dle návrhu v tabulce č. 7 bylo vhodné zavedení vzdušných prostorů U-space pro tuto lokalitu při provozu zmíněného typu UAS. Jedná se o provoz UAS spadajícího do nejméně rizikové kategorie dle jeho maximálního charakteristického rozměru, avšak mimo dohled pilota navíc v nebezpečném vzdušném prostoru a omezeném vzdušném prostoru při možném narušení ochranných pásem zvláště chráněných území a vodních zdrojů.

5.4 Čtvrtý vzorový příklad

Ve čtvrtém případě se jedná o místo pro možný vznik U-space, kde bude provozován bezpilotní prostředek DJI Mavic Mini 2 do výšky 500 ft AGL, jehož maximální charakteristický rozměr je 0,203 m. Jedná se o let na dohled pilota – VLOS v lokalitě definované souřadnicemi 49.7842856N, 15.9023803E (k vidění na obrázku č. 18) spadající do kategorie s hustotou zalidnění do 150 os/km². Prvním krokem bude získání hodnoty rizika na základě ohodnocení dle definované kategorie dle pozemního rizika. Získání hodnoty je demonstrováno v tabulce č. 19.



Obrázek 18: Vyobrazená lokalita pro čtvrtý vzorový příklad²¹

Tabulka 19: Hodnota rizika dle pozemního rizika pro čtvrtý vzorový příklad

Tabulka pozemního rizika				
Maximální charakteristický rozměr UAS	1 m / cca 3 ft	3 m / cca 10 ft	8 m / cca 25 ft	> 8 m / cca 25 ft
Očekávaná specifická kinetická energie	< 700 J (cca 529 ft lb)	< 34 kJ (cca 25 000 ft lb)	< 1 084 kJ (cca 800 000 ft lb)	> 1 084 kJ (cca 800 000 ft lb)
Provozní scénáře				
VLOS do 150 os/km ²	1	2	3	4
VLOS nad 150 os/km ²	2	3	4	5
BVLOS do 150 os/km ²	3	4	5	6
BVLOS nad 150 os/km ²	4	5	6	8

Dle tabulky č. 19 demonstrující výběr hodnot byla dle pozemního rizika získána hodnota rizika 1. Druhým krokem je získání hodnoty rizika na základě ohodnocení dle druhé kategorie, tedy dle vzdušných prostorů pro letectví s pilotem na palubě. Oblast definovaná souřadnicemi se nenachází v žádném omezujícím vzdušném prostoru pro letectví s pilotem na palubě. Získání hodnoty rizika je demonstrováno v tabulce č. 20.

²¹ Dostupné z: www.mapy.cz



Tabulka 20: Hodnota rizika dle vzdušných prostorů pro letectví s pilotem na palubě pro čtvrtý vzorový příklad

	ARC-a	ARC-b	ARC-c	ARC-d
CTR do 500 ft	○	○	●	○
CTR nad 500 ft	○	○	○	●
ATZ do 500 ft	○	●	●	○
ATZ nad 500 ft	○	○	●	○
SLZ do 500 ft	○	●	●	○
SLZ nad 500 ft	○	○	●	○
TRA do 500 ft	○	●	●	○
TRA nad 500 ft	○	○	●	○
TSA do 500 ft	○	●	●	○
R do 500 ft	○	●	●	○
R nad 500 ft	○	○	●	●
D do 500 ft	○	●	●	○
D nad 500 ft	○	○	●	●
TMZ do 500 ft	○	○	●	○
TMZ nad 500 ft	○	○	○	●
Heliport	○	○	●	○
Typický vzdušný prostor	●	○	○	○

Tabulka 21: Převod hodnot pro získání hodnoty rizika dle vzdušných prostorů pro letectví s pilotem na palubě pro čtvrtý vzorový příklad

ARC-a	→	1
ARC-b	→	2
ARC-c	→	3
ARC-d	→	4

Jelikož zde nejsou žádné omezující vzdušné prostory pro letectví s pilotem na palubě, oblast se nachází v typickém vzdušném prostoru, výsledná hodnota rizika ARC-a po jejím převodu dle tabulky č. 21 je pro danou oblast 1. Poslední, třetí kategorií pro získání hodnoty rizika je ohodnocení dle ochranných pásem. Oblast pro druhý vzorový příklad se nenachází v žádném ochranném pásmu, tudíž je tato kategorie na základě ohodnocení dle ochranných pásem v tomto případě ohodnocena hodnotou rizika 0. Nyní je tedy známo všech tří hodnot rizika na základě definovaných tří kategorií. Posledním krokem je tedy dosažení výsledné sjednocené hodnoty rizika dle vzorce z obrázku č. 11. Výpočet je demonstrován na obrázku č. 19.

$$\sum_4 = a + b + c$$

$$\sum_4 = 1 + 1 + 0$$

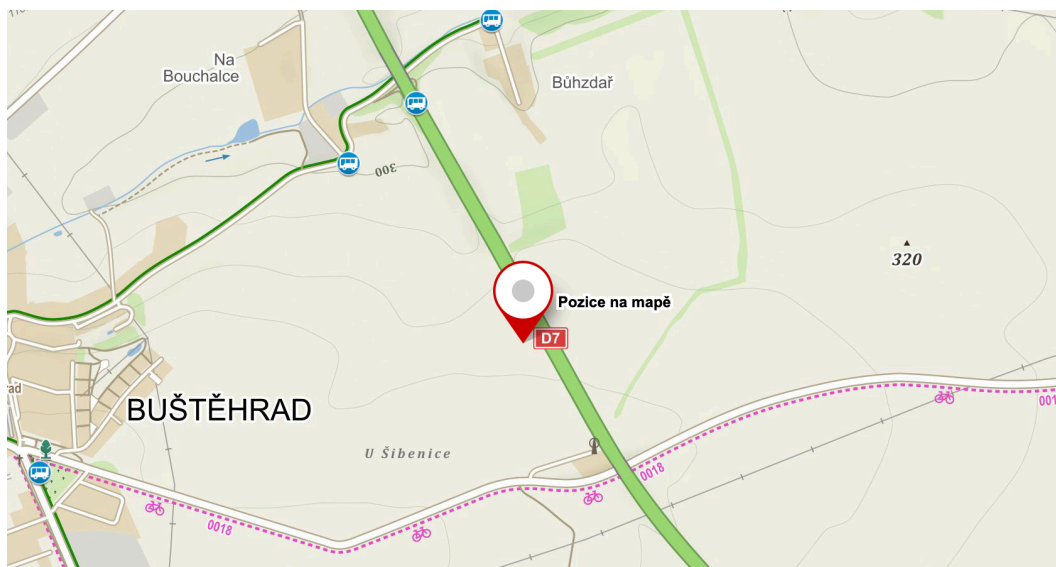
$$\sum_4 = 2$$

Obrázek 19: Výpočet výsledné sjednocené hodnoty rizika pro čtvrtý vzorový příklad

Výsledná sjednocená hodnota rizika pro druhý vzorový příklad činí 2, tudíž by v tomto případě dle návrhu v tabulce č. 7 nemělo dojít k zavedení vzdušných prostorů U-space pro tuto lokalitu při provozu zmíněného typu UAS. Jedná se totiž o provoz UAS spadajícího do nejméně rizikové kategorie dle jeho maximálního charakteristického rozměru na dohled pilota nenarušující žádná ochranná pásma.

5.5 Pátý vzorový příklad

V pátém případě se jedná o místo pro možný vznik U-space, kde bude provozován bezpilotní prostředek DJI Matrice 600 Pro nad výškou 500 ft AGL, jehož maximální charakteristický rozměr činí 1,518 m. Jedná se o let mimo dohled pilota – BVLOS v lokalitě definované souřadnicemi 50.1556369N, 14.2120097E (k vidění na obrázku č. 20), která spadá do kategorie s hustotou zalidnění nad 150 os/km². Prvním krokem bude získání hodnoty rizika na základě ohodnocení dle první definované kategorie dle pozemního rizika. Získání hodnoty je demonstrováno v tabulce č. 22.



Obrázek 20: Vyobrazená lokalita pro pátý vzorový příklad²²

Tabulka 22: Hodnota rizika dle pozemního rizika pro pátý vzorový příklad

Tabulka pozemního rizika				
Maximální charakteristický rozměr UAS	1 m / cca 3 ft	3 m / cca 10 ft	8 m / cca 25 ft	> 8 m / cca 25 ft
Očekávaná specifická kinetická energie	< 700 J (cca 529 ft lb)	< 34 kJ (cca 25 000 ft lb)	< 1 084 kJ (cca 800 000 ft lb)	> 1 084 kJ (cca 800 000 ft lb)
Provozní scénáře				
VLOS do 150 os/km ²	1	2	3	4
VLOS nad 150 os/km ²	2	3	4	5
BVLOS do 150 os/km ²	3	4	5	6
BVLOS nad 150 os/km ²	4	5	6	8

Dle tabulky č. 22 demonstrující výběr hodnot byla dle pozemního rizika získána hodnota rizika 5. Druhým krokem je získání hodnoty rizika na základě ohodnocení dle druhé kategorie, tedy dle vzdušných prostorů pro letectví s pilotem na palubě. Oblast definovaná souřadnicemi se nachází ve vzdušném prostoru CTR Ruzyně. Získání hodnoty rizika je demonstrováno v tabulce č. 23.

²² Dostupné z: www.mapy.cz



Tabulka 23: Hodnota rizika dle vzdušných prostorů pro letectví s pilotem na palubě pro pátý vzorový příklad

	ARC-a	ARC-b	ARC-c	ARC-d
CTR do 500 ft	○	○	●	○
CTR nad 500 ft	○	○	○	●
ATZ do 500 ft	○	●	●	○
ATZ nad 500 ft	○	○	●	○
SLZ do 500 ft	○	●	●	○
SLZ nad 500 ft	○	○	●	○
TRA do 500 ft	○	●	●	○
TRA nad 500 ft	○	○	●	○
TSA do 500 ft	○	●	●	○
R do 500 ft	○	●	●	○
R nad 500 ft	○	○	●	●
D do 500 ft	○	●	●	○
D nad 500 ft	○	○	●	●
TMZ do 500 ft	○	○	●	○
TMZ nad 500 ft	○	○	○	●
Heliport	○	○	●	○
Typický vzdušný prostor	●	○	○	○

Tabulka 24: Převod hodnot pro získání hodnoty rizika dle vzdušných prostorů pro letectví s pilotem na palubě pro pátý vzorový příklad

ARC-a	→	1
ARC-b	→	2
ARC-c	→	3
ARC-d	→	4

Jelikož vzdušný prostor pro letectví s pilotem na palubě, konkrétně CTR nad 500 ft, má výslednou hodnotu ARC-d, po jejím převodu dle tabulky č. 24 je hodnota rizika pro danou oblast 4. Poslední kategorií pro získání hodnoty rizika je ohodnocení dle ochranných pásem. Oblast pro třetí vzorový příklad se nachází v ochranném pásmu dálnice. Výběr hodnoty rizika dle ochranných pásem je v tabulce č. 25.



Tabulka 25: Hodnota rizika dle ochranných pásem pro pátý vzorový příklad

	Hodnoty			
	1	2	3	4
OP silnice	III. třídy	II. třídy	I. třídy	dálnice
OP železnice	vlečky	regionální	celostátní	
OP tras nadzemních inženýrských sítí	teplovodu	plynovodu		
		vysokého napětí		
OP tras nadzemních telekomunikačních sítí	nadzemního komunikačního vedení			
	rádiového zařízení a rádiového směrového spoje			
OP uvnitř zvláště chráněných území	národní parky			
	chráněné krajinné oblasti			
	národní přírodní rezervace			
	přírodní rezervace			
	národní přírodní památky			
	přírodní památky			
OP vodních zdrojů	II. stupně	I. stupně		
OP objektů důležitých pro obranu státu				a) *
				b) *
				c) *
				d) *

Hodnota rizika získaná na základě ohodnocení dle ochranných pásem je v tomto případě na hodnotě 4. Nyní je známo všech tří hodnot rizika na základě definovaných tří kategorií. Posledním krokem je tedy dosažení výsledné sjednocené hodnoty rizika dle vzorce z obrázku č. 11. Výpočet je demonstrován na obrázku č. 21.

$$\sum 5 = a + b + c$$

$$\sum 5 = 5 + 4 + 4$$

$$\sum 5 = 13$$

Obrázek 21: Výpočet výsledné sjednocené hodnoty rizika pro pátý vzorový příklad

Výsledná sjednocená hodnota rizika pro třetí vzorový příklad činí 13, tudíž by v tomto případě dle návrhu v tabulce č. 7 bylo vhodné zavedení vzdušných prostorů U-space pro tuto lokalitu při provozu zmíněného typu UAS. Jedná se o provoz UAS spadajícího do druhé kategorie dle jeho maximálního charakteristického rozměru navíc mimo dohled pilota v oblasti CTR nad výškou 500 ft AGL s rizikem narušení ochranného pásma dálnic.



6 Diskuse

Hlavním tématem této diplomové práce je návrh metodiky pro rozdělení velmi nízkého vzdušného prostoru z pohledu provozu bezpilotních systémů a návrh pravidel pro vznik vzdušného prostoru U-space pro Českou republiku. O navržené metodice pojednává čtvrtá a pátá kapitola diplomové práce. V první řadě došlo k vytvoření metodiky, dle které byl velmi nízký vzdušný prostor rozdělen do tří kategorií, kde každá jednotlivá kategorie pojednává o jiném druhu rizika spojeného s provozem bezpilotních systémů nad danou lokalitou. Konkrétně se jednalo o kategorii dle posouzení pozemního rizika, kategorii zaměřenou na riziko ve vzduchu zahrnující vzdušné prostory pro letectví s pilotem na palubě a jejich ohodnocení a kategorii zaměřenou na ochranná pásma, kde byla zahrnuta všechna ochranná pásma míst nebo objektů, která by mohla být postižena nebo by vně hrozilo riziko narušení přijatelné úrovně bezpečnosti. Pro každou kategorii byla definována tabulka výběru a přidělení hodnot možného rizika. Pro sjednocení všech hodnot rizika z těchto tří kategorií byl definován vzorec, dle kterého lze získat finální sjednocenou hodnotu rizika pro danou oblast nacházející se nad Českou republikou. Dle navržené metodiky došlo následně k návrhu pravidel pro vznik vzdušného prostoru U-space pro Českou republiku. Hodnota finálního sjednoceného rizika při návrhu pravidel zapříčinila rozhodnutí o tom, kde by mělo dojít k zavedení U-space a podlehnutí jeho pravidlům a kde nikoli. Po navržení metodiky následovala její aplikace na pět vzorových situací demonstrující rozdílný typ provozu v různých lokalitách pro lepší pochopení jejího návrhu a způsobu aplikace. Každý navržený příklad je detailně popsán, disponuje všemi potřebnými vstupními údaji, informacemi o UAS, informacemi o zamýšleném provozním scénáři nebo informacemi o hustotě zalidnění v dané oblasti, pro kterou byla vytvořena jednotná mapa hustoty zalidnění na kilometr čtvereční v geografickém informačním systému QGIS. První vzorový příklad byl definován místem pro možný vznik U-space, kde byl provozován bezpilotní prostředek DJI Matrice 600 Pro do výšky 500 ft AGL. Jednalo se o let na dohled pilota – VLOS v lokalitě spadající do kategorie s hustotou zalidnění do 150 os/km². Po vyhodnocení všech rizik dle kategorií v definované oblasti vyšla finální sjednocená hodnota rizika 6. Dále byl vybrán i příklad místa pro možný vznik U-space, kde byl provozován opět bezpilotní prostředek DJI Matrice 600 Pro, avšak nad výškou 500 ft AGL. Jednalo se o let mimo dohled pilota – BVLOS v lokalitě, která spadá do kategorie s hustotou zalidnění nad 150 os/km². Výsledná sjednocená hodnota rizika pro třetí vzorový příklad činila 13. Lze tak vidět demonstraci dvou typově odlišných případů provozu operovaných se stejným bezpilotním prostředkem a díky tomu odlišné hodnoty rizika daných oblastí. Jak již bylo zmíněno, na základě tohoto číselného ohodnocení rizika byl vytvořen i návrh pravidel vzniku U-space pro Českou republiku. Samotný návrh počítá s dvěma fázemi, a to s fází, kde by



nemělo na základě výsledné hodnoty možného rizika dojít k zavedení a dodržování pravidel U-space a fází, kde by naopak pro určitý typ provozu v dané lokalitě vzdušný prostor U-space zaveden být měl.

Stanovením této metodiky a návrhu pravidel pro vznik vzdušných prostorů U-space bylo dosaženo hlavního cíle práce. Výsledky práce ukazují, že navržená metodika a vytvoření návrhu pravidel pro vznik vzdušných prostorů U-space je v souladu s prováděcím nařízením komise (EU) 2021/664 a definovanými požadavky pro vznik U-space. Validita navržení metodiky se taktéž opírá o zapojení diplomové práce do projektu FUTURE (Návrh řešení implementace U-space pro Českou republiku) financovaného Technologickou agenturou České republiky. Jedná se tak o stěžejní část tohoto projektu, bez které by nebyl naplněn požadavek na jeho zpracování.

Tato metodika a návrh vzdušných prostorů U-space pro Českou republiku byly vytvořeny z důvodu jejich neexistence. Metodika rozdělení vzdušného prostoru VLL a návrh pravidel pro vznik U-space v České republice tak může přispět k budoucí tvorbě pravidel a regulací, jelikož současná legislativa toto neřeší, nicméně v budoucnosti bude muset řešit.



Závěr

Vzhledem k možnému budoucímu nárůstu bezpilotních systémů musíme zvažovat i možný nárůst rizik spojených s jejich provozem. Aby mohlo dojít k začlenění bezpilotních systémů do vzdušného prostoru VLL, kde budou provozovány s jistou úrovní bezpečnosti po boku s letectvím s pilotem na palubě, je třeba rozdělit tento vzdušný prostor a navrhnout určitá pravidla pro provoz UAS. Bylo by naprosto logické, kdyby bezpilotní systémy a letectví s pilotem na palubě existovaly společně ve stejném vzdušném prostoru a aby též používaly stejné rozměry a klasifikace vzdušného prostoru. O kooperaci se v tomto případě pokouší evropské řešení uspořádání bezpilotního letového provozu neboli U-space, který však není v České republice zatím vytvořen. V první řadě je tedy důležité navrhnout patřičné rozdělení vzdušného prostoru VLL a navrhnout pravidla, kde by vzdušný prostor U-space ČR měl vzniknout. Všechny tyto úkony jsou obsaženy a vyřešeny v diplomové práci.

Tato diplomová práce pojednává o rozdělení VLL do ucelených částí pro provoz UAS, jejímž cílem bylo zmapování vzdušného prostoru v České republice a provozu v něm, definování specifik velmi nízkého vzdušného prostoru a příslušného provozu, zachycení integrace UAS do vzdušného prostoru VLL, a hlavně navržení rozdělení velmi nízkého vzdušného prostoru pro provoz bezpilotních systémů společně s pravidly pro vznik vzdušných prostorů U-space v České republice. Zmíněný cíl této práce byl splněn. Vytvořená metodika popisuje rozdělení velmi nízkého vzdušného prostoru, které stojí na rizikovosti provozu UAS v daných lokalitách ČR. Pro samotné ohodnocení VLL vznikly tři kategorie rizikovosti postihující celou oblast vstupující do velmi nízkého vzdušného prostoru. Jednalo se o navržení kategorie postihující pozemní riziko spojené s typem bezpilotního systému, druhu provozu a hustoty zalidnění v daném místě, riziko ve vzduchu dle vzdušných prostorů pro letectví s pilotem na palubě a ostatní rizika definovaná ochrannými pásmy. Na základě vzniklých kategorií a definování hodnoty rizika v oblastech provozu došlo společně s prováděcím nařízením komise (EU) 2021/664 ze dne 22. dubna 2021 o regulačním rámci pro vzdušný prostor U-space k návrhu pravidel pro vznik vzdušných prostorů U-space.

Problémem, který nastal při tvorbě této práce, byla absence potřebných dat pro vytvoření 3D vizualizace zahrnující rozdělení vzdušného prostoru VLL napříč celou oblastí nacházející se nad Českou republikou. Nad touto oblastí by se nacházely pomyslné výškové sloupce nesoucí hodnotu rizika daných lokalit. K tomu však nemohlo dojít z důvodu neexistence vhodných podkladů potřebných pro vytvoření této 3D vizualizace. Nicméně je tento návrh otevřen k jeho budoucí tvorbě v případě doložení všech potřebných dat pro tvorbu vizualizace.



Navzdory této limitaci došlo k vytvoření návrhu prvního rozdělení velmi nízkého vzdušného prostoru – VLL a návrhu pravidel vzniku vzdušného prostoru U-space pro Českou republiku, což je zásadní pro další rozvoj bezpilotního letectví. Diplomová práce je tak značným přínosem pro budoucí tvorbu vzdušného prostoru U-space v ČR.



Použitá zdroje

- [1] Organizace vzdušného prostoru a řízení letového provozu. *Flying Revue* [online]. [cit. 2022-02-16]. Dostupné z: <https://www.flying-revue.cz/organizace-vzdušneho-prostoru-a-rizeni-letoveho-provozu>
- [2] VFR příručka – Česká republika (AIM – Letecká informační služba). *Řízení letového provozu České republiky*. [online]. [cit. 2022-02-16]. Dostupné z: https://aim.rlp.cz/vfrmanual/actual/enr_1_cz.html
- [3] Rozdělení vzdušného prostoru I. *AirGuru* [online]. [cit. 2022-02-16]. Dostupné z: <https://www.airguru.cz/clanky/tridy>
- [4] Rozdělení vzdušného prostoru II. *AirGuru* [online]. [cit. 2022-02-16]. Dostupné z: <https://www.airguru.cz/clanky/rozdeleni-vzdušneho-prostoru-ii>
- [5] AIP ČR, ENR 1.4. *Řízení letového provozu České republiky*. [online]. [cit. 2022-02-16]. Dostupné z: https://aim.rlp.cz/ais_data/aip/data/valid/e1-4.pdf
- [6] Letecká informační příručka – AIP. *Řízení letového provozu České republiky*. [online]. [cit. 2022-02-16]. Dostupné z: https://aim.rlp.cz/ais_data/www_main_control/frm_cz_aip.htm
- [7] Vzdušné prostory ČR a komunikační frekvence. *Kmitočty.cz* [online]. [cit. 2022-02-17]. Dostupné z: <https://kmitocty.cz/?p=179>
- [8] Užívání a regulace vzdušného prostoru ČR. *Úřad pro civilní letectví* [online]. [cit. 2022-02-19]. Dostupné z: https://www.caa.cz/wp-content/uploads/2021/04/CAA_S-SP-021-1_2020_smernice-ASM.pdf?cb=b7a4ca44dff1e5d0d9d305f633138d4
- [9] Kozáčková, Bc. Kateřina. Kapacita vzdušného prostoru. Praha, 2019. 83 s. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní, Ústav letecké dopravy. Vedoucí práce doc. Ing. Jakub Kraus, Ph.D.
- [10] U-space Concept of Operations. *CORUS* [online]. [cit. 2022-02-21]. Dostupné z: <https://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/u-space/CORUS%20ConOps%20vol2.pdf>
- [11] OPERATION OF UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS IN VERY LOW LEVEL. *ECA Piloting Safety* [online]. [cit. 2022-02-21]. Dostupné z: [https://www.eurocockpit.be/sites/default/files/2019-07/UAS Operation in Very Low Levels VLL Paper 18 0612 F.pdf](https://www.eurocockpit.be/sites/default/files/2019-07/UAS%20Operation%20in%20Very%20Low%20Levels%20VLL%20Paper%2018%200612%20F.pdf)
- [12] doc. Ing. Jakub Kraus, Ph.D. Průběžná zpráva o postupu prací a dosažených výsledcích za rok 2020 – *Návrh řešení implementace U-space pro Českou republiku*. 2021, č. projektu: CK01000185.



- [13] Barrado C, Boyero M, Brucculeri L, Ferrara G, Hately A, Hullah P, Martin-Marrero D, Pastor E, Rushton AP, Volkert A. U-space Concept of Operations: A Key Enabler for Opening Airspace to Emerging Low-Altitude Operations. *Aerospace*. [online]. [cit. 2022-02-21]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2226-4310/7/3/24>
- [14] Prováděcí nařízení Komise (EU) 2021/664 ze dne 22. dubna 2021 o regulačním rámci pro vzdušný prostor U-space. *EUR-Lex* [online]. [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=uriserv:OJ.L_.2021.139.01.0161.01.CES
- [15] Nařízení Komise v přenesené pravomoci (EU) 2019/945 ze dne 12. března 2019 o bezpilotních systémech a o provozovateli bezpilotních systémů ze třetích zemí. *EUR-Lex* [online]. [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX:32019R0945>
- [16] Prováděcí nařízení Komise (EU) 2019/947 ze dne 24. května 2019 o pravidlech a postupech pro provoz bezpilotních letadel. *EUR-Lex* [online]. [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A32019R0947>
- [17] Geo-zóny. *Létejte zodpovědně* [online]. [cit. 2022-03-03]. Dostupné z: https://www.letejtezodpovedne.cz/legislativa/jak_letame_nyni/zemepisne_zony
- [18] Zeměpisné zóny. *Úřad pro civilní letectví České republiky* [online]. [cit. 2022-03-03]. Dostupné z: <https://www.caa.cz/provoz/bezpilotni-letadla/zemepisne-zony/>
- [19] U-space. *Létejte zodpovědně* [online]. [cit. 2022-04-26]. Dostupné z: https://www.letejtezodpovedne.cz/legislativa/co_nas_cek_a?clid=268
- [20] Vymezení venkova. *Český statistický úřad* [online]. [cit. 2022-04-17]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/documents/10180/20565927/5213610901.pdf/ad59306f-b584-4b3b-97e5-707e2a3f58ed?version=1.0>
- [21] eRules pro bezpilotní systémy (UAS) (nařízení (EU) 2019/947 a (EU) 2019/945). *EASA.europa.eu* [online]. [cit. 2022-03-27]. Dostupné z: https://www.caa.cz/wp-content/uploads/2022/04/eRules_UAS_CS_04-04-2022_v4-0.pdf?cb=d848e6655aec204923f5cd54d6808f14
- [22] Veřejná vyhláška – Opatření obecné povahy. *Úřad pro civilní letectví České republiky* [online]. [cit. 2022-03-29]. Dostupné z: <https://www.caa.cz/wp-content/uploads/2020/11/20201230162623731.pdf>

Seznam obrázků

- Obrázek 1: Vertikální rozdělení vzdušného prostoru České republiky [2]
- Obrázek 2: Mapa prostorů P, R, D, TSA a TRA [6]
- Obrázek 3: Kategorie X, Y a Z vzdušného prostoru dle CORUS [10]
- Obrázek 4: Příklad prostoru kategorie X (zpracováno autorem na základě [13])
- Obrázek 5: Příklad prostoru kategorie Y (zpracováno autorem na základě [13])
- Obrázek 6: Příklad prostoru kategorie Z (zpracováno autorem na základě [13])
- Obrázek 7: Implementační fáze U-space definované v dokumentu SESAR U-space Blueprint [19]
- Obrázek 8: Určení třídy rizika ve vzduchu – ARC pro CTR do 500 ft AGL (zpracováno autorem na základě [21])
- Obrázek 9: Určení třídy rizika ve vzduchu – ARC pro CTR nad 500 ft AGL (zpracováno autorem na základě [21])
- Obrázek 10: Mapa hustoty zalidnění ČR
- Obrázek 11: Vzorec pro výsledné sjednocení hodnot rizika
- Obrázek 12: Vyobrazená lokalita pro první vzorový příklad (Zdroj: www.mapy.cz)
- Obrázek 13: Výpočet výsledné sjednocené hodnoty rizika pro první vzorový příklad
- Obrázek 14: Vyobrazená lokalita pro druhý vzorový příklad (Zdroj: www.mapy.cz)
- Obrázek 15: Výpočet výsledné sjednocené hodnoty rizika pro druhý vzorový příklad
- Obrázek 16: Vyobrazená lokalita pro třetí vzorový příklad (Zdroj: www.mapy.cz)
- Obrázek 17: Výpočet výsledné sjednocené hodnoty rizika pro třetí vzorový příklad
- Obrázek 18: Vyobrazená lokalita pro čtvrtý vzorový příklad (Zdroj: www.mapy.cz)
- Obrázek 19: Výpočet výsledné sjednocené hodnoty rizika pro čtvrtý vzorový příklad
- Obrázek 20: Vyobrazená lokalita pro pátý vzorový příklad (Zdroj: www.mapy.cz)
- Obrázek 21: Výpočet výsledné sjednocené hodnoty rizika pro pátý vzorový příklad



Seznam tabulek

- Tabulka 1: Dodatečné informace k třídám vzdušného prostoru České republiky [2]
- Tabulka 2: Určení pozemního rizika (zpracováno autorem na základě [21])
- Tabulka 3: Určení pozemního rizika pro vzorový příklad
- Tabulka 4: Přerozdělení tříd rizika ve vzduchu – ARC k jednotlivým prostorům
- Tabulka 5: Převod na numerické hodnoty pro ohodnocení rozdělení dle vzdušných prostorů pro letectví s pilotem na palubě
- Tabulka 6: Číselné ohodnocení ochranných pásem
- Tabulka 7: Návrh pravidel pro vznik vzdušných prostorů U-space ČR
- Tabulka 8: Hodnota rizika dle pozemního rizika pro první vzorový příklad
- Tabulka 9: Hodnota rizika dle vzdušných prostorů pro letectví s pilotem na palubě pro první vzorový příklad
- Tabulka 10: Převod hodnot pro získání hodnoty rizika dle vzdušných prostorů pro letectví s pilotem na palubě pro první vzorový příklad
- Tabulka 11: Hodnota rizika dle ochranných pásem pro první vzorový příklad
- Tabulka 12: Hodnota rizika dle pozemního rizika pro druhý vzorový příklad
- Tabulka 13: Hodnota rizika dle vzdušných prostorů pro letectví s pilotem na palubě pro druhý vzorový příklad
- Tabulka 14: Převod hodnot pro získání hodnoty rizika dle vzdušných prostorů pro letectví s pilotem na palubě pro druhý vzorový příklad
- Tabulka 15: Hodnota rizika dle pozemního rizika pro třetí vzorový příklad
- Tabulka 16: Hodnota rizika dle vzdušných prostorů pro letectví s pilotem na palubě pro třetí vzorový příklad
- Tabulka 17: Převod hodnot pro získání hodnoty rizika dle vzdušných prostorů pro letectví s pilotem na palubě pro třetí vzorový příklad
- Tabulka 18: Hodnota rizika dle ochranných pásem pro třetí vzorový příklad
- Tabulka 19: Hodnota rizika dle pozemního rizika pro čtvrtý vzorový příklad
- Tabulka 20: Hodnota rizika dle vzdušných prostorů pro letectví s pilotem na palubě pro čtvrtý vzorový příklad
- Tabulka 21: Převod hodnot pro získání hodnoty rizika dle vzdušných prostorů pro letectví s pilotem na palubě pro čtvrtý vzorový příklad
- Tabulka 22: Hodnota rizika dle pozemního rizika pro pátý vzorový příklad
- Tabulka 23: Hodnota rizika dle vzdušných prostorů pro letectví s pilotem na palubě pro pátý vzorový příklad



Tabulka 24: Převod hodnot pro získání hodnoty rizika dle vzdušných prostorů pro letectví s pilotem na palubě pro pátý vzorový příklad

Tabulka 25: Hodnota rizika dle ochranných pásem pro pátý vzorový příklad