



Zadání bakalářské práce

Název:	Design zařízení a aplikace pro digitální identifikaci malých pilotovaných letadel v U-space
Student:	Lukáš Cmíral
Vedoucí:	Ing. Lukáš Brchl
Studijní program:	Informatika
Obor / specializace:	Informační systémy a management
Katedra:	Katedra softwarového inženýrství
Platnost zadání:	do konce letního semestru 2023/2024

Pokyny pro vypracování

Společnost Dronetag s.r.o. se aktuálně zabývá vývojem IoT zařízení pro dálkovou identifikaci malých pilotovaných letadel. Toto zařízení přispěje ke zvýšení bezpečnosti leteckého provozu v prostoru U-space a posádce umožní sledovat data o vlastním letu či okolním provozu. Cílem závěrečné práce je navrhnout hlavní designové vlastnosti zařízení, zejména jeho vnější konstrukce, a uživatelské rozhraní jeho doprovodné mobilní aplikace. Práce se nezaměřuje jen na produktový design, ale na celkovou funkcionalitu daného systému.

- Analyzujte již existující řešení a jejich kompatibilitu se současnou a budoucí legislativou.
- Na základě uživatelského průzkumu s potenciálními zákazníky popište jejich očekávání a požadavky na identifikační systémy.
- Navrhněte design krabičky zařízení a určete její klíčové vlastnosti.
- Navrhněte uživatelské rozhraní doprovodné aplikace.
- Proveďte ekonomicko-manažerské zhodnocení, zahrňte výstupy z testování produktu a odhad produkčních nákladů na vnější konstrukci zařízení.

Bakalářská práce

**DESIGN ZAŘÍZENÍ
A APLIKACE PRO
DIGITÁLNÍ
IDENTIFIKACI MALÝCH
PILOTOVANÝCH
LETADEL V U-SPACE**

Lukáš Cmíral

Fakulta informačních technologií
Katedra softwarového inženýrství
Vedoucí: Ing. Lukáš Brchl
11. května 2023

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta informačních technologií

© 2023 Lukáš Cmíral. Všechna práva vyhrazena.

Tato práce vznikla jako školní dílo na Českém vysokém učení technickém v Praze, Fakultě informačních technologií. Práce je chráněna právními předpisy a mezinárodními úmluvami o právu autorském a právech souvisejících s právem autorským. K jejímu užití, s výjimkou bezúplatných zákonných licencí a nad rámec oprávnění uvedených v Prohlášení, je nezbytný souhlas autora.

Odkaz na tuto práci: Cmíral Lukáš. *Design zařízení a aplikace pro digitální identifikaci malých pilotovaných letadel v U-space*. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta informačních technologií, 2023.

Obsah

Poděkování	viii
Prohlášení	ix
Abstrakt	x
Seznam zkratek	xi
Úvod	1
Cíle	2
1 Pravidla létání dnes a v budoucnu	3
1.1 Provoz pilotovaných letadel	3
1.1.1 Technologie k určení polohy letadla	4
1.1.2 Uspořádání vzdušného prostoru v ČR	6
1.2 Provoz bezpilotních letadel	8
1.3 U-space	9
1.3.1 Vliv na pilotované letectví	10
1.3.2 Standard ADS-L	10
2 Společnost Dronetag a její produkty	13
2.1 O společnosti	13
2.2 Produkty společnosti	14
2.3 Vyvíjené zařízení Pilottag	15
2.3.1 Prvotně navržené parametry zařízení	15
3 Analýza existujících řešení	17
3.1 Hardware	17
3.1.1 SkyEcho 2	18
3.1.2 Sentry Plus	19
3.1.3 XC Tracer Mini V	20
3.1.4 XC Tracer Maxx II	20
3.1.5 SKYTRAXX 4	21
3.1.6 Colibri X	21
3.1.7 PowerFLARM Eagle mobile	22
3.1.8 HOD4TRACK	22
3.1.9 OGN CUBE THREE Model B	24
3.1.10 Další zařízení	25
3.2 Software	26
3.2.1 SafeSky	26
3.2.2 SkyDemon	26
3.2.3 XCTrack	28

4	Uživatelský průzkum k identifikačnímu zařízení	31
4.1	Cíle a struktura výzkumu	31
4.1.1	První část otázek	32
4.1.2	Druhá část otázek	33
4.2	Výsledky průzkumu	34
4.3	Skupiny zákazníků a shrnutí požadavků	36
5	Ekosystém Pilottag	41
5.1	Navrhované funkce	42
6	Design fyzického zařízení	43
6.1	Tvar a materiály	43
6.2	Umístění a uchycení	45
6.3	Interakce s člověkem	46
6.3.1	Tlačítka	46
6.3.2	Diody	47
6.4	Zobrazení okolního provozu na zařízení	48
6.4.1	Situace s více překrývajícími se provozu	50
6.5	První prototyp	51
6.6	Testování návrhu	52
6.6.1	Dotazník k rozložení diod	52
6.6.2	Diskuse k prototypu	53
7	Uživatelské rozhraní mobilní aplikace	55
7.1	Mapa provozu	55
7.2	Průběh letu a SOS režim	56
7.3	Nastavení	57
7.4	Heuristické vyhodnocení	61
8	Ekonomicko-manažerské shrnutí	63
8.1	Tržní příležitosti	63
8.2	Náklady na výrobu krabičky	64
8.3	Přínosy a prodeje	64
	Závěr	67
	A Komplettní uživatelský průzkum	69
	B Dotazník k návrhu uspořádání diod	79
	Obsah přiloženého archivu	87

Seznam obrázků

1.1	Vertikální rozdělení českého vzdušného provozu. Získáno z https://www.laacr.cz/stranky/provozni-informace/mapa-rozdeleni-vzdusneho-prostoru-cr.aspx	7
1.2	Rozdělení českého vzdušného provozu. Získáno z https://www.laacr.cz/stranUASky/provozni-informace/mapa-rozdeleni-vzdusneho-prostoru-cr.aspx	8
1.3	Princip odeslání zprávy ADS-L. Získáno z https://www.youtube.com/watch?v=EAK6E2eRmhg&list=PLTfs24aKkJn76qYVtUfhswviiJSJHC18Z&index=4	11
2.1	Zleva zařízení Dronatag Mini, Dronatag Beacon a Dronetag DRI. Získáno z https://shop.dronetag.cz	14
3.1	SkyEcho 2. Získáno z https://uavionix.com/media-kits/	18
3.2	Displej AV-30 se zobrazením okolního provozu a AV-link. Získáno z https://uavionix.com/media-kits/	19
3.3	Rodina zařízení Sentry, zleva Sentry, Sentry Plus, Sentry Mini. Získáno z https://flywithsentry.com	19
3.4	XC Tracer Mini V. Získáno z https://www.xctracer.com/en/xctracerminiiiigps	20
3.5	Různé pohledy XC Tracer Maxx II. Vlevo nahoře standardní zobrazení, vpravo nahoře zobrazení pro termiku, vlevo dole pohled na okolní provoz, vpravo dole vzdušné prostory. Získáno z https://xctracer.online/downloads/User_Manual_XC_Tracer_Maxx_II_Rev._01_EN.pdf	21
3.6	SKYTRAXX 4 se zobrazením základních údajů o letu, topologických map a srážkového radaru. Získáno z https://en.skytraxx.eu	22
3.7	LX Colibri 2. Získáno z https://www.lxnavigation.com/gliding/flight-recorders/colibri-x/	23
3.8	PoweFLARM Eagle mobile, verze s ADS-B (tři externí antény). Získáno z https://www.lxnavigation.com/powerflarm-eagle-mobile-adsb-wifi-2022/pf-eagle-mob-adsb-22	23
3.9	HOD4TRACK s externími anténami pro GNSS, ADS-B, FLARM a LTE. Získáno z https://droniq.de/en/produkte/hod4track-deutschland-v3/	24
3.10	OGN CUBE THREE Model B s integrovanou baterií. Získáno z https://ogn.ibisek.com/index.php/en/ogn-cube-three-2/	25
3.11	Aplikace SafeSky, vlevo přehled provozu s rozkliknutým detailem letounu OK-BIK, vpravo probíhající let s radarovým zobrazením a vyznačeným kolizím provozem.	27
3.12	Aplikace SkyDemon. Zobrazení trasy LKLT–M–NER–LKSZ (Letňany–Sazená) se simulovaným letem. V průběhu letu je vyvoláno upozornění na blížící se vzdušný prostor a jeho přidružená frekvence.	27
3.13	Aplikace SkyDemon. Přehled podstatných informací pro provedení letu na trase LKLT–LKSZ (Letňany–Sazená).	29

3.14	Aplikace XCTrack v zobrazení úprav jednotlivých prvků. Získáno z https://play.google.com/store/apps/details?id=org.xcontest.XCTrack&hl=cs&gl=US	29
4.1	Graf znázorňující používání určitých nástrojů za letu, jak vyplynulo z průzkumu.	35
4.2	Graf s požadavky uživatelů na jednotlivé funkce zařízení.	37
4.3	Graf s požadavky uživatelů na jednotlivé funkce aplikace.	38
6.1	Modelovaný návrh na tvar šasi o proporcích 90x65x30 zobrazený v porovnání s velikostí pětikoruny. Na levém obrázku je na (pravém) boku viditelné zapínací tlačítko a očko pro uchycení. Na pravém obrázku je zobrazeno SOS tlačítko (levý bok).	44
6.2	Zařízení Garmin inReach® Mini 2 a jeho pogumovaný povrch pro snadný úchop, má také integrované očko. Získáno z https://www.garmin.com/cs-CZ/p/765374/pn/010-02602-02	44
6.3	Výrobky společnosti Takachi. Vlevo WH series [63], vpravo LCS series [64].	45
6.4	Nákoleníky DreamPilot. Vlevo nastavitelný pro telefony a tablety, vpravo magnetický pro všechna zařízení – magnetické podložky jsou dodány s produktem. Získáno z https://pilotkneeboard.com/cs/?shpxid=96d346ae-1059-42e3-8358-f92aaae18a0d	46
6.5	Kovové očko na pouzdru sluchátek Apple AirPods, které pravděpodobně slouží i jako anténa. Získáno z https://www.apple.com/cz/newsroom/2022/09/apple-announces-the-next-generation-of-airpods-pro/	46
6.6	Stavové LED zařízení Pilottag. Dvoudílný gradient do černé značí pozvolné blikání, čtyřdílný gradient značí rychlé výrazné blikání.	48
6.7	Lxnav FlarmLED+ na vlevo, LX Navigation LED Display uprostřed, Aboba Flarm Display V3+M vpravo. Získáno jednotlivě z https://gliding.lxnav.com/products/flarmled-plus/ , https://www.lxnavigation.com/aviation/powerflarm/led-display/ , https://swiss-bat.ch/FLARM-Display-and-equipment/FLARM-Display-V3-M-Motor/	48
6.8	Návrh na zobrazení okolního provozu na zařízení. Pod návrhem je radarové zobrazení pro vizualizaci situace. Ikony převzaty pod licencí Flaticon z https://flaticon.com , autor: Freepik.	49
6.9	Porovnání návrhů: blikání všeho vícečetného provozu vs. blikání jen blízkého provozu. Pod návrhem je radarové zobrazení pro vizualizaci situace. Ikony převzaty pod licencí Flaticon z https://flaticon.com , autor: Freepik.	50
6.10	Porovnání návrhů: v zobrazení relativní výšky je jen blízký vs. všechny provoz. Pod návrhem je radarové zobrazení pro vizualizaci situace. Ikony převzaty pod licencí Flaticon z https://flaticon.com , autor: Freepik.	51
6.11	První prototyp šasi zařízení Pilottag, vlevo ze spodní strany, vpravo z horní.	51
7.1	Ukázka Hi-Fi prototypu aplikace Pilottag. Vlevo základní zobrazení mapy s provozem, vpravo je rozkliknutý detail letadla OK-KAL	56
7.2	Ukázka Hi-Fi prototypu aplikace Pilottag. Vlevo zobrazení v režimu letu, uprostřed různé možnosti zbarvení záhlaví, vpravo vyvolaný odpočet SOS režimu.	57
7.3	Ukázka Hi-Fi prototypu aplikace Pilottag. Vlevo globální nastavení, vpravo nastavení zobrazení diod na fyzickém zařízení. Zobrazena je popsána varianta A.	59
7.4	Ukázka Hi-Fi prototypu aplikace Pilottag. Vlevo přehled informací o konkrétním zařízení, vpravo rozkliknutá jeho konfigurace. Zobrazena je popsána varianta A.	60
8.1	Vývoj registrace SLZ v rejstříku LAA mezi roky 1991 – 2016. Získáno z http://www.laacr.cz/stranky/o-laa-cr/statistiky.aspx	64

Seznam tabulek

3.1	Přehled vybraných existujících zařízení a jejich parametrů. [41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52]	17
8.1	Odhad tržeb a prodejů produktu.	65

Rád bych poděkoval Ing. Lukáši Brchlovi za vedení práce, cenné rady a podporu po celou dobu tvorby. Dále děkuji i celému týmu Dronetag, především Ing. Mariánu Hlaváčovi a MgA. Tereze Vackové, a své rodině a nejbližšímu okolí za jejich pomoc a konzultace. Děkuji také všem pilotům, kteří byli ochotni sdílet své zkušenosti a přispěli tak ke kvalitnějším výsledkům práce.

Prohlášení

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

Beru na vědomí, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorského zákona, ve znění pozdějších předpisů, zejména skutečnost, že České vysoké učení technické v Praze má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 citovaného zákona.

V Praze dne 11. května 2023

Lukáš Cmíral

Abstrakt

V návaznosti na novou, celoevropskou legislativu bude ve vzdušných prostorech U-space vyžadováno, aby letadla s posádkou vysílala svoji polohu. Velké množství letadel však doposud není vybaveno potřebnými technologiemi. Tato práce se zabývá designem šasi nového, baterií napájeného nástroje, který poslouží jako přenosné identifikační zařízení navíc se schopností zaznamenat let a upozornit na kolizní provoz. Ke stanovení požadovaných parametrů jsou prozkoumána existující řešení a ve spolupráci s piloty vypracován uživatelský průzkum. Výstupem je první 3D tištěný prototyp krabičky zařízení, který poslouží k otestování a dalšímu vývoji v komerční produkt. Dále je navrženo uživatelské rozhraní doprovodné mobilní aplikace, která se použije ke konfiguraci přístroje, jako elektronický letový deník a jako jednoduchý zobrazovač okolního letového provozu na mapě. Práce je součástí projektu společnosti Dronetag, která celé zařízení vyvíjí.

Klíčová slova identifikační zařízení, mobilní aplikace, U-space, iConspicuity, antikolizní systém, pilotovaná letadla, produktový design, UI, Dronetag

Abstract

Following the new pan-European legislation, manned aircraft will be required to broadcast their position in U-space. For which, however, many aircraft still need to be equipped with the necessary technology. In this thesis the chassis of a new battery-powered tool is designed. It will serve as a portable identification device with the extra ability to record flight and alert on collision traffic. In the study, existing products are researched, and interviews with pilots are carried out to define the required parameters. The outcome is the first 3D-printed prototype of the device enclosure, which will serve testing purposes and further development into a commercial product. Furthermore, the user interface of a companion mobile application is designed. The concept of the interface includes product configuration, a surrounding air traffic map display and a digital pilot logbook. This thesis is part of a project led by Dronetag, which is developing the device.

Keywords identification device, mobile application, U-space, iConspicuity, anti-collision system, manned aircraft, product design, UI, Dronetag

Seznam zkratek

ABS	Akrylonitrilbutadienstyren
ADS-B	Automatic Dependent Surveillance – Broadcast
ACAS	Airborne Collision Avoidance System
AMC	Acceptable Means of Compliance
AMSL	Above Mean Sea Level
AGL	Above Ground Level
AIP	Aeronautical Information Publication
ATPL	Airline Transport Pilot License
ATZ	Aerodrome Traffic Zone
BVLOS	Beyond Visual Line Of Sight
CPL	Private Pilot License
(M)CTR	(Military) Control Zone
EASA	European Union Aviation Safety Agency
EFB	Electronic Flight Bag
ELT	Emergency Locator Transmitter
FANET	Flying Ad-Hoc Network
FL	Flight Level
FLARM	Flight Alarm
GA	General Aviation
GM	Guidance Material
GNSS	Global Navigation Satellite System
ICAO	International Civil Aviation Organisation
IFR	Instrument Flight Rules
IoT	Internet Of Things
LAA	Letecká amatérská asociace
METAR	Meteorological Aerodrome Report
MPK	Motorový padákový kluzák
MZK	Motorový závěsný kluzák
NOTAM	Notice To Airmen
OGN	Open Glider Network
OSN	Organizace spojených národů
PIC	Pilot In Command
PK	Padákový kluzák
PPL	Private Pilot License
PSR	Primary Surveillance Radar
RA	Resolution Advisory
RID	Remote ID
ŘLP	Řízení letového provozu
SLZ	Sportovní létající zařízení
SPL	Sailplane Pilot License
SSR	Secondary Surveillance Radar
TA	Traffic Advisory
TCAS	Traffic Alert And Collision Avoidance System
(M)TMA	(Military) Terminal Control Area
TRA	Temporary Reserved Area
TSA	Temporary Segregated Area
UAS	Unmanned Aircraft System
UAT	Universal Access Transceiver
UI	User Interface
ULL	Ultralight Aircraft Pilot License
USSP	U-space Service Provider
UTM	Unmanned Traffic Management
ÚCL	Úřad pro civilní letectví
VFR	Visual Flight Rules
VLOS	Visual Line Of Sight
ZK	Závěsný kluzák

Úvod

Dnes je již zcela jasné, že bezpilotní systémy, jinak též drony, čeká v nacházejících letech obrovský boom a rozšíření do mnoha oblastí lidského podnikání a státní bezpečnosti. S rostoucím počtem dronů ve vzdušném provozu roste ale také riziko kolize s jiným provozem – s pilotovanými letadly. V reakci na tuto hrozbu byla představena celoevropská legislativa, která definuje nové vzdušné prostory zvané U-space. Ty jsou určeny speciálně pro zajištění bezpečnosti při hustém provozu zároveň dronů i pilotovaných letadel. Jednou ze specifických podmínek pro let v tomto prostoru je povinnost letadel s posádkou nepřetržitě elektronicky vysílat svou polohu, což umožní dálkově řídicím pilotům dronů sledovat pilotovaná letadla na mapě, a tím pádem i přijímat potřebná opatření pro vyhnutí se srážce.

V současnosti však možnost vysílat svou polohu rozhodně nemá každé malé letadlo, zejména zahrneme-li do definice letadel též padákové nebo závěsné kluzáky. Ve spolupráci firmy Dronetag a Fakulty dopravní ČVUT proto vznikl projekt na vývoj IoT zařízení pro digitální identifikaci malého pilotovaného letectví v prostorech U-space a právě tato bakalářská práce je jeho součástí.

Práce má v tomto projektu za úkol připravit podklady pro další vývoj a sériovou výrobu co se týče designu šasi zařízení. Kromě toho bude připravena doprovodná mobilní aplikace, jejíž uživatelské rozhraní je také předmětem této bakalářské práce. Naopak text se nebude zabývat výběrem hardwarových komponent, ani firmwarem, ani samotnou implementací aplikace.

Kromě návrhu zařízení pro splnění legislativních požadavků má projekt další ambice. Především jsou jimi zvýšení bezpečnosti leteckého provozu, podpora akcelerace rozvoje bezpilotních systémů a růst samotné společnosti Dronetag, která se nyní zabývá identifikačními zařízeními pro drony a ráda by rozšířila své pole působení. Práce tak půjde ve stopách zakladatelů společnosti, bývalých studentů Fakulty informačních technologií ČVUT.

V plánu je navíc přinést se zařízením další atraktivní funkce, jako například varování pilotů před kolizním provozem nebo ukládání statistik z jednotlivých letů. Z předběžných průzkumů vyplývá, že žádné podobné zařízení na trhu zatím neexistuje. To přináší až tisíce potenciálních zájemců jen v České republice a až statisíce mezinárodně.

Osobní motivací autora byl vlastní zájem o leteckou tematiku. Je držitelem licence soukromého pilota letounů a je dobře obeznámen s problematikou orientace ve vzdušném prostoru a obtížemi spojenými s lokalizací okolního provozu. Věří, že podobné zařízení by přineslo výraznou pomoc ve stresových situacích na palubě. Zároveň aktivně létá s rekreačními drony a ocenil by přehledné zobrazení letadel s posádkou, aby mohl včas reagovat na možnou kolizi.

Text je členěn do osmi kapitol. První tři kapitoly mají spíše teoretický charakter. Čtenář je seznámen s pravidly létání, prostorem U-space a společností Dronetag. Také je zde uvedeno více informací o celém projektu. Následuje analýza konkurenčních řešení. V další, spíše praktické části, v kapitolách 4 až 7, pak nalezneme uživatelský průzkum pro zjištění reálných požadavků na celý systém a návrhy na design zařízení a mobilní aplikace. Práce je zakončena osmou kapitolou, totiž ekonomicko-manažerským shrnutím.

Cíle

Práce si klade za cíl připravit komplexní dokumentaci pro přípravu výroby nového identifikačního zařízení pro letadla s posádkou. Nejprve bude potřeba analyzovat již existující řešení, která jsou schopna zprostředkovat elektronické zviditelnění. Jelikož ale e-identifikace není jediným požadavkem na nové zařízení, bude vhodné seznámit se také s dalšími funkcemi konkurenčních výrobků, které mohou pilotům přinášet užitek.

Pro kvalitní návrh je důležité ctít principy Human Centered Design, tedy designu zaměřeného na člověka a proto je podstatné vycházet z přání reálných uživatelů, nejen vlastních pocitů. Z tohoto důvodu bude proveden průzkum zjišťující potřeby a očekávání potenciálních zákazníků.

V návaznosti na předešlé aktivity bude navržen design šasi zařízení tak, aby byl co nejvíce uživatelsky příjemný na ovládání, ergonomický, jednoduchý, ale také šetrný k omezenému rozpočtu výrobce. K samotnému hardwaru bude společností Dronetag vyvinuta i doprovodná mobilní aplikace. Úkolem práce bude připravit půdu pro tento vývoj a navrhnout její uživatelské rozhraní se zaměřením na specifické použití v pilotní kabině.

Závěrem bude provedeno ekonomicko-manažerské zhodnocení, které shrne příležitosti a přínosy projektu a stanoví odhad na produkci šasi zařízení.

Pravidla létání dnes a v budoucnu

První kapitola závěrečné práce se věnuje pravidlům leteckého provozu, a to zejména v zemích Evropské unie. Shrnut je legislativní rámec pro let s pilotovanými letadly i bezpilotními systémy. Pravidla těchto druhů dopravy jsou v současnosti oddělena, jelikož pro ně neplatí stejné standardy. Dále je v textu představen koncept U-space jako soubor pravidel, postupů a služeb, které mají za úkol umožnit bezpečnou koexistenci pilotovaného a bezpilotního letectví ve stejném vzdušném prostoru.

Cílem je především seznámit čtenáře se současnou legislativou a vytvořit představu o povinnostech pilotů letadel a dálkově řídicích pilotů v případě dronů. Není záměrem textu rozebrat předpisy do posledního detailu.

Popsaná jsou nejdříve na pravidla provozu pilotovaných letadel a následně bezpilotních systémů. Prostoru U-space, kombinujícímu oba dva druhy dopravy, se věnuje celá sekce 1.3. Vyvíjené zařízení, předmětné pro tuto práci, bude sloužit primárně v prostorech U-space, kde se očekává zvýšené množství bezpilotních prostředků i pilotovaných letadel.

1.1 Provoz pilotovaných letadel

Pravidla provozu letadel jsou celosvětově zastřešována Mezinárodní organizací pro civilní letectví (ICAO – International Civil Aviation Organisation), jednou z agentur OSN. Její historie sahá až do roku 1947, kdy vznikla společně s podepsáním Úmluvy o mezinárodním civilním letectví. Tato úmluva opravňuje ICAO ve vydávání mezinárodních standardů a doporučených praktik v civilním letectví ve formě příloh, tzv. Annexů. Signatářské státy se ratifikací zavázaly zanechat do svých právních řádů povinnost dodržování standardů tak, jak praví zmíněné Annexy s určitou mírou volnosti při konkrétní úpravě předpisů. [1]

V České republice byla příslušná národní úprava provedena především v podobě zákona 49/1997 o civilním letectví a vyhlášky 108/1997 o civilním letectví, zrcadlově k Annexům byly Ministerstvem dopravy vydány předpisy řady L. Kromě státních specifik jsou pro členy EU závazné též evropské směrnice a nařízení, které mohou dále upravovat, specifikovat a obvykle zpřísnovat standardy, jak je popisuje ICAO. Porovnáme-li předpisy závazné pro fyzické a právnické osoby v České republice, bude právo Evropské unie nadřazeno právu národnímu, této skutečnosti se může využít při rozporu některých právních předpisů. Důležité je, že každý stát má stoprocentní svrchovanost nad vzdušným prostorem nad svým územím a jsou platná vždy pravidla příslušného státu. [1]

Annexy a stejně tak české letecké předpisy řady L pokrývají širokou škálu témat. Jsou jimi například: způsobilost leteckého personálu, pravidla létání, meteorologická služba, letecké mapy, provoz letadel, poznávací značky letadel, letecká telekomunikační služba, pátrání a záchrana,

letiště, bezpečnost a další. [2] Pro příklad „bible“ českých leteckých předpisů, předpis L2 s podnázvem pravidla létání, definuje: základní pojmy, velitele letadla jako odpovědnou osobu za provedení letu, postupy pro předcházení srážkám a pravidla přednosti, postupy pro ochranu osob a majetku, způsob podávání letového plánu, pravidla pro let za viditelnosti, standardizované signály a službu řízení letového provozu. Tento předpis byl zpracován Úřadem pro civilní letectví (ÚCL) a čerpá z ICAO Annexu 2. [3]

Letadla lze rozdělit do dvou velkých skupin dle certifikace. Do první skupiny se zařazují letadla dopravní, menší motorová i některé kluzáky. Tyto stroje odpovídají ICAO standardům a spadají pod zodpovědnost národních úřadů dle země registrace. V České republice jím je ÚCL. [4] Do druhé skupiny patří spíše malá letadla rekreačního létání, například ultralehká motorová letadla, ultralehké kluzáky, padákové kluzáky, závěsné kluzáky apod. V ČR jsou tato letadla nazývána jako sportovní létající zařízení (SLZ) a jsou certifikovány Leteckou amatérskou asociací (LAA), což je spolek pověřený Ministerstvem dopravy k výkonu správních činností v oblasti SLZ. [5]

Co se týče licencování pilotů, dá říci, že stejně jako existuje několik různých typů řídicích průkazů, existuje také více typů pilotních průkazů způsobilosti. Nejprve je možné rozlišit kategorie průkazů jako SPL¹, PPL², CPL³, ATPL⁴ a další. Tyto kategorie průkazů jsou mezinárodně uznávány, staví na standardech ICAO a v ČR je vydává ÚCL. Pro menší letectví jsou vydávány specifické licence, například ULL⁵ a v ČR je řeší LAA. Navíc je ale běžné, že pilot musí mít zapsaný tzv. typ. Jedná se přímo o konkrétní typ letounu (např. Cessna C150), se kterým může létat, zatímco kategorie průkazu, např. PPL, pouze obecně říká, že pilot může létat s jednomotorovými letadly. Kromě získání průkazu způsobilosti po absolvování teoretické i praktické zkoušky musí pilot podstupovat pravidelné zdravotní prohlídky, musí být držitelem průkazu radiotelefonisty a pro lety do zahraničí musí skládat zkoušku z letecké angličtiny. [4, 6]

Pro potřeby práce není podstatné popsat podrobně celý komplet leteckého práva. Níže jsou proto vybrány dvě oblasti relevantní pro vybranou tematiku. Informace jsou přebrány převážně z leteckých předpisů L2 [3], L10 [7] a L11 [8] a jsou zjednodušeny.

1.1.1 Technologie k určení polohy letadla

Tato podkapitola shrnuje základní technologie, které se využívají k určení polohy letadla. Takové informace slouží primárně řídicím letového provozu, dají se však využít i pilotem za letu pro zvýšení celkové bezpečnosti. Než budou popsány jednotlivé systémy, je podstatné rozlišit dva základní druhy létání. Let prováděný v souladu s pravidly pro let za viditelnosti (VFR – Visual Flight Rules) může být prováděn pouze za podmínky, že pilot má možnost dostatečného výhledu ven z kabiny letadla. Jsou platné určité podmínky, jako maximální přípustná oblačnost, vzdálenost od oblačnosti a dohlednost. Naopak let podle přístrojů (IFR – Instrument Flight Rules) může být proveden i v nepříznivém počasí. [3] Právě pro IFR lety jsou následující technologie velice důležité. Je běžné, že většina letů rekreačního letectví probíhá za podmínek VFR.

PSR Primární přehledový radar (PSR – Primary Surveillance Radar) je systém pro určení polohy letadla založený na vyslání signálu a příjmu jeho odrazu od letadla. Poloha letadla je určena natočením pohyblivé antény a doby mezi vysláním signálu a přijetím odrazu. PSR by mohl tímto stylem za letadla považovat jakékoliv objekty, od nichž se signál odrazí. Problému se předchází analýzou dat a následně zobrazením pouze objektů v pohybu. Výhoda tohoto systému je, že není třeba žádné instalované zařízení na palubě letadla, systém je soběstačný. Na druhou stranu je pro tento typ vysílání potřeba poměrně vysoký výkon. PSR také není schopen určit výšku letadla bez použití více antén. [9]

¹Licence pilota kluzáků (SPL – Sailplane Pilot License)

²Licence soukromého pilota letounů (PPL – Private Pilot License)

³Licence obchodního pilota (CPL – Commercial Pilot License)

⁴Licence dopravního pilota (ATPL – Airline Transport Pilot License)

⁵Licence pilota ultralehkých letounů (ULL – Ultralight Aircraft Pilot License)

SSR Sekundární přehledový radar (SSR – Secondary Surveillance Radar) je systém pro určení polohy letadla. Jak již z názvu vyplývá, jedná se o dvoucestný proces. Pozemní rotující radar vyšle pulz dotazu na 1030 MHz. Anténa letadla tento pulz přijme a odešle odpověď na 1090 MHz, která je zpět zachycena pozemní stanicí. Poloha letadla je vypočtena z natočení pozemní antény a doby potřebné k přijetí odpovědi. Dvě různé frekvence pro dotaz a odpověď eliminují chybu nazývanou clutter. Tato chyba by vznikla při použití pouze jedné frekvence, mohlo by snadno dojít k odrazu dotazu, který by byl následně interpretován jako odpověď. Nevýhodou tohoto systému je nutnost umístění fyzického zařízení na zemi i na palubě letadla. V základní verzi systému není rozpoznatelná výška letadla, tento problém se řeší zvýšením počtu antén nebo módem odpovídače, jak je uvedeno níže. [10]

Mód odpovídače Odpovídač (Transponder) je zařízení s funkcí přijímače a vysílače zároveň. Používá se na palubách letadel pro obsluhu funkce SSR. Odpovídač může fungovat v několika módech v závislosti na odesílaných datech v SSR odpovědi. Mód A v odpovědi odesílá pouze tzv. squawk kód. Tento čtyřmístný kód stanoví letadlu řídicí letového provozu nebo vyplývá ze státních předpisů. Kódem lze také odeslat zprávu o závadě nebo únosu letadla. Mód C připojuje ke kódu také výšku letadla přepočtenou na standardní tlak. Řídicí pak má přehled o výšce letounů nehledě na nastavení jejich výškoměrů. Nakonec mód S, který navíc umožňuje odeslat další data, jako například identifikaci nebo registrační značku letadla. Ve vzdušném prostoru existují zóny, které vyžadují používání určitého módu odpovídače. [10] V ČR například mód S v okolí pražského letiště nebo mód C při výšce letu nad hladinu (FL – Flight Level) 60 (6000 ft⁶ ≈ 1850 m) [11]. V Evropě je mód S vyžadován u všech IFR letů [12].

ADS-B Automatický závislý přehledový systém – vysílání (ADS-B – Automatic Dependent Surveillance – Broadcast) je moderní prostředek umožňující vysílat a/nebo přijímat identifikaci letadla, údaje o jeho poloze a případně další informace. Oproti SSR existují dva zásadní rozdíly. Pro funkcionalitu není vyžadován žádný impuls s dotazem (proto automatický), dále se liší ve zdroji polohových údajů. ADS-B je připojeno k GNSS modulu přímo v letadle (proto závislý). Všechna data jsou v pravidelných intervalech odesílána (ADS-B Out) na frekvenci 1090 MHz. Vyslaný signál může zachytit pozemní stanice nebo například jiné letadlo (ADS-B In). ADS-B Out vysílač nemusí být umístěn pouze v letadlech, ale také například na letištních vozidlech. [13] Tento systém je v EU vyžadován u všech IFR letů, stejně jako SSR [12]. Je běžné, že moderní odpovídače kombinují funkci SSR i ADS-B. Existuje ještě novější verze UAT (Universal Access Transceiver) ADS-B pracující na 978 MHz. Tato verze umožňuje obousměrné zasílání dalších informací jako počasí nebo letový plán, není však tolik rozšířena, zejména v Evropě [14].

ACAS a TCAS Palubní protisrážkový systém (ACAS – Airborne Collision Avoidance System) je ICAO standard vyhodnocující možnost srážky dvou letadel ve vzduchu, TCAS (Traffic alert and Collision Avoidance System) je poté jeho implementace. Jedná se o systém, který umožňuje pilota varovat před kolizním provozem (TA – Traffic Advisory) a v novějších verzích také vydává doporučení k vyhnutí se srážce (RA – Resolution Advisory). Pracuje na základě využití údajů z SSR a může být doplněn o informace z ADS-B. Tento typ technologie je běžný spíše u dopravních letadel. [15]

FLARM FLARM (Flight Alarm) je technologie vyvinutá pro sportovní letectví, zejména pro kluzáky a další malé letectví jako podpora pro let VFR. Podobně jako ADS-B vysílá v pravidelných intervalech informace o poloze a ohrožený provoz upozorňuje na možnost kolize. Systém je uzavřený a protisrážkový algoritmus patentovaný, ale celkově levnější než ACAS/TCAS používaný u dopravních letounů. Má interní GNSS modul pro zjištění polohy. Vysílá na frekvenci 868,2 MHz, je tedy nekompatibilní s TCAS, ADS-B a běžnými odpovídači. [16]

⁶Letová hladina (FL – Flight Level) udává výšku nad mořem ve stovkách stop. Tedy například FL330 odpovídá 33000 ft. Tato výška je počítána za standardního atmosférického tlaku 1013,25 hPa na hladině moře.

FANET FANET (Flying Ad-Hoc Network) je systém umožňující přijímání a odesílání polohy podobně jako FLARM, avšak specializuje se spíše na přenos přes delší vzdálenosti, než na blízké antikolizní funkce. FANET je rozdílem od FLARM open-source a stavěný pro použití v široké škále letadel včetně dronů. Lze se setkat též s pojmem FANET+, což je modul integrující FANET i FLARM. [17]

OGN OGN (Open Glider Network) je platforma pro sledování různých typů provozu menšího letectví (především kluzáky, drony, letadla, helikoptéry, ...). Jejím cílem je sjednotit různé technologie (FLARM, OGN tracker, ADS-B a další) pod jednu společnou mapu provozu. OGN data jsou volně dostupná k použití a celý projekt stojí spíše na dobrovolnictví. Zařízení, která se připojují k OGN je mnoho, často se jedná o výrobky sestavené „na kolena“. [18]

1.1.2 Uspořádání vzdušného prostoru v ČR

Český vzdušný prostor je rozdělen horizontálně i vertikálně. Vyskytují se v něm speciální zóny jako jsou letiště, zakázané prostory, ... a dále třídy vzdušného prostoru. Každá zóna přináší určitá specifika provozu.

(M)CTR a (M)TMA Řízený okresek (CTR – Control Zone) je řízený prostor sahající od země do stanovené výšky. Je zřízen u větších letišť. Koncová řízená oblast (TMA – Terminal Control Area) je řízená část prostoru vytyčená převážně kolem velkých letišť. Navazuje na CTR a představuje ochranný prostor pro přilétávající a odlétávající letadla. Spodní i horní hranice TMA se stanovuje nad zemí. M před zkratkou CTR nebo TMA značí vojenský prostor (Military). [3]

ATZ Letištní provozní zóna (ATZ – Aerodrome Traffic Zone) je oblast vymezena kružnicí o poloměru 3 NM (5,5 km) od vztažného bodu letiště. Vertikálně sahá do 4000 ft nad mořem (v ČR). ATZ je zřízena u malých, neřízených letišť, ale věží může být zajištěna služba poskytování informací o provozu. [3]

Prostory D, R, P Jedná se o speciální, lokální prostory. Nebezpečný prostor (D – Danger) je nebezpečný pro přelet. Do omezeného prostoru (R - Restricted) je vstup možný pouze s povolením. Zakázaný prostor (P - Prohibited) lety zcela zakazuje. [3]

TRA a TSA Dočasně rezervovaný prostor (TRA – Temporary Reserved Area) je oblast, kde nemusí být možné zajistit dostatečné rozestupy letadel. Jedná se především o vojenské prostory. Do tohoto prostoru je při jeho aktivaci možné vstoupit pouze s povolením příslušného stanoviště Řízení letového provozu (ŘLP). Dočasně vyhrazený prostor (TSA – Temporary Segregated Area) je podobný, avšak při aktivaci do něj běžný provoz vstoupit nesmí nikdy. Opět je zejména využíván pro vojenské účely při průletu stíhacích letounů nízko nad zemí. [3]

Podle různých omezení a podle míry poskytování letových provozních služeb rozděluje ICAO 7 tříd vzdušného prostoru pojmenovaných písmeny A až G. V České republice používáme pouze třídy C, D, E a G. Zbytek tříd je popsán pouze stručně. [8]

Třída A Povoleny jsou pouze lety IFR. Tato třída bývá použita ve vysokých výškách a nad mořem. [8]

Třída B Tato třída bývá zřízena u nejvytíženějších letišť. Všem letům je zajištěna služba řízení letového provozu. Povoleny jsou lety VFR i IFR a jsou mezi nimi udržovány rozestupy. [8]

Třída C V Česku máme tuto třídu v pražském TMA a poté v prostoru nad FL95. Služba řízení letového provozu je poskytnuta všem druhům provozu. Mezi lety IFR se zajišťují rozestupy. Provozu VFR se zajišťují rozestupy vůči letům IFR a jsou jim poskytnuty informace o ostatním provozu VFR. [8]

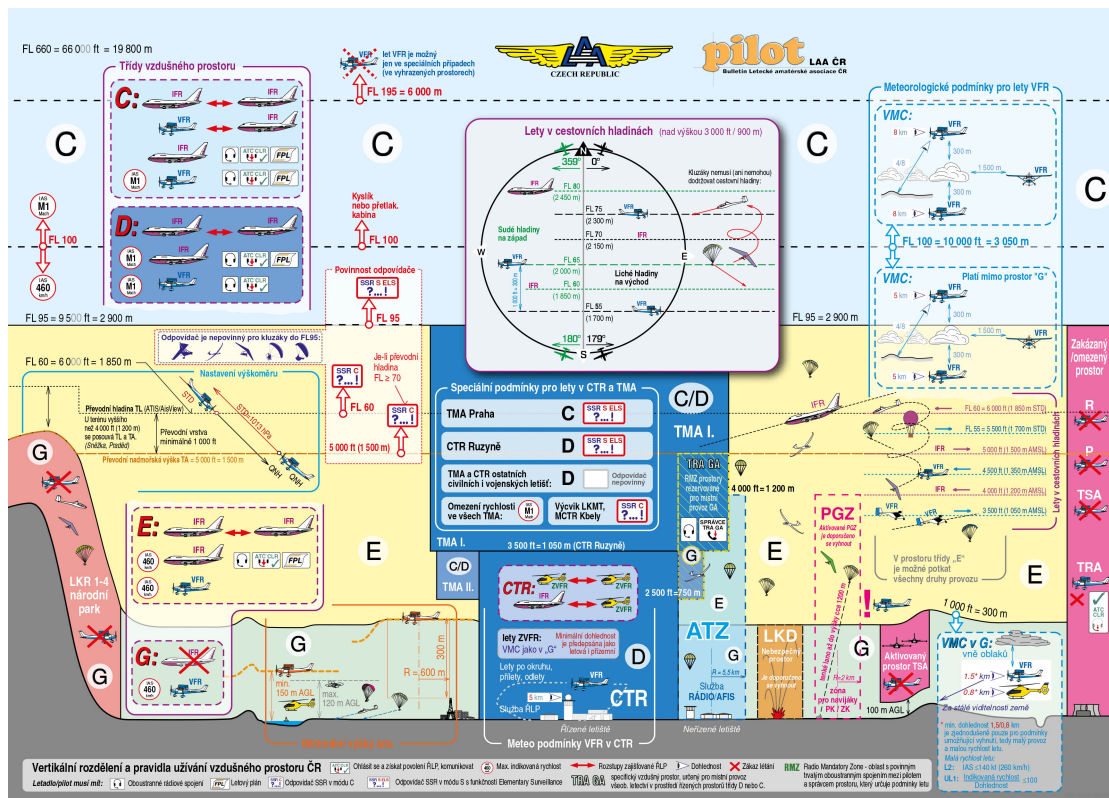
Třída D V třídě D se nachází všechna naše CTR a většina TMA včetně jejich vojenských alternativ. Je tedy běžná u českých větších letišť. Všem provozu se zajišťuje služba řízení letového provozu. Rozestupy se však nyní zajišťují pouze letům IFR. Lety VFR mohou pouze žádat informace o ostatním provozu. [8]

Třída E Třída E pokrývá většinu prostoru využívaného sportovními lety. Rozprostírá se od 1000 ft nad zemí (AGL – Above Ground Level) až do FL95. Služba řízení letového provozu je zajištěna pouze letům IFR. Pro lety VFR se jedná o neřízený prostor. Všem letadlům se však poskytují informace o provozu. [8]

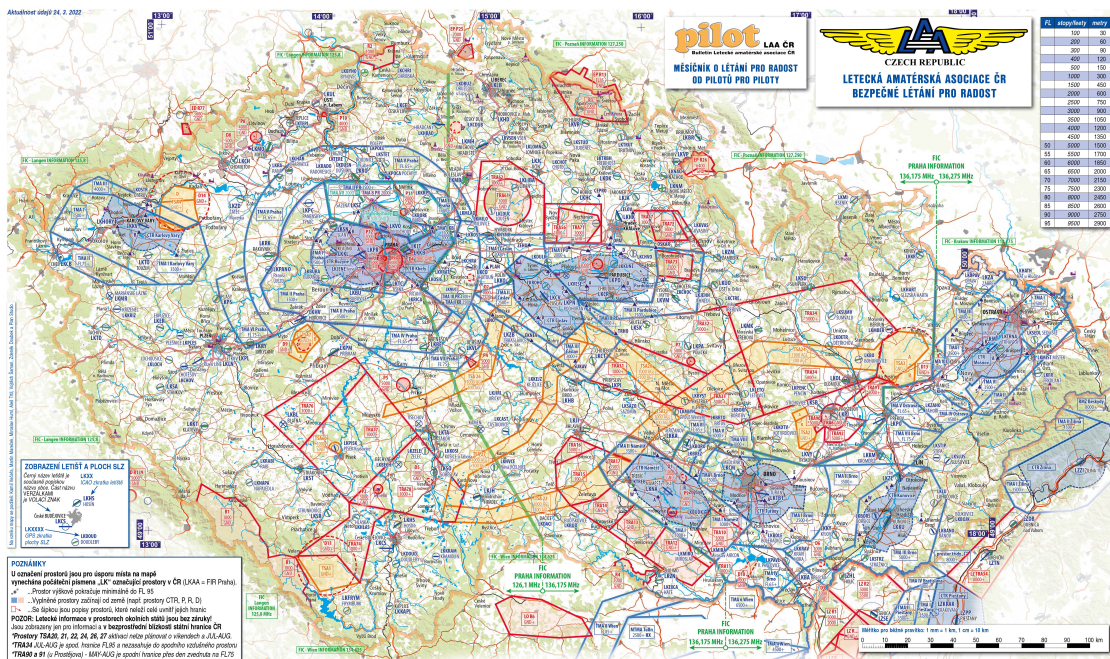
Třída F Tato třída se příliš nevyužívá. Může jít většinou o dočasný prostor. [8]

Třída G Třída G je přízemní, sahá od země do 1000 ft AGL. Letadla se v ní mohou pohybovat většinou při přistání na menší letiště v ATZ nebo při návětru nouzového přistání. [8]

Pro shrnutí je tedy vzdušný prostor v ČR uspořádán takto: od země do 1000 ft AGL třída G, od 1000 ft AGL do FL95 třída E, nad FL95 třída C. V okolí největších letišť máme třídy C a D. Pro VFR lety platí: v prostorech tříd B, C a D podléhají vždy letovému povolení, v prostorech tříd A, B, C, D a některých částech prostorů tříd E, F a G je vyžadováno obousměrné rádiové spojení a ve třídách C, D, E, F a G platí omezení rychlosti na maximálně 250 kt ve výšce pod 10 000 ft. Obrázek 1.1 znázorňuje vertikální řez vzdušnými prostory jak platí v Česku, obrázek 1.2 poté mapu českých vzdušných prostorů. [8]



Obrázek 1.1 Vertikální rozdělení českého vzdušného provozu. Získáno z <https://www.laacr.cz/stranky/provozni-informace/mapa-rozdeleni-vzdušneho-prostoru-cr.aspx>



■ **Obrázek 1.2** Rozdělení českého vzdušného provozu. Získáno z <https://www.laacr.cz/stranUASky/provozni-informace/mapa-rozdeleni-vzdušneho-prostoru-cr.aspx>

1.2 Provoz bezpilotních letadel

Legislativní rámec omezující provoz dronů je obecně na mezinárodním poli nesjednocen, avšak v dnešní době harmonizován napříč celou EU. Evropská komise pravidla sjednocuje především formou nařízení 2019/945 a prováděcího nařízení 2019/947. Každý členský stát má navíc pravomoc pravidla doplnit a upřesnit, v České republice může být příkladem zákon 49/1997 o civilním letectví a přidružené opatření obecné povahy nebo z dnešního pohledu již poměrně zastaralý Doplněk X k leteckému předpisu L2. Ačkoliv následující text shrnuje pravidla dle EU a jejich členských států, je běžné, že další, nečlenské, vyspělé země nastavují svá pravidla velmi obdobně.

Není překvapením, že nárůst počtu bezpilotních prostředků v blízké budoucnosti bude nemalý. Nejen z pohledu rekreačního létání, kde se stávají malé drony více a více dostupné běžným občanům k pořizování fotek z dovolené, ale též z pohledu profesionálních dronů. Profesionální drony dnes slouží k velkému počtu prací, například v zemědělství při postřiku, v energetice pro inspekci vysokonapětového vedení nebo do budoucna při přepravě zásilek a nakonec i osob. Je tak jasné, že toto odvětví má velkou budoucnost a stejně tak je jasné, že pro zajištění dostatečné bezpečnosti musela vzniknout regulace určující pravidla létání s drony.

V Evropské unii připravuje balík bezpečnostních pravidel Agentura Evropské unie pro bezpečnost letectví (EASA – European Union Aviation Safety Agency). Tato pravidla jsou následně vydávána většinou formou směrnic, nařízení nebo tzv. přijatelných způsobů průkazu (AMC – Acceptable Means of Compliance) a výkladových materiálů (GM – Guidance Material) a to přímo organizací EASA nebo Evropskou komisí.

Provoz bezpilotních systémů (UAS – Unmanned Aircraft System) je zmíněným předpisem EU 2019/947, platným již od konce roku 2020, rozdělen do tří hlavních kategorií dle rizikovitosti provozu – open (otevřená), specific (specifická) a certified (certifikovaná). V každé z těchto kategorií platí odlišná pravidla. Kategorie open je určena pro menší drony, často, ne však výhradně, pro rekreační použití. Je rozdělena na podkategorie A1, A2 a A3, které pravidla upřesňují například v parametrech pro minimální vzdálenost od osob a objektů. Let v některé z těchto podkategorií

se odvíjí od váhy dronu, ale také licence pilota. Kategorie open klade základní omezení na provoz jako je: maximální výška letu do 120 m nad nejbližším bodem povrchu, let s dronem pouze v dohledu (VLOS – Visual Line Of Sight), maximální hmotnost UAS do 25 kg. Specifická kategorie umožňuje tato omezení překonat, je typická pro profesionální činnosti a vyžaduje povolení k letu vydané ÚCL. V této kategorii lze létat mimo dohled (BVLOS – Beyond Visual Line Of Sight), avšak stále nejde o dostatečné oprávnění pro přepravu osob nebo pro let nad shromážděním osob. K takovému účelu slouží zatím spíše futuristická kategorie certified. UAS létající v této kategorii musí podstoupit náročnou certifikaci k bezpečnosti provozu. [19]

Kromě kategorií rozlišuje ještě předpis EU 2019/945 tzv. třídy dronů značené C0 – C6. Podobně jako u kategorií jsou odstupňovány dle rizikovitosti provozu. Označení dronu štítkem třídy C také podléhá určité certifikaci. Jsou ustanoveny pro snažší zařazení konkrétních výrobků do kategorií a tím se dálkově řídicím pilotům „odemykají“ možnosti jak a kde létat. Hlubší popis rozdělení nemá v této práci příliš smysl, jelikož předmětem je především pilotované letectví. [20]

Obecně se i let s UAS musí řídit restrikcemi danými různými vzdušnými prostory. Bez dostatečného povolení je například nutné létat pod ochrannými pásmy letišť a nelze vlétat do zakázaných a jiných podobných vzdušných prostorů, totožných s těmi pro pilotované letectví (obr. 1.2). V ČR nám opatření obecné povahy dále konkretizuje omezení letu pomocí prostoru LKR10, který je platný na celém území republiky. Specifikuje například meteorologická minima, ukládá UAS povinnost přednosti letadlům s posádkou a také zakazuje let v ochranných pásmech dopravních staveb, inženýrských a telekomunikačních sítí, uvnitř zvláště chráněných území nebo v okolí vodních zdrojů. [21]

Do budoucna se počítá s povinnou elektronickou dálkovou identifikací dronů (RID – Remote ID). Tato technologie je rozdělována do dvou variant: místní RID a síťová RID. Místní funguje nejčastěji za využití Bluetooth, vysílá polohu dronu pouze v malém okruhu tak, aby případný pozorovatel ze země byl schopen na dálku provoz identifikovat. Síťová RID naopak vysílá data o letu přes mobilní síť na server, odkud může být informace předávána dál. Místní RID bude od roku 2024 vyžadována u všech letů v kategorii specific. Síťová RID bude hrát stěžejní roli v nastupujících prostorech U-space, o kterých pojednává následující podkapitola. [22]

Lze ještě dodat, že i piloti dronů musí být držiteli patřičné licence. Ta je v nejnižší variantě pro podkategorie A1 a A3 vydávána po absolvování krátkého on-line testu. Pro let v podkategorii A2 nebo kategorii specific je třeba podstoupit zkoušku na příslušném úřadě, v Česku je jím ÚCL. Průkaz platí ve všech členských státech EU. [19]

1.3 U-space

U-space je mnohdy nesprávně označován jako prostor pro létání s drony. Jedná se však nejen o vzdušný prostor, ale také o soubor služeb a postupů s ním souvisejících. Navíc rozhodně není vyhrazen pouze pro drony, naopak zahrne také všechny další složky leteckého provozu od letadel po padákové nebo závěsné kluzáky. U-space je projekt Evropské unie, pravidla proto budou napříč členskými státy sjednocena, ale opět lze očekávat, že podobná pravidla budou časem nastavena i v jiných zemích.

Nový typ vzdušného prostoru je reakcí na zvyšování hustoty provozu dronů ve stejných oblastech, kde se běžně vyskytuje i pilotované letectví. Nejde v tomto případě pouze o hobby drony, o kterých v současnosti slycháváme nejvíce, ale do budoucna především o profesionální UAS, které budou například převážet zásilky nebo i osoby a budou schopny autonomních letů. Počítá se zejména s lety BVLOS a i lety přesahujícími výšku 120 m. Pro zachování vysoké úrovně bezpečnosti je třeba vytvořit robustní, digitalizované prostředí jak na palubách jednotlivých pilotovaných letadel a UAS, tak v pozemní infrastruktuře.

Tématu U-space se věnuje trojice prováděcích nařízení Komise (EU) 2021/664 [23], 2021/665 [24] a 2021/666 [25]. Ty stanovují požadavky na poskytované služby, vstup UAS do prostoru U-space, definují také tzv. poskytovatele služeb U-space (USSP – U-space Service Provider) jako články shromažďující a předávající informace o letech / letům v U-space.

Služby zajišťované USSP jsou: síťová identifikační služba, služba „geo-awareness“, služba oprávnění k letu bezpilotního systému a služba informací o provozu. Síťová identifikační služba staví na dříve zmíněné síťové RID. Bepilotní systémy budou povinny elektronicky se zviditelnit ostatním uživatelům prostoru. Služba geo-awareness by měla provozovatelům UAS zajistit aktuální informace o jiných vzdušných prostorech a zeměpisných zónách s omezením letu. Služba oprávnění k letu bezpilotního systému je ekvivalentem letového povolení, zajišťuje, aby se plánovaný provoz jednoho dronu neprotínal s jiným. Služba informací o provozu provozovatele UAS upozorní na jiný letový provoz, který může být přítomen v blízkosti jejich systému. Dále mohou být poskytovány doplňkové služby jako například služba informací o počasí a služba živého monitorování souladu s oprávněním k letu. [23]

Momentálně na území EU neexistují plošné prostory U-space. Testovací oblasti však nalézt lze – příkladem je německý Hamburk, v České republice se zřízení testovacího polygonu plánuje také. S reálným nasazením se začne nejprve v malém měřítku, zejména v okolí měst a až v příští dekádě se očekává plošné rozšíření na celá území států. Vývoj U-space je rozdělen do čtyř fází U1 – U4 dle implementovaných služeb. Například U1 zahrnuje e-registraci a e-identifikaci dronů a také publikaci zeměpisných zón vhodných nebo nevhodných pro let UAS. Tato fáze je ve většině členských států dokončena nebo rozpracována⁷. Naopak fáze U4 počítá s plnou integrací autonomních UAS a na její dokončení si budeme muset ještě několik let počkat. [26]

1.3.1 Vliv na pilotované letectví

Pro zajištění bezpečnosti nemůže systém fungovat jednostranně – tedy tak, že pouze drony vysílají svou polohu a ostatní účastníci provozu se jim vyhýbají. Je nutné, aby i letadla s posádkou určité data vysílala a drony mohly svou dráhu přizpůsobit tak, aby nedošlo ke kolizi. Pro schopnost vysílat polohu a/nebo přijímat informace o ostatních letadlech se často užívá pojmu iConspicuity, tedy doslova nápadnost, či viditelnost. A právě princip iConspicuity pro pilotované letectví je zakotven i ve zmíněném nařízení 2021/666.

„Letadla s posádkou provozovaná ve vzdušném prostoru určeném příslušným úřadem jako vzdušný prostor U-space, kterým poskytovatel letových navigačních služeb neposkytuje službu řízení letového provozu, se nepřetržitě elektronicky zviditelňují poskytovateli služeb U-space.“ [25]

Jak bude probíhat elektronické zviditelnění popisují publikace EASA ED Decision 2022/024/R a příbuzné AMC and GM to SERA — Issue 1, Amendment 6 [27]. Z těchto materiálů vyplývají technologické prostředky vhodné pro iConspicuity v U-space:

- certifikované zařízení ADS-B OUT na frekvenci 1090 MHz,
- certifikované zařízení UAT ASD-B OUT na frekvenci 978 MHz,
- necertifikované zařízení ADS-L vysílající v nelicenčním pásmu SRD860,
- necertifikované zařízení ADS-L vysílající informace pomocí mobilní sítě, tedy například mobilní telefon.

1.3.2 Standard ADS-L

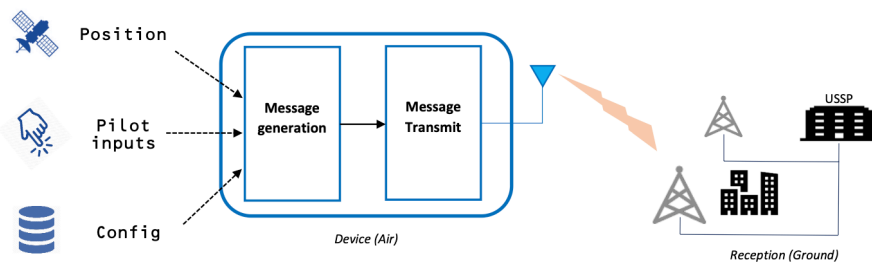
Jelikož U-space požaduje po pilotech vybavení vysílacím prostředkem a běžné ADS-B přístroje jsou velmi nákladné na pořízení, bylo potřeba přijít s úspornějším řešením. Takovým je nový standard ADS-L, který vznikl přímo pro účel zviditelnění pilotovaných letadel v U-space. Je

⁷Průběh prací na zavádění různých služeb U-space v jednotlivých členských státech EU je publikován formou reportů na webových stránkách EUROCONTROL: <https://www.eurocontrol.int/publication/u-space-services-implementation-monitoring-report>

odvozený z ADS-B, písmeno L v názvu také představuje slovo light, tedy lehký. Pracuje s pozicí získanou z GNSS a je kompatibilní s levnými zařízeními včetně mobilních telefonů. [28]

Výhodou je také možnost práce na frekvenci 868 MHz, což je mimochodem stejná frekvence, jakou používá FLARM. Výrobce FLARM deklaroval, že updatem firmwaru budou již existující zařízení schopna přizpůsobit se novému standardu, což ještě více sníží plošné náklady na pořízení nových technologií. [16] Levnou možností je také konektivita pomocí mobilní sítě. Její vhodnost je často zpochybňována, zejména kvůli výpadkům signálu. Z tohoto důvodu si EASA nechala vypracovat studii proveditelnosti [29], která se tímto problémem zabývá. Z výsledků plyne, že spolehlivost je dostatečná pro použití v rámci iConspicuity.

ADS-L ve svém standardu⁸ definuje několik parametrů, které budou vysílány. Mezi povinné patří: identifikační adresa letadla, časové razítko, typ letadla, pozice, výška, rychlost, směr, přesnost pozice a verze standardu. Lze vysílat i nepovinné parametry jako stav nouze nebo přesnost rychlosti. [28]



■ **Obrázek 1.3** Princip odeslání zprávy ADS-L. Získáno z <https://www.youtube.com/watch?v=EAK6E2eRmhg&list=PLTfS24aKkJn76qYVtUfhswviiJSJHCl8Z&index=4>

⁸Přesné technické specifikace standardu ADS-L jsou publikovány na webových stránkách EASA: <https://www.easa.europa.eu/en/downloads/137503/en>

Kapitola 2

Společnost Dronetag a její produkty

Kapitola si klade za cíl seznámit čtenáře s kontextem vytváření práce. Shrnuje základní fakta o společnosti Dronetag a představuje hardwarové a softwarové produkty této firmy z hlediska funkcí a designu. Především je však popsán dosavadní průběh odvedené práce na projektu o vývoji předmětného zařízení, s prozatímním názvem Pilottag. Na znalostech firmy a zavedených způsobech je stavěna velká část praktické části.

2.1 O společnosti

Dronetag s.r.o. je česká společnost zabývající se vývojem a provozem malých elektronických zařízení, která zprostředkovávají digitální identifikaci bezpilotních letadel – dronů. Cílem společnosti je vytvářet bezpečný vzdušný prostor tak, aby se jednotlivé složky provozu navzájem elektronicky viděly a zamezilo se tak kolizím. [30]

Zájem firmy na zvýšení bezpečnosti je výrazně podpořen stále se rozvíjející legislativou, která v budoucnu nařídí určitým dronům vysílat pravidelně informace o své poloze, jak bylo popsáno v předchozí kapitole o právních předpisech. Z businessového pohledu proto nejde pouze o vývoj zařízení, jejichž prodej stojí na dobrém úmyslu pilotů zviditelnit se, je však zesílen právě zmíněnými legislativními požadavky a to zejména v průmyslu [31].

Nápad na vznik firmy se zrodil poměrně nedávno, v listopadu roku 2018, v týmu čtyř studentů Fakulty informačních technologií ČVUT v Praze. První velký milník tvořila výhra skupiny v kategorii Navigace na Space Application Hackatonu, který byl organizovaný podnikatelským inkubátorem Evropské kosmické agentury v České republice. Tato organizace následně projekt finančně podpořila a krátce nato byl založen startup Dronetag. V této době ještě žádné regulace na provoz dronů neplatily, neexistoval žádný konkrétní návrh jednotného řešení ani koncepce. Dronetag se proto vydal cestou vývoje malého identifikačního zařízení, které by umožnilo zájemcům na dron zařízení dodatečně nainstalovat a létat poté bezpečně například i v blízkosti letišť. Po sérii dalších úspěšných soutěží a prezentací byl do prodeje začátkem roku 2022 uveden první produkt – Dronetag Mini. V červnu 2022 do společnosti investovala venture kapitálová firma Y Soft Ventures 15 milionů korun, startup tak mohl akcelarovat v rozvoji a kromě peněz mu byly poskytnuty výrobní kapacity, které navýšily sériovou výrobu produktů. [31, 32]

Dronetag v současnosti operuje ve dvaceti zemích světa a do budoucna plánuje rozšíření v podobě založení poboček v USA a na Tchaj-wanu. Současné portfolio společnosti představují především hardwarové produkty, které jsou schopny zajistit digitální identifikaci dronů. Hardware doprovází softwarová platforma, též budována a provozována společností Dronetag, umožňující

správu zařízení, ukládání dat z letů a přístup k podávání letových plánů. [30] Prodávané a vyvíjené produkty jsou do detailu rozebrány v následujících podkapitolách. Mimo toto odvětví se Dronetag částečně rozšiřuje do příbuzného sektoru, totiž pilotovaného letectví. Právě příprava tohoto rozšíření představuje náplň této bakalářské práce.

2.2 Produkty společnosti

V nabídce společnosti jsou aktuálně tři produkty: Dronetag Mini, Dronetag Beacon a Dronetag DRI. Všechna tři zařízení jsou schopna vysílat polohu dronu za letu. Liší se však ve způsobu vysílání a užití. K jejich správě slouží mobilní a webová aplikace Dronetag.

Dronetag Mini je fyzické zařízení, které umí starším dronům zprostředkovat funkci RID a to síťovou i místní. Je určené pro profesionální koncové uživatele, kteří jsou vybaveni mnohdy drahými, ale staršími drony bez nativní podpory dálkové identifikace. Nabízí také funkce jako živé sledování letu a ukládání trasy. Místní RID je zajišťováno technologií Bluetooth s dosahem až 3 km. Tento model má 3D tištěnou krabičku, baterii na 14 hodin provozu, integrovanou SIM a antény GNSS, LTE a Bluetooth. Je vybaven suchým zipem 3D Dual-Lock umožňující rychlé, ale velice pevné přichycení ke dronu. Rozměrově je podobný běžné krabičce od sirek. Cena byla stanovena na cca 7000 Kč bez DPH. [33]

Dronetag Beacon je menší sourozenec, také fyzické zařízení, které se od varianty Mini liší především v tom, že nabízí pouze místní identifikaci, ne síťovou. Baterie vydrží až na 16 hodin, velikostně odpovídá polovině Dronetagu Mini a cena je snížena na přibližně 4700 Kč bez DPH. [34]

Dronetag DRI je typově jiný produkt. Jde o hardwarovou komponentu určenou pro výrobce dronů, kteří, ať chtějí nebo ne, budou časem muset do svých produktů integrovat místní dálkovou identifikaci. V tu chvíli je k dispozici již hotový plug & play modul, Dronetag DRI, který veškerou RID konektivitu zajistí, pouze se připojí kabelem a výrobce dronu tak nemusí investovat čas a prostředky do vlastního vývoje. Lze jej dokonce výrobcem dronu tak nemusí upravit tvarů a některých součástí týče. DRI, stejně jako Mini a Beacon, pracuje v souladu s legislativními standardy většiny zemí včetně EU a USA. Cena za jeden kus je kolem 1200 Kč bez DPH. Všechny tři produkty lze vidět na obrázku 2.1. [35]



■ **Obrázek 2.1** Zleva zařízení Dronetag Mini, Dronetag Beacon a Dronetag DRI. Získáno z <https://shop.dronetag.cz>

K nastavení a správě těchto zařízení slouží multiplatformní mobilní i webová aplikace Dronetag. Lze v ní například nastavit parametry vysílání, aktualizovat firmware produktů nebo spravovat předplatné, které je vyžadováno pro aktivaci některých pokročilých funkcí zařízení. Dále sdružuje všechna zařízení konkrétní osoby/organizace včetně všech provedených letů. V poslední řadě poskytuje nástroje pro plánování letu a podávání letových plánů dronů. [36]

2.3 Vyvíjené zařízení Pilottag

Tato bakalářská práce je pouze střípkem v celém TAČR projektu, který oficiálně nese název IoT zařízení pro digitální identifikaci pilotovaného letectví v U-space. Tohoto projektu se účastní nejen společností Dronetag, ale též Ústav letecké dopravy ČVUT v Praze Fakulty dopravní.

Pro potřeby interního pojmenování byl stanoven prozatímní název zařízení na *Pilottag*. Tento název je užíván i dále v textu práce.

V interním dokumentu [37] jsou stanoveny cíle projektu: „...navrhnout, vytvořit a otestovat technologické řešení, které umožní:

- všem druhům pilotovaných letadel (padáky, rogala, balóny, kluzáky, malá letadla) vysílat v pravidelných intervalech informace o své poloze pomocí nezávislého, cenově dostupného, bateriově napájeného zařízení,
- integrovat tyto informace do přehledových systémů poskytovatelů služeb v oblastech vzdušných prostorů U-space (evropská verze systému managementu provozu bezpilotních systémů).

Dílejšími cíli projektu jsou:

- prozkoumat a vybrat vhodné technologie pro hardwarové a softwarové řešení projektu,
- vyvinout předkomerční prototyp zařízení pro identifikaci letadel a připravit podklady pro jeho sériovou výrobu,
- demonstrovat systémovou funkčnost prototypu zařízení a softwarové integrace do U-space.“

Zodpovědnost společnosti Dronetag v tomto projektu spočívá zejména v konstrukci zařízení a následně jeho monetizaci. ÚLD pak pracuje na výzkumu a vývoji způsobů identifikace, na zkoumání technických a legislativních možností, na návrhu systémové architektury U-space a na spolupráci s dalšími expertními skupinami EASA. [37]

Projekt je rozdělen do tří etap. První (cca 2022) zahrnuje: analýzu U-space legislativy, návrh systémové architektury, definice technických a uživatelských parametrů. Druhá etapa (cca 2023) obsahuje: vytvoření prototypů, implementaci komunikačních protokolů, zdokonalení hardwarového návrhu a vytvoření krabičky zařízení, čemuž odpovídá téma této práce. Třetí etapa (2024) projekt uzavírá, jsou tvořeny studie bezpečnosti a zhodnotí se výstupy. [37]

Dle zmiňovaného evropského právního rámce budou muset všechna pilotovaná letadla v prostoru U-space vysílat svoji polohu pomocí schválených technologií. Jelikož tyto technologie jsou nové nebo málo rozšířené v řadách malého letectví, existuje velké množství potenciálních zákazníků, kteří budou potřebovat nové vybavení. Na území EU mluvíme o množství až 700 000 pilotů [38]. Jen v Česku je pak dle LAA vydáno 15 000 pilotních licencí. Konkurenční řešení sice existují, ale nesplňují nejnovější legislativní požadavky, či jsou velmi drahá nebo nepoužitelná ve všech typech letadel. Více o konkurenci lze nalézt v kapitole 3. Zatím se počítá s prodejem na EU trhu, avšak i v USA se formují podobná pravidla a je proto minimálně možná budoucí expanze. Cena byla zatím stanovena na přibližně 12 500 Kč s DPH včetně dvouletého tarifu pro přenos dat skrz mobilní síť. [37, 39]

Primární cílové skupiny tvoří piloti padákových a závěsných kluzáků a jejich motorových variant. Dále jsou podstatní piloti ultralehkých a lehkých letadel, kterých je sice přibližně dvakrát méně, zato se však oproti pilotům kluzáků vyskytují spíše v oblastech, kde prostory U-space budou zpočátku zřízeny. Do okrajové skupiny patří parašutisté, piloti balónů, ultralehkých vrtulníků a vírníků, kterých je však marginální počet. [39]

2.3.1 Prvotně navržené parametry zařízení

Po prvním letmém průzkumu byly stanoveny základní požadavky na zařízení a s tím také hrubé technické a uživatelské parametry. Základem je, že zařízení bude přenosné a baterií napájené,

bez displeje, ale s doprovodnou mobilní aplikací. Rozměrově se bude podobat krabičce od cigaret. Všechny důležité prvotní parametry jsou uvedeny v seznamu níže, vycházejí z interního dokumentu [37, 40].

- Li-Po baterie na alespoň 12 hodin provozu.
- Jako vysílací technologie bude využito ADS-L přes SRD860 a 4G.
- Budou integrovány GNSS, Bluetooth a Wi-Fi moduly.
- Rozměry přibližně 90x65x30 mm.
- Váha kolem 150 g.
- Bez integrovaného displeje.
- Minimálně jedno tlačítko.
- Minimálně dvě stavové LED.
- IP54 krytí.
- Rozsah teplot -40 °C až 85 °C.

Kapitola 3

Analýza existujících řešení

Na trhu se pohybuje řada zařízení, které svými funkcemi částečně odpovídají navrhovanému produktu. Jejich primárním zaměřením bývá buď antikulizní funkce, navigace nebo kombinace obojího. Ne všechny jsou schopny vysílat polohu letadla pro zajištění legislativního požadavku. Jelikož produktů existuje mnoho, jsou zde vybrány pouze ty, které mají větší přesah s plánovanými parametry Pilottagu nebo ty, které mají potenciál přinést nový pohled na problematiku.

Hlavním cílem textu je nejen obecně seznámit s konkurencí, ale také čerpat inspiraci pro návrh vlastního řešení, zejména co se týče designového zpracování krabičky, interakce s uživatelem, propojení s mobilní aplikací a jejího uživatelského rozhraní. Jsou představeny hlavní konkurenční a funkčně podobné systémy a to hardwarové i softwarové. Parametry vybraných hardwarových jsou shrnuty v tabulce 3.1.

3.1 Hardware

■ **Tabulka 3.1** Přehled vybraných existujících zařízení a jejich parametrů. [41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52]

Zařízení	Vysílání	Baterie	Rozměry	Váha	Cena ¹
SkyEcho 2	ADS-B, FLARM IN	12 h	57x82x30 mm	200 g	17 000 Kč
Sentry Plus	ADS-B IN, FLARM IN	18 h	110x85x32 mm	210 g	20 000 Kč
LX Colibri X	lze připojit FLARM IN	15 h	102x71x14 mm	145 g	20 000 Kč
PowerFLARM Eagle mobile	FLARM	8 h	68x50x23 mm	76 g	38 000 Kč
XC Tracer Mini V	FLARM, FANET	25 h bez solárního dobíjení	70x50x17 mm	46 g	12 000 Kč
XC Tracer Maxi II	FLARM, FANET	70 h	92x68x18 mm	120 g	17 000 Kč
Skytraxx 4	GSM, FLARM, FANET	30 h	115x106x15 mm	200 g	23 000 Kč
HOD4TRACK	LTE, ADS-B, FLARM	6 h s externí baterií	58x38x10 mm	159 g	35 000 Kč
OGN CUBE THREE Model B	OGN	20 h	70x25x50mm	84 g	6 900 Kč
Oudie N Fanet+	LTE, FLARM, FANET	20 h	150x86x24 mm	430 g	27 000 Kč
Cupertino ²	GSM	20 dní bez solárního dobíjení	100x67x22 mm	200 g	18 000 Kč
PilotAware ROSETTA	ADS-B IN, Mode S/C, FLARM IN	bez baterie	125x60x40 mm	-	10 000 Kč

¹Zaokrouhlená cena pro EU trh, včetně DPH. Jde o cenu za samostatné zařízení, zvlášť mohou být poplatky za licence nebo pravidelné předplatné. Přepočteno pro kurz EUR-CZK 23,5 Kč.

3.1.1 SkyEcho 2

SkyEcho 2 (obr. 3.1) je produkt společnosti uAvionix s cenou kolem 17 000 Kč. Společnost začínala v roce 2015 jako výrobce bezpečnostních doplňků pro bezpilotní systémy, v současnosti rozšířila své portfolio i směrem k pilotovanému letectví a letištní infrastruktuře. [53]

Jedná se o přenosný ADS-B transceiver s integrovaným příjmem FLARM (IN). ADS-B pracuje na běžných 1090 MHz, má ale další anténu pro UAT ADS-B 978 MHz s možností příjmu informací o počasí. Nemá svou vlastní mobilní aplikaci, veškerý detekovaný provoz přes Wi-Fi promítá do aplikací třetích stran, do tzv. EFB (Electronic Flight Bag). EFB je souhrn nástrojů jako mapy, navigace nebo počasí, vše v mobilní aplikaci, nejběžněji používané na tabletu. Mezi podporované EFB aplikace patří populární SkyDemon, ForeFlight, EasyVFR, AirMate a další. [41]



■ **Obrázek 3.1** SkyEcho 2. Získáno z <https://uavionix.com/media-kits/>

Kromě zobrazení provozu do EFB umí promítnout provoz do vlastního leteckého multifunkčního přístroje AV-30 s integrovaným displejem (obr. 3.2). Propojení těchto dvou zařízení umožňuje výrobcům doplněk AV-link. AV-link je malý produkt, který lze pomocí sériového portu fyziky připojit k AV-30. AV-link se následně přes Wi-Fi připojuje k SkyEcho 2. Konektivitu mezi aplikacemi a externími displeji zajišťuje protokol GDL 90. [41]

SkyEcho 2 ADS-B OUT je momentálně certifikováno pro provoz ve Spojeném království, Austrálii a na Novém Zélandě. V souvislosti s EU výrobce zmiňuje pouze použití FLARMu a ADS-B IN. Co se týče využitelnosti v budoucím U-space, bylo již zmíněno, že ADS-B splňuje legislativní požadavky na technologii používanou k vysílání polohy v těchto prostorech. Avšak pro účely antikolizního systému pro malé letectví v Evropě není ADS-B vhodné kvůli nízkému rozšíření technologie mezi místní leteckou komunitou. [41]

Zařízení je vybaveno vlastním barometrem, GNSS modulem a integrovanou baterií na 12 hodin provozu s možností neustálého napájení přes USB-C. Součástí krabičky je jedno tlačítko a tři stavové LED. Na krabičce lze nalézt též senzor okolního osvětlení a standardní 1/4"-20 závit pro možnost upevnění například dodávaného systému pro rychlé připevnění s přísavkou na sklo. Nastavení probíhá přes vlastní Wi-Fi skrz interně hostovanou webovou stránku. [41]



■ **Obrázek 3.2** Displej AV-30 se zobrazením okolního provozu a AV-link. Získáno z <https://uavionix.com/media-kits/>

3.1.2 Sentry Plus

Sentry je rodina tří zařízení (obr. 3.3) pojmenovaná Sentry Mini, Sentry a Sentry Plus vyvíjené společností ForeFlight. Jednotlivé verze se samozřejmě liší svou výbavou. Celkově jsou velice podobné designu SkyEcho a mají podobný arzenál funkcí. Tento výrobek je však pouze přijímačem, nikoli vysílačem, nesplňuje tak žádné legislativní požadavky na zviditelnění, je pouze podporou pro piloty. [42]

Stejně jako SkyEcho, i Sentry vytváří vlastní Wi-Fi, pomocí které je možné připojit se pouze k jedné EFB aplikaci a to ForeFlight. Z technologií využívá ADS-B IN na 1090 MHz a 978 MHz s možností příjmu dat o počasí, dále GNSS modul, napájení přes USB-C a stejný 1/4"-20 závit s možností rychlého připevnění přísavky. [42]

Sentry Mini je nejnižší verze bez vlastní baterie za cenu kolem 9000 Kč, není vybavena FLARMem. Střední cesta, Sentry, za 15 000 Kč nabízí navíc barometr, CO monitor s akustickým alarmem, snímač náklonu letadla a interní baterii s kapacitou na 12 hodin provozu. Nejvyšší verze, Sentry Plus, za 20 000 Kč obsahuje dodatečně malý OLED displej, senzor přetížení, ukládání trasy letu s automatickým zapnutím při externím napájení, FLARM IN a baterii na 18 hodin provozu. Obě varianty s baterií mají jedno tlačítko, senzor osvětlení a čtyři statusové LED. Licenci FLARM je nutné zakoupit zvlášť za přibližně 700 Kč ročně. [42]



■ **Obrázek 3.3** Rodina zařízení Sentry, zleva Sentry, Sentry Plus, Sentry Mini. Získáno z <https://flywithsentry.com>



■ **Obrázek 3.4** XC Tracer Mini V. Získáno z <https://www.xtracer.com/en/xtracerminiigps>

3.1.3 XC Tracer Mini V

XC Tracer Mini (obr. 3.4) je zařízení s cenovkou 12 000 Kč cílené primárně na paraglidisty. Integruje velice přesný variometr, který pilota ihned informuje o sebemenším stoupání a předává tak informace o výskytu i slabé termiky. Upozornění na změnu vertikální rychlosti je předáváno akusticky. Variometr ke své funkci používá několik senzorů včetně barometru. [45]

Součástí zařízení je zabudovaný FLARM a FANET, k zobrazení tohoto provozu jsou podporovány aplikace třetích stran, do kterých se data předávají přes Bluetooth. XC Tracer obsahuje funkci GNSS loggeru, který splňuje požadavky FAI (Fédération Aéronautique Internationale) na použití v leteckých soutěžích v paraglidingu, k tomuto účelu je použit formát souboru IGC, dostupný je též KML. Dále je přidán malý solární panel pro možnost nepřetržitého dobíjení. [45]

Zařízení je ovládáno jedním tlačítkem, které v sekvenci přepíná hlasitost upozornění mezi čtyřmi úrovněmi. Nastavení se provádí změnou v konfiguračním textovém souboru. K externímu nabíjení používá USB-C. [45]

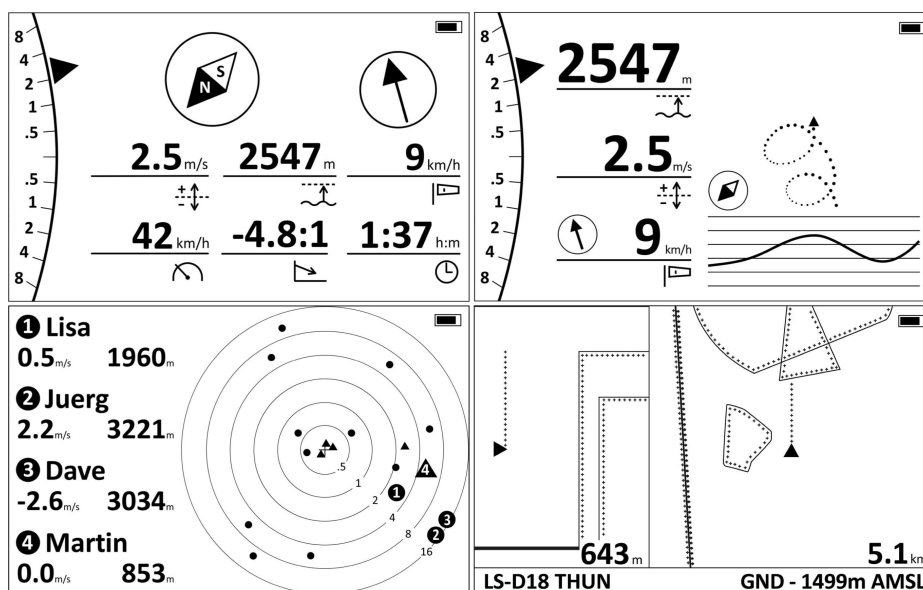
Kompatibilita s legislativou U-space je momentálně ne zcela jasná. V neoficiálních materiálech nebo katalogích internetových obchodů se o XC Traceru hovoří jako o ADS-L ready, což je pravděpodobně vzhledem k osazení technologie FLARM, který pracuje ve stejném frekvenčním pásmu.

3.1.4 XC Tracer Maxx II

XC Tracer Maxx II je vylepšenou verzí XC Tracer Mini V. Novinkou je především černobílý displej pro zobrazení okolního provozu a údajů o letu. Kromě solárního panelu sdílí všechny funkce jako jeho Mini verze, stejně tak sdílí zmíněnou (ne)kompatibilitu s U-space. Tento produkt je zde uveden zejména pro ukázkou intuitivního uživatelského rozhraní softwaru. Cena za toho zařízení se pohybuje kolem 17 000 Kč. [46]

Displej umožňuje zobrazení několika přednastavených rozložení (obr 3.5). Mezi základní patří zobrazení variometru, výšky, rychlosti, kompasu nebo větru. Pro termiku je uzpůsoben pohled s termickým asistentem a 60sekundovou historií výšky. Dále existuje tzv. buddy pohled, se zobrazením okolního provozu a zvýrazněním přátel skrz systém FANET. Poslední pohled nabízí zjednodušené vykreslení vzdušných prostorů a to vertikálně i horizontálně. [46]

Zařízení se opět ovládá pouze jedním tlačítkem a detailnější nastavení lze provést změnou konfiguračního textového souboru s pomocí počítače. Za zmínku stojí možnost přepínat jednotlivé rozložení displeje pomocí úderu do popruhu paraglidu, přístroj ležící na pultíku před pilotem sám úder vyhodnotí jako žádost o přepnutí. Sám také dokáže pohledy přepínat automaticky dle



■ **Obrázek 3.5** Různé pohledy XC Tracer Maxx II. Vlevo nahoře standardní zobrazení, vpravo nahoře zobrazení pro termiku, vlevo dole pohled na okolní provoz, vpravo dole vzdušné prostory. Získáno z https://xctracer.online/downloads/User_Manual_XC_Tracer_Maxx_II_Rev._01_EN.pdf

detekce stoupání v termice. [46]

3.1.5 SKYTRAXX 4

Již čtvrtá generace SKYTRAXX (obr. 3.6) je prezentována jako all-in-one řešení zahrnující funkci přesného variometru, GNSS data loggeru, asistenta pro termiku, celosvětového zobrazení map s prostory a počasím, upozornění na okolní provoz za pomoci FLARM a FANET. Cena za tento produkt, opět cíleného primárně na piloty závěsných kluzáků, je 23 000 Kč včetně jednoho roku předplatného za konektivitu, dále 900 Kč ročně. [47]

Funkce jsou velice podobné již představenému XC Tracer Maxx II, tento model má však barevný displej, který má výhodu zejména v přehlednějším zobrazení mapových podkladů s radarovými snímky. Ke stahování dat nebo přenosu letu do cloudu využívá GSM konektivitu, součástí je tedy integrovaná SIM karta a zároveň 16 GB interní paměti. Zařízení se nastavuje skrz vlastní rozhraní pomocí čtveřice tlačítek. [47]

Z pohledu podpory U-space není zatím nic zveřejněno. Avšak splnění zákonných požadavků na konektivitu přes mobilní síť a případně uzpůsobenou FLARM anténu je dle [29] možné.

3.1.6 Colibri X

Colibri X (obr. 3.7) je navigace, antikolizní zařízení a letový zapisovač pro piloty kluzáků pádákových kluzáků nebo malých letadel. Pochází z dílny slovinské společnosti LX Navigation specializující se na avioniku všeobecného letectví. Za tento produkt si účtují 20 000 Kč. [43]

Oproti ostatním nástrojům nepřináší příliš mnoho funkcí navíc. Stejně jako předchůdci obsahuje mapy s navigací, asistenta pro termiku, certifikovaný IGC logger, logbook a antikolizní upozornění po připojení externího FLARM přijímače. Naopak čím se liší je velký dotykový barevný displej s propracovaným softwarem. Je vybaven Wi-Fi a Bluetooth moduly pro spárování s dalšími přístroji nebo telefonem. Integrovaná baterie poslouží na 15 hodin provozu, avšak je možné připojit zdroj napájení. [43]



■ **Obrázek 3.6** SKYTRAXX 4 se zobrazením základních údajů o letu, topologických map a srážkového radaru. Získáno z <https://en.skytraxx.eu>

Jelikož tento produkt samostatně nedisponuje žádnou technologií pro vysílání polohy letadla, není možné splnit požadavky na použití jako identifikačního zařízení v U-space. Jedinou konektivitu, kterou zařízení nabízí je možnost propojení s mobilním telefonem, což může být nespolehlivé pro tento účel použití.

3.1.7 PowerFLARM Eagle mobile

Další produkt společnosti LX Navigation, tentokrát plnohodnotný FLARM přijímač i vysílač s malým displejem (verze 2022). Obstará základní navigaci, sledování a ukládání letu a především zobrazí okolní provoz a upozorní v případě možné srážky. [44]

Dodává se v několika verzích. Čistý PowerFLARM Eagle bez displeje a baterie lze pořídit již za 21 000 Kč, k němu je dále třeba dokoupit displej. Střední cesta PowerFLARM Eagle mobile za 38 000 Kč se dodává již s displejem a integrovanou baterií na 8 hodin provozu. Nejvyšší verze PowerFLARM Eagle mobile ADS-B (obr. 3.8) má navíc integrovaný ADS-B IN modul a stojí přes 55 000 Kč. Navíc se musí zakoupit jednorázová licence (3500 Kč), pokud chce uživatel produkt využívat jako IGC zapisovač, lze též pořídit licenci (7000 Kč) pro propojení s Garmin TIS systémem. [44]

Tento nástroj je z hlediska kompatibility s U-space rozhodně dále než Colibri X. Jako u jiných vybavených konektivitou FLARM se dá očekávat uzpůsobení software pro podporu ADS-L. ADS-B IN sice nepodporuje vysílání, přesto se jedná o validní způsob upozornění na okolní provoz v prostorech U-space.

3.1.8 HOD4TRACK

HOD4TRACK (obr. 3.9) je produkt ze stáje německé společnosti Droniq. Tato firma se věnuje automatizaci letů dronů a rozvoji prostorů U-space a již dnes pro drony poskytuje kompatibilní



■ **Obrázek 3.7** LX Colibri 2. Získáno z <https://www.lxnavigation.com/gliding/flight-recorders/colibri-x/>



■ **Obrázek 3.8** PoweFLARM Eagle mobile, verze s ADS-B (tři externí antény). Získáno z <https://www.lxnavigation.com/powerflarm-eagle-mobile-adsb-wifi-2022/pf-eagle-mob-adsb-22>



■ **Obrázek 3.9** HOD4TRACK s externími anténami pro GNSS, ADS-B, FLARM a LTE. Získáno z <https://droniq.de/en/produkte/hod4track-deutschland-v3/>

identifikační zařízení. Právě i toto zařízení je cílené na bezpilotní systémy, avšak má potenciál využití i v pilotovaném letectví, samozřejmě po dílčích úpravách.

Systém je prezentován jako odpovídač pro UAS pro plně BVLOS operace. Pracuje s technologiemi GNSS, FLARM, ADS-B i LTE (integrovaná SIM karta). Nevýhodou je momentálně potřeba připojovat jej k externí baterii, množství externích antén a malý rozsah podporovaných teplot (10–40 °C). [48]

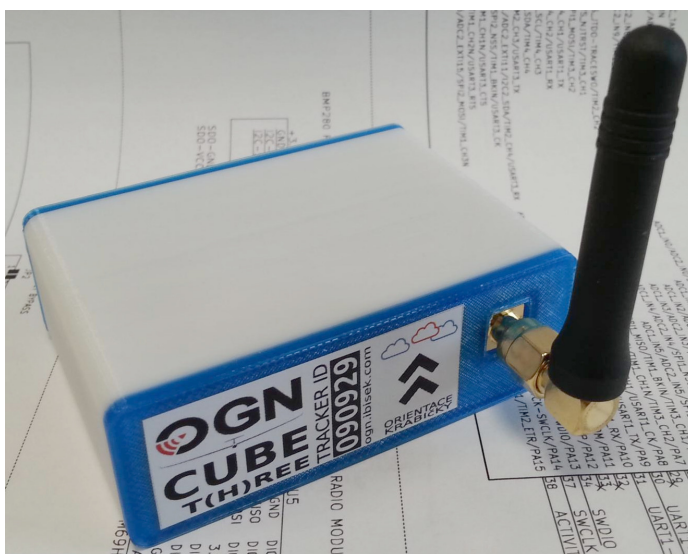
Zařízení je schopné zasílat data do Droniq UTM. Je tak z hlediska zapojení do U-space nejbližší ze všech jmenovaných. K plně podpoře má též začleněny odpovídající technologie LTE nebo ADS-B. Cena produktu je poměrně vysoká, kolem 35 000 Kč s ročním předplatným 1800 Kč pro UTM integraci. Naopak má doživotní licenci FLARM. [48]

3.1.9 OGN CUBE THREE Model B

OGN CUBE třetí generace je český projekt domácí výroby zařízení pro logování a sledování letů pomocí OGN. Dodává se ve dvou modelech A – pro zabudování do palubní desky a B (obr. 3.10) – s integrovanou baterií na přibližně 20 hodin provozu. [49]

Krabička je jednoduchá, tvořená na 3D tiskárně, s externí anténou a slotem na micro SD kartu. Zařízení lze připojit k aplikacím a zařízením třetích stran, např. LK8000, pomocí Bluetooth nebo k vlastní aplikaci OGN Cube Control (pouze pro Android), která umožňuje aktualizovat firmware a do budoucna se naučí spravovat záznamy letů. [49]

Cena za tento produkt je velmi příznivá, kolem 6900 Kč. Nevýhodou je výroba v malém počtu a proto i častá nedostupnost. Nedá se očekávat, že by tento produkt byl schopný zapojit se do systému U-space pomocí OGN. Je možné, že se výrobce pokusí OGN CUBE přizpůsobit změnou firmwaru, jelikož odpovídající hardware komunikující na frekvenci 868 MHz je již obsažený [49].



■ **Obrázek 3.10** OGN CUBE THREE Model B s integrovanou baterií. Získáno z <https://ogn.ibisek.com/index.php/en/ogn-cube-three-2/>

3.1.10 Další zařízení

Produktů, která vykonávají funkci navigace nebo zobrazení okolního provozu, existuje skutečně mnoho. Výše vyjmenované jsou autorem práce považovány za zdařilé, podobné zamýšleným parametrům Pilottagu nebo mají potenciál posunout návrh novým směrem. Níže je uveden seznam dalších řešení, která lze považovat za konkurenční nebo funkčně podobná. Jednotlivé obrázky k produktům jsou obsaženy v příloze práce.

U žádného z těchto produktů nebyla deklarována kompatibilita s ADS-L ani žádná zmínka o U-space. Dá se předpokládat, že někteří výrobci s podporou mobilních sítí nebo FLARM konektivitou budou schopni tuto funkcionalitu v budoucnu nabídnout skrz softwarový update.

Oudie N Fanet+ kombinující funkci FLARM, FANET a OGN s LTE konektivitou. Nabízí velký barevný displej s možností uložení podrobných offline map do 64 GB integrované paměti. V ceně kolem 27 000 Kč je rok předplatného softwaru SeeYou pro správu letů a předletovou přípravu s mapami. [50]

Cupertino² je produkt české společnosti FID Avionics, která nabízí řešení pro sledování a evidenci letadel, zejména leteckých škol a půjčoven. Její ekosystém se sestává z Cupertino trackeru a webové FlightTrack aplikace. Cupertino je vybaveno baterií se solárním článkem a GSM modulem pro přenos dat na server pro možnost živého sledování. Samotný tracker se prodává za 18 000 Kč, předplatné FlightTrack pak za 3300 Kč ročně pro jedno zařízení. [51]

PilotAware ROSETTA umí upozorňovat pilota letounu na okolní provoz. Na rozdíl od jiných přístrojů umí kombinovat velké množství zdrojů: ADS-B IN, zprávy odpovídače v modech S a C, v případě dostatečného vybavení letounu i FLARM IN a navíc provozuje vlastní síť ATOM-GRID. Toto zařízení nemá vlastní baterii, je koncipováno pro napájení ze sítě nebo powerbanky. Zajímavá je vlastnost ohlašování možných kolizí pomocí mluveného upozornění – pouze přes sluchátka pomocí 3,5mm Jack konektoru nebo pomocí Bluetooth. Hláška je ve formátu: „Traffic, 2 O’Clock, 3 Hundred Feet, Above, 3 Kilometers“. Produkt lze propojit s velkým množstvím EFB aplikací. Koupit jej lze za cca 10 000 Kč plus 750 Kč za licenci ročně. [52]

3.2 Software

Ze softwarové části jsou zde vybrány tři mobilní aplikace. První, SafeSky, je založena na funkci upozornění na kolizní provoz. Druhá, SkyDemon, je typickým zástupcem kategorie EFB aplikací. Ta obsahuje spoustu informací podstatných pro letectví od map, počasí až po možnost zobrazení provozu z kompatibilního hardwaru. Poslední představená aplikace, XCTrack, je jedna z nejpobulárnějších pro piloty padákových a závěsných kluzáků, podobně jako SkyDemon obsahuje spoustu leteckých informací, ale také údaje o probíhajícím letu včetně asistenta termiky apod.

Z EFB a dalších nástrojů existuje samozřejmě mnohem větší množství mobilních nebo webových aplikací, než je zde popsáno. Mezi další velmi populární patří: ForeFlight, Garmin Pilot, EasyVFR, AirMate, Databáze letišť, Air navigation, OzRunways, XCSoar, ...

3.2.1 SafeSky

Mobilní aplikace SafeSky si klade za cíl vytvořit prostředí pro zobrazení veškerého, elektronicky viditelného provozu. Data posílá pouze přes mobilní síť, avšak dle vývojáře využívá velmi úsporný protokol spolehlivě fungující i při špatném připojení EDGE (2G) [54].

Největší výhodou SafeSky je podpora 16 technologií, které umí předat informaci o poloze letadla. Data těchto technologií jsou agregována na serverech společnosti a následně odesílána pomocí mobilní sítě do pilotova telefonu. Naopak pilotův telefon přes mobilní síť odesílá své polohové a další údaje zpět na server. Mezi podporované protokoly (všechny ve variantě IN, kromě SafeSky, která je z principu IN/OUT) patří: ADS-B, FANET, FLARM, Mode S, OGN Tracker, Pilot Aware, SafeSky a další. Na SafeSky server se informace dostávají z otevřených internetových zdrojů, často z pozemních stanic, které na své pozemky umísťují jednotlivci z řad fanoušků radiotelefonie nebo letectví. [55]

Aplikace má též možnost integrace s dalšími EFB aplikacemi, pomocí GDL 90 lze data přenášet a zobrazit tak provoz například na mapě SkyDemon. EFB EasyVFR v nedávné době uzavřela se SafeSky partnerství a zobrazuje veškerý provoz, který SafeSky poskytuje, přímo ve vlastní aplikaci (EasyVFR) bez nutnosti propojení se SafeSky aplikací přes GDL 90 – v telefonu tak stačí mít nainstalovanou pouze jednu aplikaci. Kromě kompatibility s EFB se umí též propojit s externím hardwarem, například SkyEcho nebo PowerFLARM, a využívat jeho antény ke zpřesnění a doplnění lokalizace okolního provozu. [55]

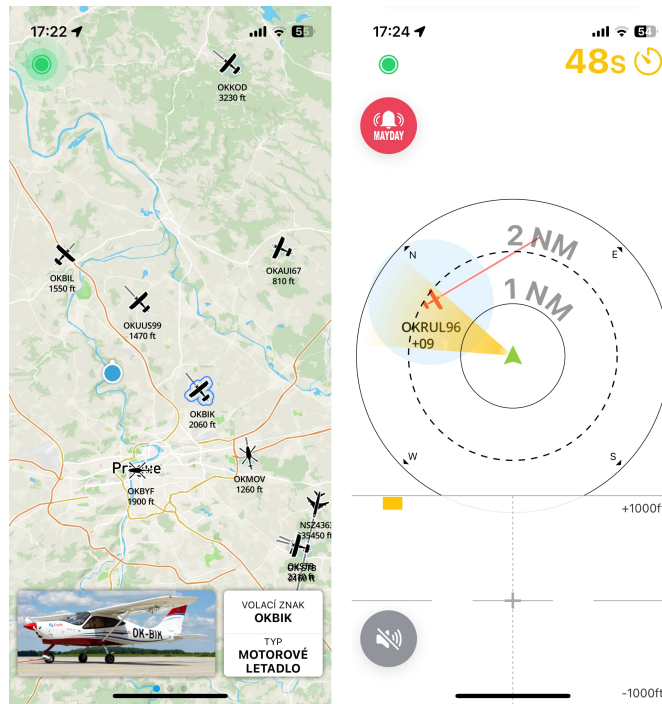
SafeSky má ale další zajímavé funkce. Ve vzdušném prostoru si lze budovat vlastní komunitu – přátele, piloty lze zařadit do skupiny/letky, nebudou tak předmětem neustálého upozornění v případě letu křídlo na křídlo. S kolegy si lze též psát pomocí funkce intercom. [56] Dále jsou k dispozici funkce: zobrazení počasí, SOS režim pro posílání zpráv nouzovým kontaktům, vedení elektrického letového deníku, režim přiblížení k letišti, který zobrazí provoz na okruhu a vizuální i akustické slovní upozornění na provoz podobně jako PilotAware ROSETTA. [57]

Základní verze, ve které funguje zobrazení provozu, upozornění a SOS funkce, je zcela zdarma. Plán pro další výše zmiňované funkcionality je na bázi předplatného za přibližně 900 Kč ročně. Kromě mobilní aplikace je také k dispozici webová aplikace, kde je možné letecký provoz živě sledovat bezplatně. [58]

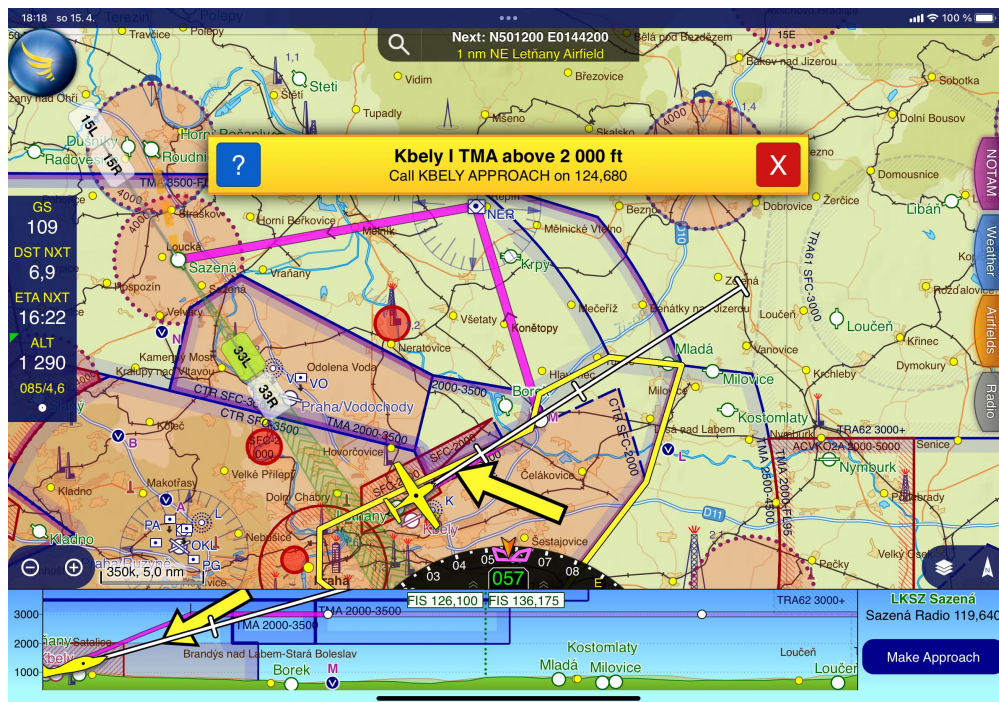
SafeSky je stále aktivně vyvíjena a vylepšována. Autoři se zajímají o U-space a iConspicuity problematiku a lze očekávat, že spustí podporu pro připojení k USSP a standardu ADS-L pomocí mobilní datové sítě.

3.2.2 SkyDemon

Aplikace SkyDemon je typický zástupce EFB – kompletu leteckých nástrojů. Uváděn je zde zejména pro seznámení čtenáře s existencí podobných systémů a pro názornou ukázkou uživatelského rozhraní a informací, které lze v aplikaci získat. SkyDemon je pravděpodobně nejpoužíva-



■ Obrázek 3.11 Aplikace SafeSky, vlevo přehled provozu s rozkliknutým detailem letounu OK-BIK, vpravo probíhající let s radarovým zobrazením a vyznačeným kolizním provozem.



■ Obrázek 3.12 Aplikace SkyDemon. Zobrazení trasy LKLT–M–NER–LKSZ (Letňany–Sazená) se simulovaným letem. V průběhu letu je vyvoláno upozornění na blížící se vzdušný prostor a jeho přidružená frekvence.

nější aplikací pro VFR piloty v Evropě. Pro popis bude využito snímků obrazovky na obr. 3.12 a obr. 3.13.

Základem jakékoliv EFB aplikace jsou kvalitní mapové podklady. Styl je nejbližší mapě zeměpisné, avšak podstatné jsou orientační body: silnice, železnice, mosty, vodní toky a plochy, el. vedení, vyznačení lesů, význačných budov (podstatné i pro turistické letectví) a výškových překážek. Obce lze zobrazit např. jako různě velké body dle počtu obyvatel (SkyDemon [59]) nebo objekt kopírující reálný tvar zástavby (letecká mapa ICAO). Kromě zmíněných je potřeba přidat letecké informace. Jsou jimi: vzdušné prostory (popsané v kapitole 1.1.2, podstatné je zobrazení jejich vertikálních hranic), navigační body (na snímku 3.12 např. fialové M, bod Mike, přes který vede trasa), radionavigační zařízení (na snímku 3.12 např. NER, radiomaják VOR/DME poblíž Neratovic) a letiště, včetně jejich drah nebo okruhů.

Další, stále velice podstatné funkce jsou:

- Zobrazení vypsaných tzv. NOTAMů (Notice To Airmen) – dočasně platných informací, které se mohou týkat celého vzdušného prostoru nebo jen jednoho letiště (v současné době např. podmínky pro přílet letadel z Ruské federace).
- Přehled informací o počasí ve formě METAR (Meteorological Aerodrome Report), zobrazení větru nebo radaru srážek.
- Informace o okolních letištích s detailem o drahách, frekvencích, nadmořské výšce letiště, letištním okruhu a jeho výšce, otevíracích hodinách a dalším kontaktu. V České republice se SkyDemon [59] i jiné aplikace většinou odkazují na leteckou informační příručku (AIP – Aeronautical Information Publication), kde jsou tyto informace přehledně zapsány/zakresleny.

Na obrázku 3.13 jsou nejdůležitější informace, které chce mít pilot vždy co nejdříve při ruce. První část s tabulkou obsahuje údaje typické pro tzv. navigační štítek, tedy otočné body trasy a k nim jejich vzdálenost, kurz a čas. Dále jsou uvedeny frekvence, na kterých se může pilot v průběhu letu hlásit. Nakonec jsou zobrazeny ještě radionavigační prvky, které lze za letu využít. K tomu se hodí znát frekvenci majáku a také jeho kód (Morseova abeceda), kterým lze ověřit správné nastavení navigace k dotyčnému zařízení. [59]

SkyDemon umožňuje připojení dodatečného hardwaru. Zmiňováno bylo již například SkyEcho, ale lze připojit i produkty PilotAware, PowerFLARM nebo jiné podporující GDL 90. Cena za licenci poprvé 3500 Kč na rok, dále 2 500 Kč ročně [60].

3.2.3 XCTrack

XCTrack je velice populární, v Česku vytvořená, mobilní aplikace mezi piloty padákových a závažných kluzáků a to pro volné létání i na soutěže. Plní funkci plnohodnotného letového počítače, je úzce spojena s XContest a sdílí stejný vývojářský tým. Na XContest lze nahrávat záznamy letů. Aplikace je dostupná pouze pro telefony se systémem Android. [61]

V této práci je uvedena, jelikož se jedná o jednu z nejpropracovanějších aplikací pro paragliding. Má velmi bohaté možnosti nastavení jednotlivých údajů, které se na obrazovce zobrazují. Uživatel může jednotlivé prvky posouvat a měnit jejich velikost jako jednotlivé widgety (obr. 3.14). Každý si tak vytvoří prostředí, které mu vyhovuje. [61]

Nabízené funkce zahrnují: asistenta do termiky, zobrazení mapy se vzdušnými prostory, počítač větru, živé sledování letu, počítač dokluzů, podporu pro zařízení s e-ink displejem, podporu pro brýle ActiveLook, podporu pro připojení externích senzorů a funkce pro závodní lety jako IGC ukládání trasy nebo závodní asistent. [61]

Aplikace může běžet i na zařízeních jiných výrobců. Příkladem je produkt Air³, který nabízí velkou obrazovku, základní senzory a 4G konektivitu [62]. Použití aplikace je zdarma.

18:32 so 15. 4. Pilot Log Print Settings Columns

	MSA	Level	TrkT	HdgM	GS	Dist	Time	ETA/ATA
N501200 E014200 NER Nejatovice	1900	3000	343	341	96	10	7	ETA 16:36
NER Neratovice LKSZ Sazená	2500	3000	260	256	112	14	8	ETA 16:42
LKSZ Sazená LKRO Roudnice	2300	3000	346	343	112	5,3	3	
Elevation 765 ft (28 hPa) SS 17:56 Z, ECT 18:31 Z							25	14

PLANNED COMMUNICATION FREQUENCIES

Service	Frequency	Location	Frequency	Location
Kbely CTR		Vodochody I TMA		LKRO Roudnice
KBELY TOWER	120,880	VODOCHODY TOWER	133,080	Roudnice Radio
Flight Information Service		LKSZ Sazená		
Praha Information	126,100	Sazená Radio	119,640	

PLANNED RADIO NAVIGATION AIDS

- NER (Neratovice) 112,250
From: 158°M, To: 338°M

FREQUENCIES NOW

- Flight Information Service 126,100
Praha Information

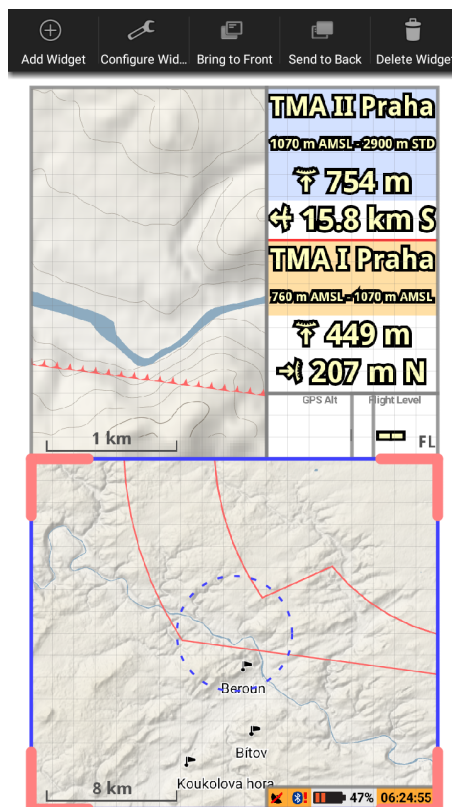
NEARBY AIRFIELDS

Airfield	Distance	Radio	Frequency
Sazená (17 nm)	17 nm	Sazená Radio	119,640
Roudnice (20 nm)	20 nm	Roudnice Radio	122,205

NEARBY RADIO NAVIGATION AIDS

- OKL (Praha) 112,600
From: 056°M, To: 236°M
- PH (Praha/Ruzyně Dme 06) 111,150
From: 059°M, To: 239°M
- KD (Kbely) 300,0
From: 013°M, To: 193°M

■ Obrázek 3.13 Aplikace SkyDemon. Přehled podstatných informací pro provedení letu na trase LKLT–LKSZ (Letňany–Sazená).



■ Obrázek 3.14 Aplikace XCTrack v zobrazení úprav jednotlivých prvků. Získáno z <https://play.google.com/store/apps/details?id=org.xcontest.XCTrack&hl=cs&gl=US>

Uživatelský průzkum k identifikačnímu zařízení

Projekt Pilottag dosud vycházel pouze z omezené báze znalostí o potřebách reálných zákazníků. Prvotní parametry na zařízení (popsáno v kapitole 2.3) byly nastaveny jako mix technické proveditelnosti, očekávaných požadavků a zájmu udržet nízkou cenu. V této kapitole je zpracován uživatelský průzkum, který si kladl za cíl zjistit, jak piloti z cílových skupin létají, co za technologie za letu používají a hlavně, co by od zařízení jako Pilottag očekávali.

Průzkum byl veden formou polostrukturovaných rozhovorů, některé jako osobní schůzka, některé přes videokonferenční hovor, obojí obvykle v délce jedné hodiny. Jednalo se tedy o kvalitativní výzkum. Další, kvantitativní výzkum naváže na první prototypy zařízení, pravděpodobně již mimo záběr této bakalářské práce. Odpovědi respondentů byly autorem zaznamenávány do předem připraveného dotazníku Google Forms, který umožnil okamžitou sumarizaci a částečnou interpretaci výsledků. Většina rozhovorů byla též po souhlasu dotazovaných nahrávána pro potřeby případného detailního přezkoumání odpovědi, avšak na žádost několika z nich na nezveřejnění, z důvodu sdělování citlivých informací, nejsou tyto záznamy přiloženy jako součást práce.

Respondenti byli vybíráni z řad pilotů malého letectví. Tyto osoby se do výzkumu přihlásili dobrovolně prostřednictvím Facebookového inzerátu Fakulty dopravní ČVUT. Celkem bylo obdrženo 50 odpovědí. Tito kandidáti byli následně uspořádáni dle priority, která byla stanovována na základě leteckých zkušeností a létaných typů. Finálních interview bylo provedeno celkem 14 tak, aby byly zahrnuty všechny kategorie letců – ženy, muži, motoroví i bezmotoroví piloti, piloti letounů i kluzáků, velmi zkušení i méně zkušení, ...

4.1 Cíle a struktura výzkumu

Výzkum měl z počátku definovaných několik cílů. Šlo o především o určení uživatelských požadavků, ale také o získání vlastního povědomí o kontextu – tedy aby bylo možné pro další práci efektivně navázat a vžít se do reálné situace v kokpitu. Jednotlivé cíle byly:

- Získat povědomí o průběhu letu pro budoucí práci na tvorbě produktu.
- Určit základní osoby budoucích uživatelů.
- Získat respondenty na další část testování (prototypu).
- Zjistit povědomí respondentů o současné U-space legislativě.

- Zjistit, zda a případně jak se respondenti koordinují s ostatními účastníky letového provozu.
- Zjistit, jaká technologická zařízení nyní piloti využívají, zjistit jejich důležitost a silné a slabé stránky.
- Zjistit, jaké nástroje piloti nyní postrádají.
- Určit roli mobilního telefonu v přípravě letu, během letu a po letu.
- Zjistit, jaká konkurenční řešení se v praxi využívají a zjistit jejich silné a slabé stránky.
- Určit prioritu funkcí, které lze nasadit do navrhovaného zařízení.
- Zpřesnit konstrukční a funkční parametry navrhovaného zařízení.

V návaznost na cíle byla vytvořena struktura interview. To bylo rozděleno na dvě hlavní části. První se týkala obecně pilotova stylu létání, druhá se pak zaměřila přímo na návrh zařízení. Na začátku byl respondent seznámen s dosavadním průběhem projektu a jeho směřováním.

4.1.1 První část otázek

První část byla spíše oboustranně seznamovací. Pilot odpovídal na otázky týkající se jeho běžného letu. V této fázi se respondent mohl rozpovídat na své dobře známé téma a zbavit se tak případného stresu. Autorovi naopak poskytl dostatečný přehled o problematice. Níže jsou představeny jednotlivé otázky.

1. Základní informace
 - a. Jméno a příjmení
 - b. Věková kategorie
 - c. Pohlaví
2. Základní doménové informace
 - a. Jaká letadla aktivně létáte? (SPL, ULL, PPL, Balón, ...)
 - b. V jakých oblastech obvykle létáte? (Města, hory, odlehlé oblasti, ...)
 - c. Jste součástí většího celku/organizace? Pokud ano, jakého?
 - d. Létáte ve skupině?
3. Krátký popis celého letu od předletové přípravy po debriefing, diskuse
4. Komunikace a navigace
 - a. Získáváte povědomí o okolním provozu jinak než pomocí rádia a vizuálně?
 - b. Jste sledován/a, či koordinován/a jinak než pomocí rádia a vizuálně?
 - c. Jak získáváte informace o vzdušných prostorech?
5. Další technologie
 - a. Používáte za letu mobilní telefon?
 - b. Používáte za letu tablet?
 - c. Jaké mobilní aplikace používáte a k čemu?
 - d. Používáte za letu následující nástroje? (GPS logger, variometr, informace o počasí, radarové snímky srážek, navigace, digitální mapa, upozornění na kolize, Bluetooth headset, headset s volným fyzickým vstupem, chytré brýle/přilba, ELT nebo jiná SOS alternativa.)
 - e. Doplnění dalších technologií.
 - f. Chybí vám některé nástroje?

4.1.2 Druhá část otázek

Druhá část se zaměřila na zpřesnění seznamu požadovaných funkcionalit Pilottagu. Zároveň byly sbírány informace, které poslouží při návrhu vlastností šasi zařízení, jako například požadovaný rozsah podporovaných teplot, výdrž baterie apod. Úvod této části obsahoval otázky týkající se znalosti U-space legislativy.

6. Legislativa
 - a. Znáte význam pojmu U-space?
 - b. Víte o povinnostech pilotů ohledně dálkové identifikace v prostoru U-space?
7. Konkurenční zařízení
 - a. Používáte některé z konkurenčních zařízení? (PowerFLARM Eagle, SkyEcho 2, Sentry, ...)
 - b. Používáte případnou přidruženou mobilní aplikaci a k čemu?
 - c. Jaké jsou největší klady a zápory tohoto zařízení?
 - d. Co vám na tomto zařízení chybí?
8. Specifické otázky pro návrh zařízení
 - a. V jakých podmínkách i v extrémních případech létáte? (Výška, teplo, zima, vlhko, déšť, vítr, intenzivní světlo, šero, ...)
 - b. Jaká je maximální souhrnná doba vašeho letu během jednoho dne?
 - c. Popište využívané oblečení. (Rukavice, kapsy, ...)
 - d. Popište využívané vybavení. (Batoh, nákoleník, chytré hodinky, ...)
 - e. Diskuse nad umístěním zařízení
 - f. Diskuse nad smyslovou komunikací zařízení a aplikace (akustická nebo haptická nebo vizuální)
 - g. Diskuse nad rozměry zařízení
 - h. Kterou velikost zařízení preferujete? (90x65x30 mm nebo 130x65x20 mm)
 - i. Další funkce navrhovaného zařízení
9. Další funkce navrhovaného zařízení
 - a. Z následujících funkcí vyberte žádoucí, nejpodstatnější a nejméně podstatné pro fyzické zařízení. (GPS logger, variometr, upozornění na kolize, port pro sluchátka, Bluetooth konektivita ke sluchátkům, konektivita s chytrými brýlemi/přilbou, manuální odeslání SOS zprávy, automatické odeslání SOS zprávy, displej, slot pro SD kartu, možnost připevnění k nákoleníku, suchý zip, očko pro zavěšení)
 - b. Komentář k funkcím zařízení.
 - c. Z následujících funkcí vyberte žádoucí, nejpodstatnější a nejméně podstatné pro doprovodnou mobilní aplikaci. (Informace o počasí, radarové snímky srážek, navigace, letecká VFR mapa, standardní mapa, zobrazení jiného provozu na mapě, upozornění na kolize, GPS logger, variometr, Bluetooth konektivita ke sluchátkům, konektivita s chytrými brýlemi/přilbou, manuální odeslání SOS zprávy, možnost propojení s již používanou aplikací EFB)
 - d. Komentář k funkcím aplikace.
 - e. Upřednostníte displej i když to znamená zvýšení ceny?
 - f. Diskuse nad cenou a předplatným.

10. Závěr

- a. Další postřehy a poznámky.
- b. Chcete se zúčastnit příštího testování (prototypu)?

4.2 Výsledky průzkumu

Průzkumu se zúčastnilo celkem 15 osob, rozhovorů bylo provedeno 14, jedno setkání tedy proběhlo s dvojicí respondentů. Zastoupeny byly všechny věkové kategorie od 18 do 70 let. Čtrnáct z patnácti byli muži.

Snaha byla o co největší pestrost pilotních licencí mezi dotazovanými, nejpočetnější skupina (8¹) byli piloti ultralightů, naopak nepodařilo se sehnat piloty bezmotorového závěsného kluzáku nebo balónu. Celkově se vyskytly licence na: kluzáky, motorové letouny, lehké motorové letouny, ultralighty, motorové závěsné kluzáky (MZK), padákové kluzáky (PK), motorové padákové kluzáky (MPK), vírníky a padáky.

Jedna z otázek mířila na oblast letu, z odpovědí lze maximálně vyčíst, že létání na padákových zařízeních není běžné v okolí větších měst, jinak se piloti pohybují prakticky „všude“. Většina je součástí větších celků – LAA nebo jednotlivých aeroklubů. Tato znalost je vhodná pro budoucí rozšíření produktu mezi více uživatelů. Přes tři čtvrtiny respondentů létá ve skupině. Toto je velmi důležité vzít v potaz při návrhu antikolizního upozornění, jelikož nikdo nechce být zaplaven upozorněními na kolegy ve formaci.

Obecná diskuse odhalila velice skromnou výbavu pilotů PK, MPK a ZK co se technologií týče, velká část z nich ani nemá rádio, natož odpovídač. Mnoho pilotů se obecně identifikaci dokonce brání, i ze slov jednoho z respondentů „odpovídač je práškač“ je patrné, že lidé nezřídka provádí lety minimálně na hraně zákona a nechtějí být v takových chvílích sledováni. Toto může být obtížný problém na překonání při propagaci produktu a obecně konceptu U-space. Spoustu pilotů, nehledě na licenci, vidí v požadavcích na zviditelnění mnohdy jen nepříjemnou povinnost, o to podstatnější je nabídnout potenciálním zákazníkům více, než jen produkt splňující legislativní požadavky.

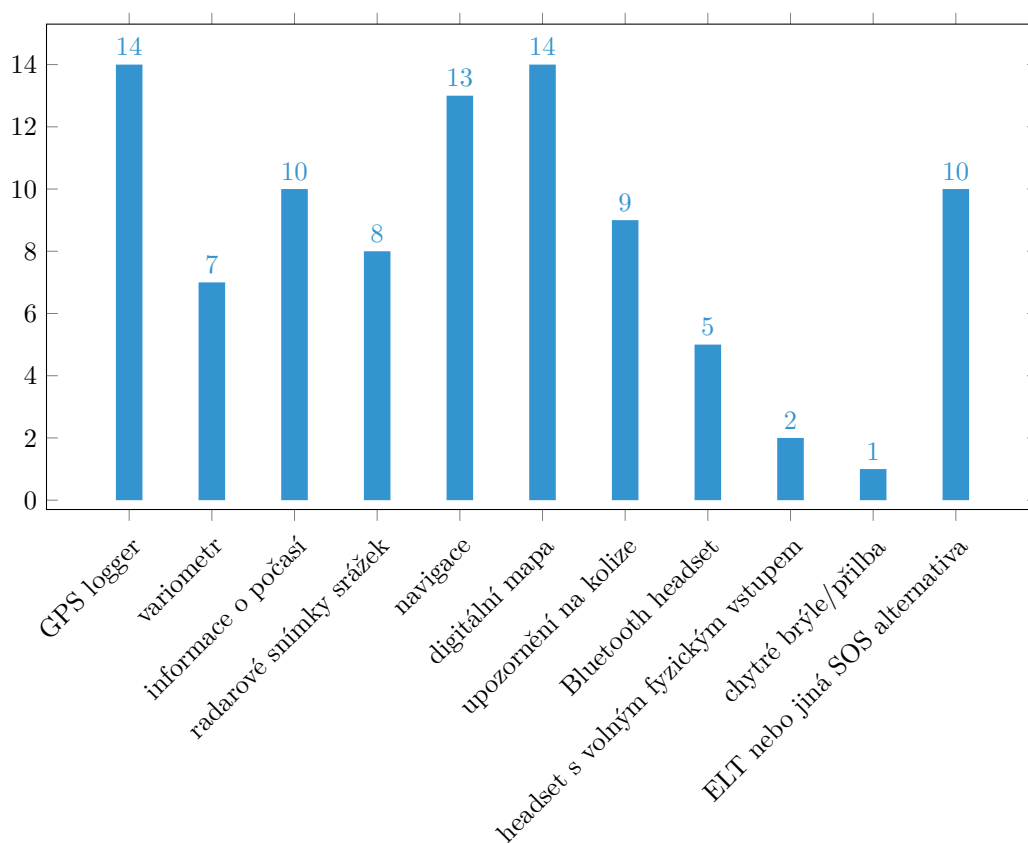
Komunikační oddíl otázek nepřinesl velká překvapení. FLARM je poměrně běžný u pilotů letadel pevné konstrukce, naopak u pilotů PK apod. se objevují spíše drobnější zařízení často bez antikolizního varování. Koordinace/sledování provozu ze země pomocí digitálního nástroje nebylo příliš zmiňované, uplatnilo se především ve dvou případech: sledování přátel při soutěžích a sledování žáků ve výcviku při samostatném letu. Valná většina respondentů využívá nástroj AisView – digitální mapu vzdušných prostorů spravovanou ŘLP, ve které jsou vidět i aktuálně aktivované prostory (např. pro vojenské účely). Velice častý je výskyt použití aplikaci SkyDemon a XCTrack.

Všichni na palubě využívají mobilní telefon, 65 % poté i tablet. Z toho vyplývají dvě skutečnosti: vývoj mobilní aplikace má smysl, telefon je za letu používán a je nutné připravit i verzi pro tablet, jelikož je pak navíc možné rozdělit obrazovku a využívat zároveň aplikaci Pilottag i jinou oblíbenou, např. SkyDemon. Z dalších mobilních aplikací se používají: SafeSky, Windy, Aladin, Databáze letišť, AisView, Mapy.cz, LK8000, ČHMÚ, AeroWeather a další.

Prakticky všichni piloti používají za letu digitální mapy a nějaký typ GNSS letového loggeru, zájem je také o informace o počasí, SOS systémy jako je ELT (Emergency Locator Transmitter) a navigaci, která je většinou součástí zmíněné digitální mapy. Často se spousta těchto funkcí integruje do jednoho zařízení, například aplikace SkyDemon. ELT bývá obvykle výbavou větších (motorových) letadel, naopak paraglidisté a spol. většinou nic takového nemají. Data sesbíraná během interview jsou přehledně na obrázku 4.1.

Několika osobám chybí spolehlivý antikolizní nástroj. Pokud jej někdo nainstalovaný má, setkával se s nepřesným varováním nebo naopak nedostal varování žádné. Je to dáno velkou

¹Většina osob je držiteli více licencí.



■ **Obrázek 4.1** Graf znázorňující používání určitých nástrojů za letu, jak vyplynulo z průzkumu.

roztříštěností identifikačních systému napříč různými druhy letadel. Shoda panovala na tom, že žádný ze současných systému nevaruje před drony, které mohou letoun ohrozit například při nácviu nouzového přistání, kdy se oba provozy pohybují ve stejné výšce.

Přes 70 % respondentů se alespoň obecně orientuje v problematice U-space, avšak jen kolem 20 % celkem ví o povinnosti pilotů vysílat svou polohu. Pravděpodobně je to dáno tím, že průzkum probíhal v době, kdy spousta pilotů zatím neabsolvovala pravidelné jarní školení před začátkem letecké sezóny, kde se podobná témata probírají a zároveň U-space je stále novinkou, která se neustále buduje.

Výskyt konkurenčních zařízení mezi dotazovanými nebyl velký, jednalo se spíše o jednotky – nedominoval žádný produkt s výjimkou mobilních aplikací XCTrack a SafeSky. OGN Tracker se sice objevil vícekrát, avšak v tomto případě nejde o jediné zařízení pod jednou značkou, ale o skupinu různých trackerů klidně i domácí výroby. Zmíněny byly dále produkty: SkyEcho 2, Sentry, PowerFLARM Eagle (mobile), LX Colibri II, LX Nano 3 a LX 9000.

Jako největší záporů konkurence jsou jmenovány: nespolehlivost antikolizních upozornění nebo jejich malý podíl na trhu a proto malé pokrytí, vybíjení baterie (zejména u mobilních aplikací), nepříjemné ovládání (např. pouze jedním tlačítkem), pomalá odezva, interface používající dlouhá gesta prstem, nepodpora systému iOS (v případě XCTrack), složitá instalace a nastavení, připojení některých zařízení přes Wi-Fi, což znemožňuje zároveň použít mobilní hotspot, false positive upozornění na letouny na zemi (SafeSky).

Naopak kladně byly hodnoceny vlastnosti: integrace více zdrojů (nespoléhání na mobilní síť), bezplatnost, kvalitní demoverze, kompatibilita s externími senzory, manuálně upravitelné rozložení displeje (widgety XCTrack), různá barevná schémata pro lepší viditelnost za silného

slunečního svitu, e-ink displej, plug-and-play řešení (SafeSky), předávání informací do jiných aplikací jako jsou EFB, přenositelnost, mechanická odolnost, solární panel a citlivé vario.

Otázky zaměřené na návrh zařízení z větší části potvrdily očekávání. Letadla se pohybují běžně ve výškách kolem 10 000 ft AMSL (zejména kluzáky), motorová rekreační letadla pak nejčastěji kolem 3 000 ft AMSL což např. v okolí Prahy bude kolem 300 m AGL. Padákové kluzáky často létají ještě níže. Lety se provádí jak za dne tak za šera a někdy i v noci. Rozsah teplot v kabině se může pohybovat od -15 °C do až 60 °C při parkování. Letci s otevřenou kabinou létají obvykle do minima -5 °C. Z povětrnostních podmínek není neobvyklé, že by paraglidista neproletěl dešťovou přeháňkou nebo kroupami. Všichni se shodli na tom, že během jednoho dne nenalétají více než 10 hodin, výdrž baterie na tuto dobu s určitou rezervou bude proto dostačující.

Oblečení a vybavení také nepřineslo nic nepředvídatelného. Běžné jsou u otevřených kabin rukavice a to i tlusté, zimní. Parašutisté mají v základu helmu s malým úložným prostorem u ucha pro uskladnění „pípáku“, zařízení, které upozorňuje při dosažení určité výšky na nutnost otevření padáku. Některé helmy jsou vybaveny Bluetooth reproduktorem. U pilotů padákových kluzáků je běžné mít nákolník nebo pultík / flight deck pro odložení vybavení. Nově se objevují magnetické nákolníky, což může být zajímavá metoda připevnění Pilottagu.

Co se týče umístění zařízení, piloti jmenovali prakticky všechny dostupné možnosti. Nejvíce preferovali připevnění na viditelné místo v zorném poli, tedy na přístrojovou desku nebo na palubku a to buď držákem jako na mobilní telefon, suchým zipem nebo do standardizovaného rozměru místo běžného leteckého přístroje. Možné bylo i uložení do kapsy nebo úložného prostoru. Objevil se i zájem o možnost připojení do palubní elektrické sítě pro neustálé dobíjení. Nelze opomenout, že ačkoliv zmíněná umístění připadala v úvahu, minimálně polovina si přeje integraci do EFB aplikace s tím, že by samotné zařízení bylo spíše v kapse apod.

Na otázku ohledně smyslové komunikace dominovaly odpovědi akustická a vizuální, ideálně jejich kombinace. Zvuková signalizace může být při použití sluchátek nepostřehnutelná. Haptika též při vibracích. Mezi rozměry respondenti vybírali mezi variantou 90x65x30 mm (36 %), 130x65x20 mm (43 %) a bez preference (21 %). Padl požadavek na oblé rohy pro případ pádu při parachutingu a vyhmutí se následnému zranění.

Výsledky z požadavků na funkce zařízení a aplikace jsou uvedeny v grafech 4.2 a 4.3. Pro uživatele jsou tedy zcela zásadní funkce flight loggeru, upozornění na kolize, konektivita s Bluetooth sluchátky a různé možnosti uchycení. V aplikaci je třeba upozorňovat na kolizní provoz a zobrazit jej na mapě, zároveň je ale preferované tento provoz rovnou promítat do cizí aplikace. Specificky respondenti požadovali, aby byl logger certifikovaný pro letecké soutěže. Dále byl kladen důraz na jednoduchost celého systému.

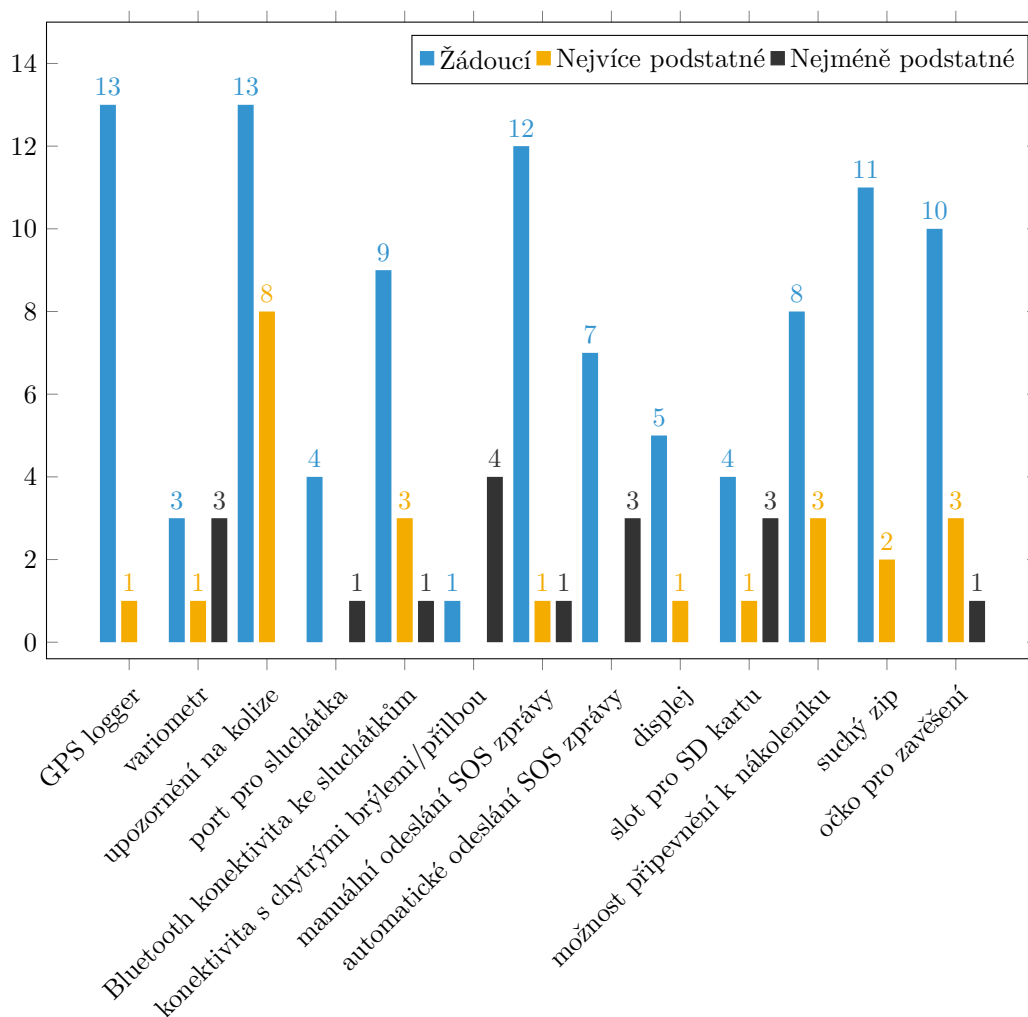
Kolem 60 % dotazovaných raději upřednostní nižší cenu než vybavení přístroje displejem. Větší část pak nemá kladný vztah k předplatnému, pro prémiové funkce preferují dodatečný jednorázový nákup. Předplatné odmítali také s důvodem, že existují případné bezplatné alternativy jako je SafeSky.

Všichni respondenti by se rádi zúčastnili další fáze testování. Někteří dokonce projevíli zájem o spolupráci při výrobě. Další, kompletní data z průzkumu jsou podrobně zaznamenána formou dotazníku, který je součástí přílohy práce.

4.3 Skupiny zákazníků a shrnutí požadavků

Budoucí zákazníky lze na základě průzkumu rozdělit do tří hlavních skupin dle vztahu k využívání technologií na palubě. Pro všechny tři platí, že by mělo vzniknout hardwarové zařízení, které je schopné přijímat a vysílat informace o provozu a k němu doprovodná mobilní aplikace, která dokáže spravovat jeho nastavení.

První skupina si přeje systém co možná nejjednodušší. Chtějí splnit legislativní požadavek na zviditelnění se a antikolizní funkci, která bude přidanou hodnotou, řešit pouze skrz samotné hardwarové zařízení. Nechtějí tedy používat za letu dodatečnou mobilní aplikaci. Pro tyto zákazníky by bylo vhodné integrovat do Pilottagu velmi jednoduchý zobrazovač okolního provozu,



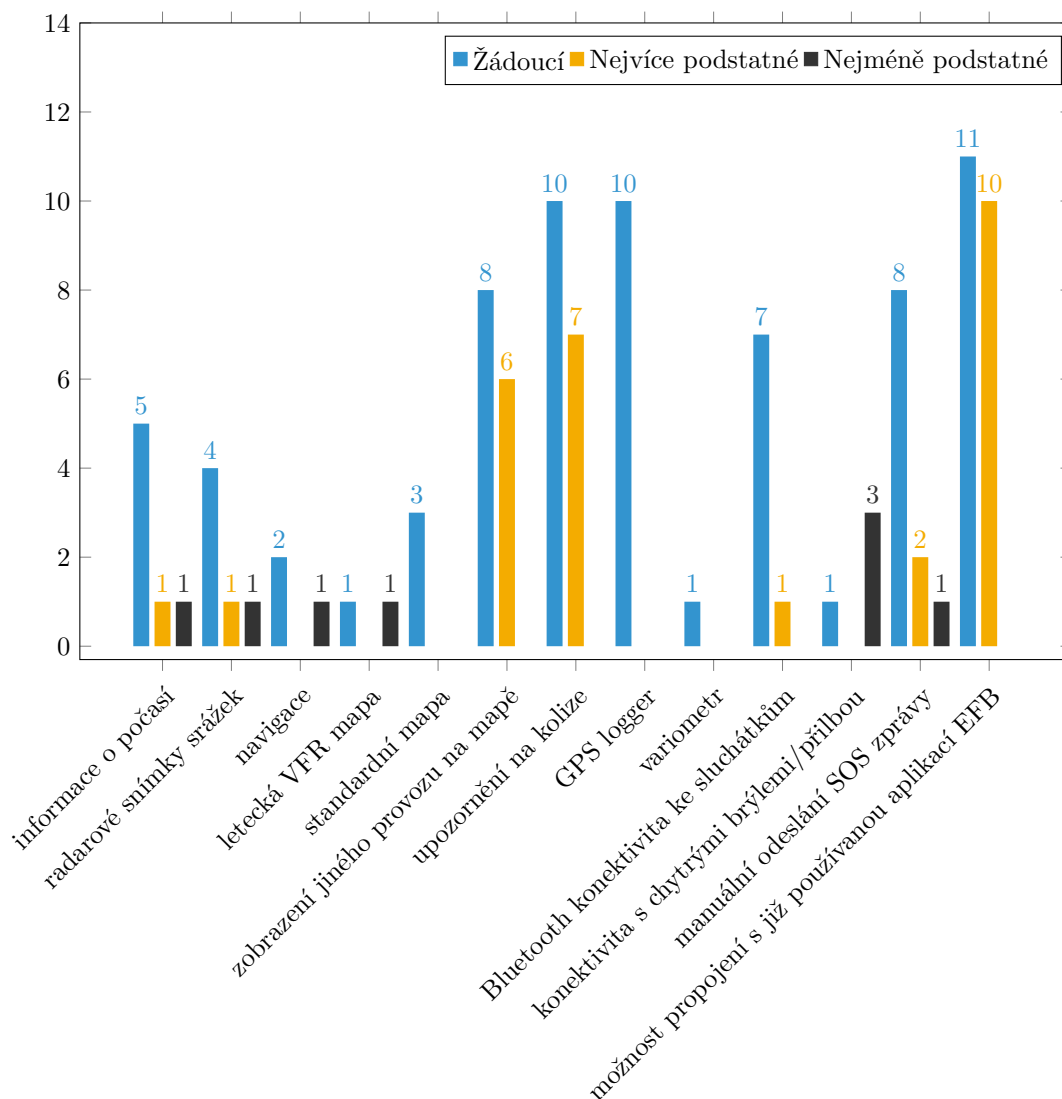
■ **Obrázek 4.2** Graf s požadavky uživatelů na jednotlivé funkce zařízení.

například ve formě zabudovaných LED. Cílovou skupinou mohou být starší piloti nebo ti, co mobilní telefon používají jiným způsobem.

Třetí skupina je na opačném pólu. Chtějí, aby zařízení komunikovalo s jejich oblíbenou EFB aplikací typu SkyDemon nebo EasyVFR, do kterých bude přenášet údaje o provozu. Samotný hardware pak pravděpodobně uklidí do kapsy, či jiného úložného prostoru. Doprovodná mobilní aplikace Pilottag bude pouze občasné spravovat nastavení zařízení. Dle průzkumu se dá očekávat, že tato skupina bude majoritní.

Druhá, prostřední skupina je kompromisem mezi dvěma výše uvedenými. Jedná se o piloty, kteří mají zájem vidět okolní provoz lépe zobrazený na telefonu, ale nepoužívají EFB aplikace. Pro ně bude vhodné vyvinout vlastní mobilní aplikaci, která kolizní letadla přehledně zobrazí na mapě nebo v radarovém pohledu. Jde často o studenty nebo piloty, kteří létají ve známém prostředí.

Ještě lze definovat čtvrtou skupinu, která nebude k identifikaci používat Pilottag zařízení, ale spolehně se pouze na mobilní aplikaci a její mobilní síť. Využívanými funkcemi se vše podobá skupině druhé. Toto řešení mohou využít ti, kteří se v U-space budou vyskytovat jen sporadicky nebo mají zkrátka nízký rozpočet.



■ **Obrázek 4.3** Graf s požadavky uživatelů na jednotlivé funkce aplikace.

Celkově lze prvotní uživatelské požadavky na zařízení a doprovodnou aplikaci stanovit následovně:

■ **Zařízení**

- Splnění legislativních požadavků na zviditelnění – provoz v U-space.
- Funkce flight loggeru s certifikací pro závody.
- Upozornění na kolizní provoz akusticky i vizuálně.
- Možnost připojení k Bluetooth sluchátkům pro audio výstrahy.
- Možnost odeslat tísňovou zprávu manuálně a automaticky, pokud bude technologie spolehlivá.
- Možnost připevnění k nákolníku nebo na okno/palubku – potřeba volné plochy pro přidání suchého zipu nebo podobného úchytného mechanismu.

- Očko pro zavěšení šňůrky jako pojistka pro letadla s otevřenou kabinou.
- Konektivita s EFB aplikacemi.
- Výdrž baterie na alespoň 10 hodin provozu.
- Voděodolnost pro provoz v dešti.
- Schopnost snášet teploty alespoň v rozmezí -15 °C až 60 °C.
- Aplikace
 - Splnění legislativních požadavků na zviditelnění – provoz v U-space.
 - Funkce flight loggeru.
 - Upozornění na kolizní provoz akusticky i vizuálně.
 - Zobrazení okolního provozu na mapě.
 - Možnost připojení k Bluetooth sluchátkům pro audio výstrahy.
 - Možnost odeslat tísňovou zprávu manuálně.
 - Konektivita s EFB aplikacemi.

Ekosystém Pilottag

Aby bylo možné přejít do kapitoly o samotném návrhu, je potřeba určit základní funkce zařízení a jak bude probíhat komunikace s ním. Že bude vysílat polohu letadel je jasné již z názvu celého projektu. Dále se přidá funkce přijímání signálu a s tím i informování o okolním provozu, využije se SRD860 a mobilní síť na výměnu dat přes ADS-L. K fyzickému zařízení bude vytvořena doprovodná mobilní aplikace, pomocí které jej bude možné konfigurovat. Jak bylo uvedeno v průzkumu, nejlépe vycházely čtyři konfigurace:

1. Samotné fyzické zařízení, na němž lze využít funkci detekce okolního provozu. Aplikace Pilottag se používá pouze ke konfiguraci.
2. Fyzické zařízení propojené s mobilní aplikací Pilottag. V telefonu se zobrazuje okolní provoz, zařízení je uklizené a s pilotem aktivně neinteraguje.
3. Fyzické zařízení propojené s EFB aplikací třetí strany, která okolní provoz sama zobrazí. Zařízení je uklizené, aplikace Pilottag se používá pouze ke konfiguraci.
4. Uživatel nemá fyzické zařízení, veškerý přenos dat probíhá pouze za použití mobilního aplikace.

Pro první variantu je nutné do zařízení integrovat jednoduchý zobrazovač provozu, tomuto tématu se více věnuje kapitola 6.4. Zobrazovač se bude skládat z několika diod, které ve směrové ruzici určí kurz kolizního provozu. Displej nebude integrován z důvodu vyšší ceny komponenty a především náročnější implementace.

Ve druhé variantě je nutné navrhnout vlastní aplikaci, která funkci zobrazení provozu převzme. V současnosti se pro stejný účel využívá stále populárnější aplikace SafeSky, která i umí integrovat zařízení třetích stran (překrývá se s třetí variantou níže). Po nezávazné diskusi se zakladatelem společnosti je možné v budoucnu navázat spolupráci a detailní zobrazování provozu přenechat právě této aplikaci, jelikož vlastní vývoj propracované aplikace se všemi funkcemi varování na okolní provoz by byl náročný. Vlastní aplikace bude vyvinuta, ale obsáhne pouze nastavení zařízení a základní zobrazovač provozu.

Třetí varianta počítá s přímou komunikací Pilottag zařízení s cizí aplikací. Standardem pro tuto komunikaci je přenos přes protokol UDP za použití rozhraní GDL 90, tento přenos probíhá nejčastěji přes Wi-Fi. Ke zprovoznění stačí přes tento protokol vysílat data na předem stanoveném portu, obvykle 4000. Žádná další konfigurace není nutná, EFB aplikace by provoz měly samy přijmout.

Existuje ještě rozšíření třetí varianty – zobrazit provoz ne v EFB aplikaci, ale na integrovaném leteckém displeji. Dnes jsou jimi letadla vybavena čím dál častěji, ty nejnovější naopak analogové zobrazovače téměř nevyužívají a vzniká tzv. glass cockpit. Displeje umí zobrazit parametry letu

jako rychlost, výšku, umělý horizont, ..., ale také navigaci včetně provozu. Pravděpodobně nejrozšířenějším výrobcem leteckých displejů je Garmin. Ten však možnost přenášet data přes Wi-Fi nenabízí, jediná cesta je přes přímé kabelové spojení. Pro tento případ by bylo pravděpodobně nejlepší vyvinout malý bezdrátový adaptér, který lze fyzicky připojit do displeje a přes Wi-Fi komunikuje s Pilottagem (podobně jako SkyEcho a AV-30 displej na obrázku 3.2). Tato možnost by však vyžadovala výrobu dalšího hardwaru, což by spadalo až do pozdějších fází projektu a není proto v této práci více rozebírána.

Čtvrtá varianta, pouze použití mobilního telefonu má opět velice blízko ke konkurenci SafeSky, u které se dá očekávat, že protokol ADS-L v blízké budoucnosti využijí. Ambicí společnosti Dronetag je takové řešení nabídnout také, ale až v některé z dalších fází ekosystému Pilottag.

5.1 Navrhované funkce

Základní parametry platí tak, jak byly stanoveny na začátku projektu (sekce 2.3.1).

Kromě výše vypsání je navrženo do zařízení integrovat SOS funkci, která po stisku nouzového tlačítka vyšle zprávu o pomoc, a to protože spousta menších letadel žádnou záchrannou funkcí vybavena není. Primárně by zpráva mířila k nouzovým kontaktům, které uživatel nastaví v Pilottag mobilní aplikaci. Obsahovala by informace o původu zprávy, polohu získanou z GNSS modulu, čas odeslání zprávy, jméno pilota, typ letounu a případně další volitelné informace. Pokud by se pilotova poloha měnila, systém by po dvou minutách odeslal znovu tu aktuální. Dle technické náročnosti je nutné zvolit, zda se zpráva též odešle složkám záchranného systému, v takovém případě by zasílané informace navíc obsahovaly datum narození a volitelné informace o zdravotním stavu. Pokud zařízení detekuje silný náraz, bude zpráva odeslána také. SOS tlačítko bude dostupné i v mobilní aplikaci.

Zařízení bude umět logovat let pro vedení elektronického letového deníku, se zaznamenáním přesné trasy, průběžné rychlosti a výšky. Součástí každého logu by mělo být datum a čas vždy s polohou vzletu a přistání s automatickou inferencí nejbližšího letiště, avšak s možností záznam editovat/opravit. Dále je běžné zaznamenávat dobu samotného letu, počet přistání, typ letounu, poznávací značku, jméno velícího pilota (PIC – Pilot In Command). Někteří též rozlišují čas letu na dobu pojíždění a dobu ve vzduchu, také lze rozlišit čas pilota strávený v pozici PIC, kopilota, instruktora a ve dvojím řízení. Pro lepší uchycení na trhu by bylo ideální certifikovat logger pro použití na závodech. Začátek/konec letu bude zaznamenán okamžikem stisknutí příslušného tlačítka uživatelem nebo automaticky v závislosti na pohybech letadla. Mobilní aplikace bude schopna zaznamenat data ze zařízení přenést, přehledně je zobrazit. Aplikace bude umět fungovat též plně autonomně, tedy zaznamenávat data s využitím vlastních hardwarových komponent telefonu bez pomoci externího zařízení. Aby bylo možné používat Pilottag v organizacích, například leteckých školách, bude třeba po individuální domluvě napárovat automatický export logů letů do systémů použitých organizací.

Co se týče zvukových projevů, bude do Pilottagu zabudován pouze zvukový modul umožňující akustickou výstrahu pískáním. Nejde o reproduktor, který přehraje libovolnou hlasovou zprávu, opět z důvodu vyšší náročnosti na implementaci. Zvuk bude využit pro upozornění na provoz, na spuštění SOS funkce, na spuštění zařízení, na slabou baterii apod. Kromě toho bude možné připojit zařízení i aplikaci k Bluetooth sluchátkům, kde už je možné přehrát sofistikovanější upozornění jako je přesný popis kolizního provozu (například „*Drone, Two O’Clock, Below: Two Hundred Feet, Distance: One Mile*“). Samotná mobilní aplikace bude též schopna tyto zvuky zprostředkovat přes reproduktor telefonu. Funkce akustického variometru bude přidána pouze při dostatečně přesné detekci změny vertikální rychlosti, tato funkce není prioritní.

Vzhledem k poměrně velkému množství funkcí v malém zařízení je třeba připravit kvalitní testovací režim, aby uživatelé mohli funkci na zemi v klidu vyzkoušet. Zejména jde o test SOS režimu a seznámení se s fungováním upozornění na okolní provoz.

Design fyzického zařízení

V této kapitole je popsán návrh na vzhled šasi zařízení. Jsou rozebrány tvar, materiály a způsoby ovládání a interakce. Nejprve jsou definovány jednotlivé parametry a v závěru kapitoly je představen první prototyp krabičky.

V průběhu vytváření práce byla autorem navštívena jedna z největších leteckých výstav v Evropě – Aero Expo Friedrichshafen. Zde byla získávána inspirace pro návrh produktu, ale také zkoumána možnost integrace s produkty jiných výrobců. Dále byla studována rozložení kokpitů pro lepší představu o množství volného prostoru v kabinách různých typů letadel.

6.1 Tvar a materiály

Obecný tvar krabičky je dopředu poměrně daný. Pro co nejjednodušší výrobu a sestavení je vhodný kvádr o dříve stanovených přibližných rozměrech š: 90 h: 65 v: 30 mm, což dává objem kolem 175 cm³. Uživatelský průzkum neprokázal, že by piloti preferovali jednu ze dvou podobných variant co se do objemu týče – ani plošší (130x65x20 mm) nebo naopak vyšší variantu (90x65x30 mm). Z tohoto důvodu se budou přesné míry odvíjet od hardwarového návrhu interních komponent.

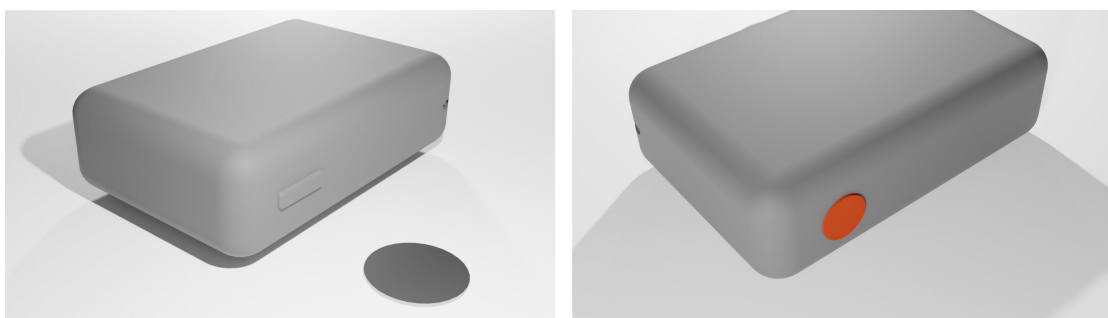
Z porovnání série fotografií s rozložením přístrojových desek v kokpitech vychází vyšší varianta jako mírně výhodnější, jelikož některé kokpity jsou avionikou velmi zaplněné a je proto nutné hledat co nejmenší základnu zařízení.

Kvádr by měl mít zaoblené rohy, a to zejména ze dvou důvodů. Zaprvé může ostrý roh způsobit poranění, pokud má uživatel zařízení v kapse, např. na zádech, a jednoduše upadne. To sice na první přechtení nezní jako nejčastější případ, avšak po diskusi s paraglidisty a parašutisty může mnohdy docházet k tvrdšímu přistání vyústujícím v pád. Druhým důvodem je menší riziko zadrhnutí, obvykle o provaz/lano padáku, což byl také podnět respondenta v průzkumu. Příklad zamýšleného tvaru je zobrazen na obrázku 6.1.

Ideálním řešením pro letadla s uzavřenou kabinou by bylo poskytovat zařízení ve tvaru standardizovaných, kulatých výřezů pro přístroje ve velikostech 57 mm nebo 80 mm. Jelikož je však snaha vytvořit přenosné zařízení, které nemusí být nutně instalováno do přístrojové desky, bude univerzální tvar vhodnější. Je ale vhodné zvážit integraci s displeji jiných výrobců, například pro zobrazení provozu.

Již v předběžných parametrech byl USB-C konektor stanoven jako prioritní pro napájení zařízení. Tento přístup je optimální kvůli rozšířenosti konektoru a jednoduchému, oboustrannému použití. Také s ním lze snadno docílit vodotěsnosti.

Není předmětem práce rozebrat konkrétní materiály, které se při výrobě krabičky použijí. Je ale jasné, že se bude jednat o pevný plast, který plní funkci dostatečné ochrany, ale je také



■ **Obrázek 6.1** Modelovaný návrh na tvar šasi o proporcích 90x65x30 zobrazený v porovnání s velikostí pětikoruny. Na levém obrázku je na (pravém) boku viditelné zapínací tlačítko a očko pro uchycení. Na pravém obrázku je zobrazeno SOS tlačítko (levý bok).

lehký. V úvahu přichází celá řada typů, například polyamid (po konzultaci s vedoucím práce se jako vhodný pro 3D tisk jeví PA12, který má vysokou teplotní odolnost), polykarbonát, akrylonitrilbutadienstyren (ABS) nebo polyethyltereftalát (PET).

K vyhotovení z pevného plastu by bylo vhodné přidat také protiskluzové pogumování, které bude lépe držet v ruce i na podložce. Inspirací k takovému povrchu je satelitní komunikátor Garmin inReach® Mini 2 (obr. 6.2). Na plochách určených pro přichycení například suchým zipem musí zůstat pevný povrch.



■ **Obrázek 6.2** Zařízení Garmin inReach® Mini 2 a jeho pogumovaný povrch pro snadný úchop, má také integrované očko. Získáno z <https://www.garmin.com/cs-CZ/p/765374/pn/010-02602-02>

Jedna z cest k výrobě krabičky je zakázkový 3D tisk. Tento přístup má výhodu v plném přizpůsobení tvarů na míru potřebám produktu. Druhou možností jsou prefabrikované plastové krabičky dodané zahraničními partnery. Po první průzkumu trhu bylo identifikováno několik potenciálně vhodných přípravků. Nejzajímavější se jeví voděodolný *IP67 Handheld plastic enclosure – WH series* [63] (obr. 6.3) od japonské firmy Takachi. Nabízí několik velikostí, nejmenší v rozměrech 126x79x20 mm. Má pogumované boky pro snadné držení a lze z výroby žádat o zakázkovou úpravu co se výřezů a potisku týče. K dispozici je i několik barevných variant. Tento produkt v současnosti využívá například identifikační zařízení pro drony Unifly BLIP. V nabídce společnosti lze ale nalézt více krabiček. *Handheld case with silicone cover – LCS series* [64] (obr.

6.3) má tělo velké 120x74x24 mm a k tomu je dodáván ochranný a protiskluzový silikonový obal. I takový způsob pogumování může být vhodný – nasadí jej jen ti, kteří jej opravdu chtějí a využijí – pro přimontování na přístrojovou desku není pogumování nutné. Třetí možností je *handheld case with shock-proof cover – LCT series* [65] s robustní gumovou ochranou o celkových rozměrech 122x76x28 mm. Všechny tři zmíněné produkty jsou vyrobeny z materiálu ABS. Zde uvedený seznam samozřejmě není vyčerpávající, mezi podobné nalezené produkty patří: *ABS Plastic Hand Held Enclosures 1553 Series* [66] od Hammond Manufacturing, *VM-24 Handheld Plastic Enclosure* [67] od Polycase nebo *Handheld Plastic Box* [68] od KeLaiMei.



■ **Obrázek 6.3** Výrobky společnosti Takachi. Vlevo WH series [63], vpravo LCS series [64].

6.2 Umístění a uchycení

Pro komfortní používání je dobré umožnit pilotům instalovat zařízení na co nejširší možné spektrum míst, od čelního skla, přes přístrojovou desku anebo přístrojový pultík (flight deck) po popruh padáku nebo připevnění k nákoleníku. Jako primární byla zvolena orientace na výšku, která pasuje do většiny míst, avšak pro větší versatilitu bude umožněno i postavení na šířku.

Konkurence SkyEcho a Sentry řeší přichycení například systémem RAM® Twist-Lock s přísavkou na sklo pro rychlé a pevné uchycení. Tento mechanismus pak k samotnému zařízení připevňují standardním 1/4" foto šroubem. Podobné řešení se zdá být vhodné i pro Pilottag. Samostatnou otočnou přísavku se šroubem lze pořídit velice levně. Fotografický závit umožňuje mnoho možností na připojení doplňků třetích stran.

Kromě toho je ale třeba počítat s upevněním na přístrojovou desku, či na stěny letadla, kde přísavka nemusí být použitelná kvůli nehladkému povrchu nebo kvůli jejím velkým rozměrům. Ačkoliv jsou podle zde zmíněného návrhu hrany zaoblené, pro toto užití by měla zůstat velká část každé hrany a zadní strany rovná/plochá pro možnost přichycení klasickým suchým zipem, pevnějším 3M suchým zipem Dual-Lock nebo jen silnou oboustrannou lepící páskou.

Zejména pro otevřená letadla může přijít vhod připevnění k části lidského těla, jak nabízí například XC Tracer. Již dnes jsou mezi značnou částí pilotů oblíbené nákoleníky, které mají na svrchní části pevnou plochu například pro přicvaknutí navigačního štítku a jejich popruh se omotá kolem nohy pro zajištění před pádem a posuvem. Takový elastický popruh by mohl být součástí doplňkového prodeje. Popruh lze k zařízení přišroubovat, pokud bude mít pevnou část kompatibilní se zmíněným 1/4" závitem. Lze také využít existující řešení nákoleníku, například od české firmy DreamPilot pomocí podobného uchycení, které známe z automobilů pro držení telefonů (na obr. 6.4 vlevo) nebo za použití magnetů (na obr. 6.4 vpravo). Není doporučeno integrovat magnety do vlastního zařízení, jelikož by mohly interferovat s dalším vybavením kokpitu

jako je kompas. Někteří by mohli podobný princip využít k připevnění k ruce nebo dlani, to však budou minimální počty zákazníků.



■ **Obrázek 6.4** Nákoleníky DreamPilot. Vlevo nastavitelný pro telefony a tablety, vpravo magnetický pro všechna zařízení – magnetické podložky jsou dodány s produktem. Získáno z <https://pilotkneeboard.com/cs/?shpxid=96d346ae-1059-42e3-8358-f92aaae18a0d>

Krabička by měla obsahovat záchytné očko pro zavěšení šňůrky jako pojistku proti upuštění/odlétnutí. Jedná se o důležitý požadavek pilotů motorových padákových a závěsných kluzáků, jelikož hrozí kolize předmětu s listy vrtule, což by mohlo mít fatální následky. Zároveň nikdo nechce upustit 150 gramovou krabičku z výšky přes sto metrů na zem. Nejvhodnější by bylo umístit do plastového krytu kovové očko jak je ilustrováno na obrázku 6.5. Kov by byl spolehlivou a robustní variantou, pokud bude třeba zjednodušit výrobu, postačí plastový výlis na hraně nebo v rohu šasi, je však třeba zaručit dostatečnou pevnost a tedy tloušťku plastu.



■ **Obrázek 6.5** Kovové očko na pouzdru sluchátek Apple AirPods, které pravděpodobně slouží i jako anténa. Získáno z <https://www.apple.com/cz/newsroom/2022/09/apple-announces-the-next-generation-of-airpods-pro/>

6.3 Interakce s člověkem

Snaha je vytvořit zařízení, které bude velice jednoduché na ovládání, ale zároveň aby uživateli předalo dostatek informací tak, aby byly vždy jednoznačné. Zároveň musí být snadné a levné na výrobu, aby i koncová cena mohla být co nepříznivější. Je zde proto tvořen určitý kompromis. Jedním z takových kompromisů je upřednostnění LED pro zobrazení informací namísto displeje, který sice dokáže být přehlednější, ale zato také výrazně dražší a složitější na implementaci.

6.3.1 Tlačítka

Základní otázkou je, jak se bude zařízení ovládat. Konfigurace byla přenechána kompletně mobilní aplikaci. S tímto přístupem budou dostačovat dvě tlačítka – jedno hlavní na zapnutí a vypnutí, druhé na vyslání SOS signálu. Obě tlačítka musí být dostatečně pevná a robustní, aby je nebylo možné stisknout příliš lehce – omylem. Zároveň musí předávat dostatečně silnou a slyšitelnou zpětnou vazbu pro rozpoznání úspěšného stisku.

Zvolena byla tlačítka namísto přepínačů díky několika jejich výhodám: lze snáze dosáhnout vodotěsnosti, například potažením gumou, při správně nastavené síle stisku mají podobnou pravděpodobnost na omylné zmačknutí nebo ještě menší, lze je využít pro více funkcí při použití různých gest/sekvencí.

Tlačítka budou umístěna na bočních, delších plochách zařízení, každé z jiné strany, aby nedošlo k mýlce při nahmatávání. Navíc nebudou ležet přímo naproti sobě, bude mezi nimi vertikální odstup, opět pro snazší odlišení. Jelikož pilot, pokud má na výběr, sedí vždy vlevo a většina populace jsou praváci, je umístění SOS tlačítka plánováno též vlevo – na levé hraně, kde je intuitivně příjemnější stisknutí tlačítka silným palcem. On/off tlačítko bude naopak na pravé straně, což je vidět i na obrázku 6.1.

Nouzové tlačítko bude mít kulatý tvar a výrazné červené zbarvení s nápisem SOS. Pro spuštění funkce SOS bude nutné třikrát po sobě tlačítko stisknout. Tím se zabrání omylu, zároveň je ale trojí stisk dostatečně snadné a rychlé gesto pro stresové situace. Uživatelé jsou na podobné chování zvyklí z mobilních telefonů, kde je ke spuštění většinou potřeba pět stisků. Po třech stisknutích se rozezná zvukový signál odpočítávající deset sekund, po tuto dobu bude mít pilot možnost SOS zprávu ještě zrušit opětovným gestem tří stisků. Po uplynutí doby bude zpráva odeslána. Na odeslání i zrušení se bude vázat akustická odezva. SOS tlačítko bude aktivní pouze při spuštěném zařízení.

Vypínací tlačítko bude mít podlouhlý tvar, který pro tento účel známe opět z mobilních telefonů. Pro spuštění/vypnutí přístroje je plánované delší podržení, podobně jako nyní u Dronetagu Mini. Se spuštěním zařízení se zapne vysílání polohy, tedy přenos bude probíhat ještě na zemi. Následovat bude dvojice krátkých stisknutí, tedy dvojklik, které označí začátek letu. To je vhodné pro piloty, kteří budou pomocí zařízení zaznamenávat průběh svého letu. Dalším dvojklikem se let ukončí. Jedno krátké stisknutí je rezervováno pro vyvolání režimu ztišení. Jelikož zařízení bude pískáním upozorňovat na blížký provoz, je třeba přidat funkci mute (ztišení) pro případy, kdy pilot letí ve skupině nebo na okruhu letiště a nechce být neustále zahlcován varovnými zvuky. Režim mute bude po zapnutí indikován diodou, vydrží aktivní pět minut a poté se sám vypne, pokud ho uživatel nezruší manuálně sám, opět jedním krátkým stiskem hlavního tlačítka. Pětiminutový interval bude změnitelný v mobilní aplikaci, včetně kompletní deaktivace. Krátké zmačknutí vypínacího tlačítka při vypnutém zařízení způsobí zobrazení stavu nabití baterie a zvolenou orientaci na výšku nebo na šířku.

Výše popsaná varianta je vhodná, pokud bude technicky možné při výrobě docílit pevného tlačítka, které vyžaduje silný stisk. Jestliže nelze tohoto cíle dosáhnout, hrozí množství nechtěných stisků a lze přejít k alternativě zapínání/vypínání pomocí gesta „stisknout, pustit, podržet“, které je běžné například u dronů DJI a pro spuštění/ukončení letu poté dlouhé podržení. Všechny akce bude opět doprovázet zvuková signalizace.

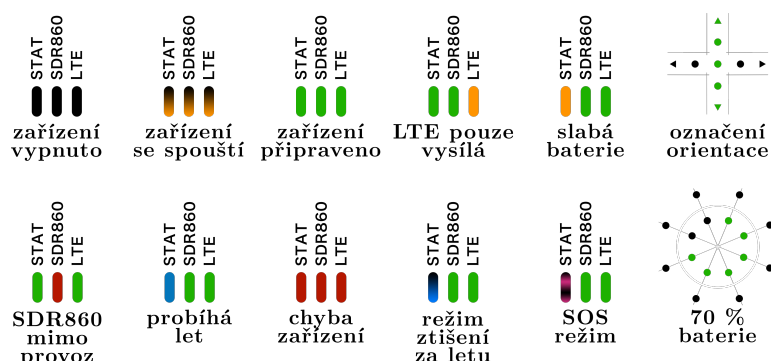
6.3.2 Diody

Stavové diody budou hrát ústřední roli v informování uživatele o fungování zařízení. Mimo diody bude kompletní stav dohledatelný v mobilní aplikaci, která zároveň zašle upozornění v případě výskytu chyby při provozu Pilottagu.

Počet stavových diod byl stanoven na tři. První znázorňující stav zařízení jako kompletu, včetně indikace aktivního letu a SOS režimu. Další dvě ikony budou sloužit k informování o funkcionalitě vysílání, zvláště SRD860 a LTE. Kromě stavových LED dopomohou také diody využitě k zobrazení okolního provozu více popsané v podkapitole níže.

Při zapnutí zařízení se nejprve krátce všechny LED rozsvítí, aby mohl pilot zkontrolovat jejich funkcionalitu. Jde o běžný postup v letectví. Následně bude zelenou přímkou indikována orientace zařízení pomocí diod na zobrazovači relativní výšky. Zároveň se na vnitřní růžici zobrazí stav baterie jako na hodinách. Tyto informace se zobrazí i při krátkém stisku hlavního tlačítka při vypnutém zařízení. Při updatu firmwaru se na růžici objeví animace připodobňující točící se kolečko. Vybrané konkrétní situace jsou zaneseny v návrhu na obrázku 6.6. Chyba zařízení

zahrnuje poruchu interních komponent i výpadek GNSS signálu. Tento výpadek bude naznačen i červeným zbarvením vnitřní směrové kružnice.



■ **Obrázek 6.6** Stavové LED zařízení Pilottag. Dvoudílný gradient do černé značí pozvolné blikání, čtyřdílný gradient značí rychlé výrazné blikání.

Pro zachování dostatečného jasů na slunci, a naopak neoslňování při nočním letu je vhodné do hardwarového návrhu zakomponovat senzor okolního osvětlení. Lze jej případně nahradit automatickým stmíváním dle času, avšak tento přístup nebude vždy spolehlivý například při rozsvícení světla v kabině nebo při letu za dne s hustou zatmívající oblačností. Jas však půjde vždy nakonfigurovat v mobilní aplikaci.

6.4 Zobrazení okolního provozu na zařízení

Jak bylo zmíněno v předchozí podkapitole, namísto displeje byly na zobrazení okolního provozu vybrány jednoduché LED. Pro odhalení kolizního letadla a navázání vizuálního kontaktu je třeba znát především směr ode mne a výšku oproti mně. Až jako sekundární informace byla po konzultaci s piloty vyhodnocena vzdálenost ode mne. Zobrazovač bude mít tvar směrové růžice plus ukazatele výšky. Inspirace byla čerpána z existujících řešení: lxnnav FlarmLED+, LX Navigation LED Display a Aboba Flarm Display V3+M, všechny na obr. 6.7.

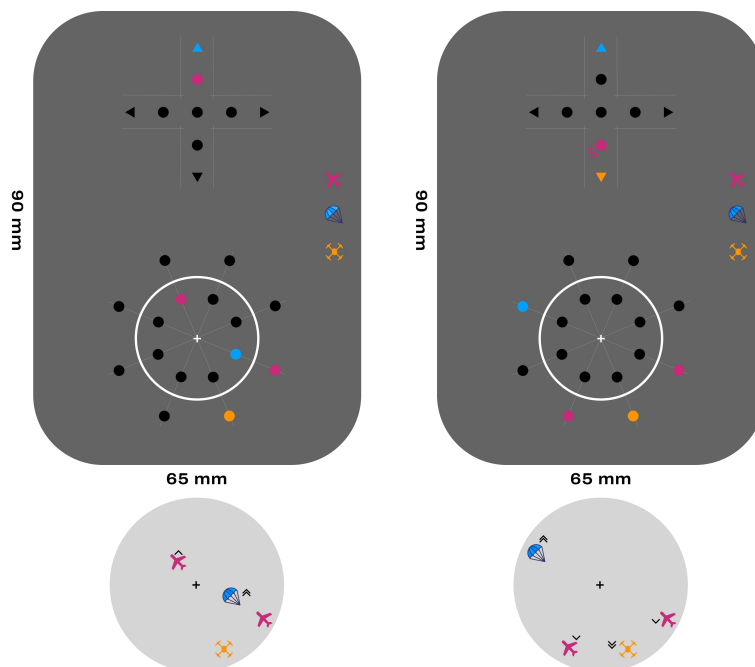
Tyto systémy pracují s jednoduchou růžicí, kde vzdálenost je u některých ilustrována změnou barvy – oranžová pro vzdálenější a červená pro blízká letadla. Přidána může být i dvojice sedmissegmentových displejů pro vypsání číselné vzdálenosti nejbližšího provozu. Tato řešení jsou velmi jednoduchá a přehledná, na druhou stranu neposkytují příliš mnoho informací při souběžném výskytu více kolizních letadel.



■ **Obrázek 6.7** Lxnnav FlarmLED+ na vlevo, LX Navigation LED Display uprostřed, Aboba Flarm Display V3+M vpravo. Získáno jednotlivě z <https://gliding.lxnnav.com/products/flarmled-plus/>, <https://www.lxnavigation.com/aviation/powerflarm/led-display/>, <https://swiss-bat.ch/FLARM-Display-and-equipment/FLARM-Display-V3-M-Motor/>

Pro navýšení předávaných informací počítá návrh celkem s 25 LED, z čehož 16 zabírají dvě soustředné kružnice po 8 diodách. Dvě kružnice znázorňují vzdálenost ostatních od vlastního

letadla. Zbýlých 9 diod padne na zobrazení relativní výšky okolního provozu tak, aby bylo možné data snadno interpretovat z vertikální i horizontální polohy. Základní návrh je k prohlédnutí na obrázku 6.8, detailní popis následuje.



■ **Obrázek 6.8** Návrh na zobrazení okolního provozu na zařízení. Pod návrhem je radarové zobrazení pro vizualizaci situace. Ikony převzaty pod licencí Flaticon z <https://flaticon.com>, autor: Freepik.

Návrh rozlišuje se tři druhy provozu, letouny, padákové systémy včetně padákových a závěsných kluzáků a nakonec drony. Barvy byly vybrány pro jejich dobrou čitelnost, zároveň nematou uživatele jiným významem, jak by mohla zelená, či červená. Na zařízení bude vytištěna barevná legenda, aby byl ihned dohledatelný smysl barvy. Pokud nebude znám druh provozu, bude se zobrazovat ten největší, tedy letoun.

V případě, že se nějaký provoz vyskytne v těsné blízkosti, tedy ve vnitřní kružnici, zobrazí se relativní výška pouze těchto nejbližších letadel (obr. 6.8 vlevo). V opačném případě se zobrazí výška vzdálenějších letadel (obr. 6.8 vpravo). Pokud je více letadel ve stejné výšce, dioda bude blikat, jak je znázorněno třemi čárkami.

Rozložení diod v řůžici vycházelo z teorie, že LED umístěná přímo rovně na 360° by mohla intuitivně vést pilota k tomu, aby kolizní letadlo hledal vždy přímo před sebou namísto mírného reálného vychýlení. Natočení o 22,5° tento problém eliminuje. Tato myšlenka byla konzultována a potvrzena po diskusi s dalšími piloty. Pro vedení oka byly přidány tenké linie spojující vnější a vnitřní diody. Naopak mezi nimi bude tučná natištěná kružnice oddělující diody, aby pomohla oku rozlišit jednotlivá světélka ve třesoucím se letadle. Vzdálenost, kterou představuje rozdíl mezi umístěním letadla do vnější nebo vnitřní kružnice bude možné nastavit v mobilní aplikaci. Ze základu by byl vhodný předěl na 1 námořní míli, který při rychlosti 100 uzlů odpovídá cca 35 sekundám do střetu, což je obdobný čas jako v systémech TCAS. Ve vzdálenější kružnici by se zobrazily letadla v okruhu mezi 1 a 5 NM.

Zobrazovač relativní výšky bude částečně kopírovat současná zdařilá řešení. Rozliší současnou výšku vlastního letadla a dále dvě možnosti na každou stranu vertikálně. Některé systémy nastavují hranici mezi nimi dle úhlu výhledu z kabiny (7° a 14° na obr. 6.7 vpravo). Návrh v této práci se kloní spíše k absolutní hranici na stopy/metry, přesnou hodnotu si uživatel bude moci nastavit v mobilní aplikaci. Ze základu je plánováno zobrazení letadel vertikálně vzdálených do

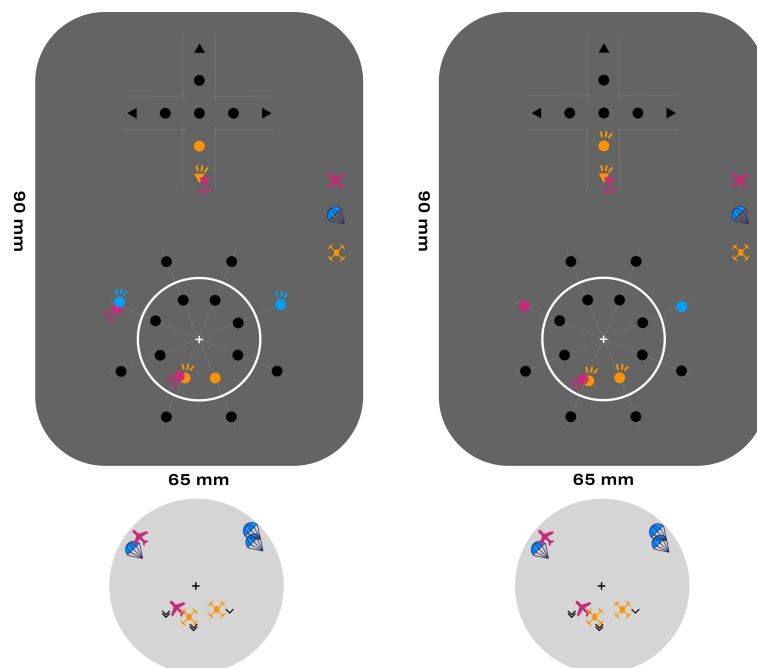
poloměru 3000 ft, ta bližší poté do 1000 ft vertikálně, a nakonec pro úroveň stejné výšky bylo určeno 100 ft. Pro vedení očí budou opět přidány tenké linie, které se mírně překlíží pro ujasnění používaných diod ve zvolené orientaci.

6.4.1 Situace s více překrývajícími se provozu

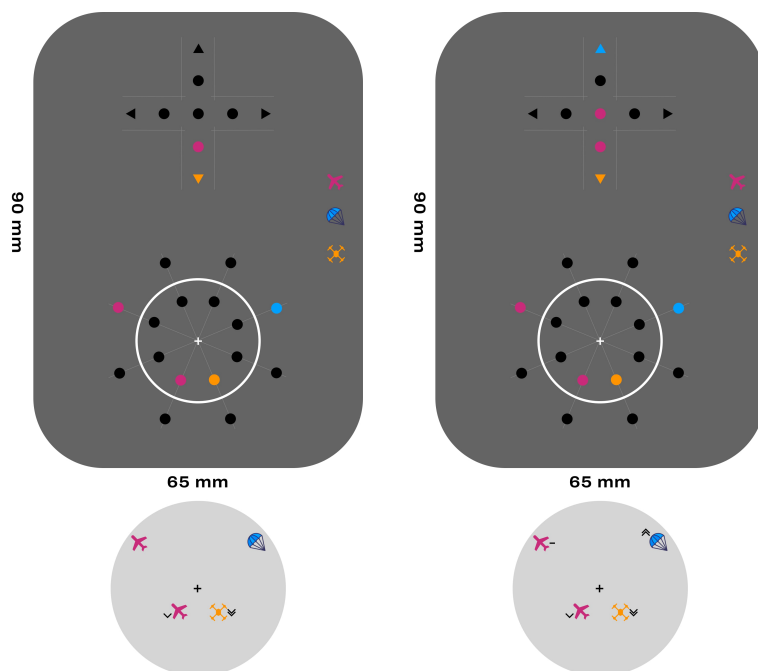
Pro vyřešení situace, kdy se ve stejném směru nebo výšce vyskytne více provozů byl třeba vymyslet nový způsob znázornění. Jako nejrelevantnější se zdá blikání diod, avšak v ten moment se zařízení může stát méně přehledné. Proto byl speciálně pro tento případ vytvořen dotazník (celý součástí přílohy), ve kterém respondent porovnává možné varianty.

První porovnání se zabývá blikáním. Blikat mohou buď všechny sektory (obr. 6.9 vlevo), kde je více provozů, nebo všechny provozu v blízkosti (obr. 6.9 vpravo). Levá varianta poskytuje více informací, různými barvami problikávají různé typy provozů, pilot si lépe představí celou situaci kolem něj, naopak je ale rozptylován častým blikáním. Pravá varianta alokuje blikání pouze na blízký provoz aby tím byl pilot upozorněn, ale některé informace budou ztraceny, což je pozorovatelné například na obrázku 6.9 vpravo u letounu na desáté hodině, který potlačí padák ve stejném sektoru (priorita je zde od největšího provozu). Pravou variantu, blikání jen blízkých letadel, preferuje více než 72 % respondentů.

Druhé porovnání se zaměřuje na ukazatel relativní výšky. Uživatel vybíral, zda zobrazovat pouze blízký (nebo jen vzdálený) provoz je ilustrováno na obrázku 6.10 vlevo, stejně tak bylo již popsáno dříve a ukázáno na obrázku 6.8. Nebo se na výškovém zobrazovací rozsvítí kompletně všechny provoz (obr. 6.10 vpravo), což dodá více informací, ale může vzniknout zmatečná situace. Také přes 72 % hlasujících vybralo tentokrát levou možnost – zobrazení jen blízkých letadel.



■ **Obrázek 6.9** Porovnání návrhů: blikání všeho vícečetného provozu vs. blikání jen blízkého provozu. Pod návrhem je radarové zobrazení pro vizualizaci situace. Ikony převzaty pod licencí Flaticon z <https://flaticon.com>, autor: Freepik.



■ **Obrázek 6.10** Porovnání návrhů: v zobrazení relativní výšky je jen blížký vs. všechny provoz. Pod návrhem je radarové zobrazení pro vizualizaci situace. Ikony převzaty pod licenci Flaticon z <https://flaticon.com>, autor: Freepik.

6.5 První prototyp

Jako výstup práce byl vytvořen první, 3D tištěný prototyp (obr. 6.11) šasi zařízení. Modelování objektu a tisk proběhly ve spolupráci s vedoucím práce a produktovou designérkou Dronetagu Terezou Vackovou. Jedná se o jednoduchou plastovou konstrukci, která má sloužit k základnímu otestování tvaru zařízení, jeho velikosti a dalších prvků jako umístění tlačítek, výřezů apod. Další fotografie jsou součástí přílohy.



■ **Obrázek 6.11** První prototyp šasi zařízení Pilottag, vlevo ze spodní strany, vpravo z horní.

Prototyp vychází z parametrů uvedených v předchozích podkapitolách. Je vyhotoven v rozměrech 90x65x30 mm, má oblé okraje a obsahuje vypínací tlačítko, SOS tlačítko, výřez na USB-C konektor, očko pro zachycení, znázornění stavových diod a diod indikujících provoz, plochy pro

uchycení suchého zipu a výřezy pro nalepení gumy.

Právě výřezy jsou jednou z možností pro řešení pogumování. Celogumové tělo má zásadní nedostatek v tom, že na gumu lze obtížně lepit suché zipy apod. Z tohoto důvodu musí být pogumování zařízení jen částečné. Do rohů po obvodních stranách a spodní strany zařízení byly proto zaneseny 2 mm zářezy, do kterých lze vlepit nařezané pláty gumy. Po vlepení bude pogumovaný povrch a zbytek těla sjednocen do stejné výšky. Pogumováním se tím redukuje vibrací, lepšího úchopu a protiskluzových vlastností.

Bylo by možné využít některé z nabízených prefabrikovaných krabiček s obvodovým pogumováním, avšak pro co nejnižší náklady lze krabičku tisknout přímo ve vlastní výrobě, která umožňuje plné přizpůsobení výřezů a následné vložení gumy. Navíc jsou obě tlačítka umístěna pod tímto pogumováním, tudíž lze snáze dosáhnout voděodolnosti.

Prototyp trpí určitými nedostatky. Zejména jsou jimi velmi malé diody, které jsou však přítomny pouze pro ilustraci. V příští verzi bude jejich rozměr i vzájemné odsazení výrazně navýšeno. Stejně tak jsou i tlačítka příliš malá a dojde též k úpravě velikosti. Dále nejsou vtištěny některé detailní prvky jako legenda barvy ikon, popisky stavových ikon, předěly a linky mezi diodami a 1/4" závit ze zadní strany.

Pro ukázkou byly některé výstupky znázorňující diody nabarveny a nalepeny označovače legendy a závitu. Na pravý bok prototypu byl také nalepen suchý zip 3M Dual-Lock.

6.6 Testování návrhu

Testování byly podrobeny dvě části návrhu, rozložení diod a celkový vzhled krabičky. Pro zpětnou vazbu k diodám byl použit již dříve zmíněný dotazník, který porovnává různé metody zobrazení provozu, ale také sleduje celkovou složitost, respektive přehlednost návrhu. Testování krabičky proběhlo formou zkušebního umístění prototypu do prostor dvou letadel na letišti v pražských Letňanech, v průběhu probíhala diskuse s instruktorem místního aeroklubu.

6.6.1 Dotazník k rozložení diod

V dotazníku byl respondentům představen návrh na uspořádání diod a jejich fungování. Více o fungování diod bylo napsáno v podkapitole 6.4. Průzkumu se zúčastnilo 33 osob, distribuován byl ve Facebookové letecké skupině Doletíš!?, která se zaměřuje na bezpečnost leteckého provozu. Plný text dotazníku včetně všech odpovědí je součástí přílohy. Dvě otázky dotazníku ohledně možností stylu zobrazení byly již rozebrány v sekci 6.4.1.

Zřejmě nejzásadnější otázka zněla: „Je nově navržený systém příliš komplikovaný?“. Mírně přes 50 %, tedy 17 dotazovaných hodnotí návrh jako dostatečně přehledný, naopak 16 osob jej hodnotí jako příliš složitý. Následovala otázka, z jakého důvodu se jeví jako příliš komplikovaný. Nejvíce osob se shodovalo na obtížné interpretaci blikání. Zaznamenány ale byly i další odpovědi jako různorodost barev provozu, dvě kružnice nebo křížový zobrazovač relativní výšky.

Z těchto výsledků lze usoudit, že v současném stavu není návrh uspokojivý. Odpovědi však byly do značné míry ovlivněny požadavkem uživatelů na použití displeje nebo mobilního telefonu namísto diod, což byla častá odpověď v obecné doplňující otázce nebo komentářích pod příspěvkem ve skupině. Dále se ukazuje, že jen mírné úpravy mohou stačit k dostatečnému vylepšení a zpřehlednění systému, zejména redukce zmíněného blikání na minimum – to také podpořily odpovědi požadující omezení blikání pouze na blízký provoz. Do další fáze projektu je třeba návrh zjednodušit a podrobit dalšímu testování.

Dobrou zprávou je naopak potvrzení, že většina (72 %) dostahuje pouze 8 diod k určení směru kolizního provozu. Přes 9 % by rádo minimálně 10 diod a 18 % by preferovalo plných 12 diod. Důležitým předpokladem je, že diody nebudou jedinou možností na určení provozu s tímto zařízením, pro náročnější uživatele je vždy možné připojit mobilní aplikaci.

6.6.2 Diskuse k prototypu

Při návštěvě Aeroklubu Letňany byl prototyp zkušěn na několika umístěních v letadlech Cessna C150 a Cessna C172. Fotografie z akce (různé polohy v kokpitu) jsou součástí přílohy. U menšího (C150) byl s nalezením volného místa problém, jako nejideálnější se jevil volný prostor u zapalování, který vyžadoval použití v horizontální orientaci. To pouze dokládá význam takové možnosti. Poloha by však nebyla příznivá pro použití tlačítek po bocích letadla. Stejně tak by při montáži přes bok ke stěně letounu bylo jedno tlačítko zcela nedostupné. Pro další prototyp je proto vhodné zvážit přemístění obou tlačítek na stejnou plochu, na které jsou momentálně diody.

Z dalších variant by bylo možné instalovat zařízení například na palubní desku doprostřed, ne do boku kde by zařízení překázelo výhledu při přistání. Dále na knipl/berany, na které však někteří piloti rádi dodávají vlastní tablety. Nebo také na čelní sklo, což však může v některých situacích bránit ve výhledu, u aeroklubových letadel může být také problém se schvalováním takového umístění. U většího letadla (C172) žádný problém nenastal, místa je na přístrojové desce dostatek.

Instruktor aeroklubu k zařízení neměl výrazné negativní připomínky. Starost způsobovalo nabíjení a výdrž baterie. Přál by si, aby byl přístroj v provozu neustále v nízkoenergetickém režimu a automaticky přešel do plného režimu při výraznějším pohybu – vzletu. Největší problém viděl v pravděpodobném zapomínání žáků aeroklubu nabít produkt po celém dni létání. Pro použití v aeroklubu by též byla třeba integrace s místním systémem správy letů.

Uživatelské rozhraní mobilní aplikace

Pro fyzické zařízení je plánována doprovodná mobilní aplikace Pilottag. Ta musí umožnit konfiguraci zařízení a musí poskytnout jednoduchý způsob, jak pilotovi zobrazit okolní provoz. Společnost Dronetag v současnosti již má vyvinutou funkční mobilní aplikaci Dronetag, která obsluhuje stejnojmenná zařízení pro drony. V rámci zachování vizuálního stylu a také samozřejmě snížení nákladů dává smysl na tuto hotovou aplikaci navázat a stavět na ní. V rámci práce proto byl převzat návrh uživatelského rozhraní (UI – User Interface) aplikace Dronetag a byl upraven pro potřeby pilotovaného letectví.

Vznikl nový Hi-Fi prototyp postavený v programu Adobe XD, standardu pro návrh UI. Prototyp je sestavený pro simulované použití na mobilním telefonu. Pro možnost určení objemu odvedené práce jsou součástí přílohy nové návrhy UI, ale také ty originální z aplikace Dronetag. V této kapitole jsou vybrány a popsány stěžejní oblasti rozhraní aplikace.

Celý koncept obsahuje několik částí: přivítání uživatelů, přihlášení do aplikace, mapu okolního provozu, mapu v režimu letu, nastavení mapy, celého systému a jednotlivých zařízení, SOS režim, prohlížení provedených letů, správu organizace, jejích týmů, členů a zařízení.

V návrhu je zachováno množství prvků z původní aplikace, zejména vizuální prvky jako tlačítka, seznamy, fonty. Zároveň byly zachovány, nebo jen mírně upraveny, podružné obrazovky týkající se například přivítání nových uživatelů, přihlášení do aplikace nebo správy organizace a týmů. Větší důraz byl kladen na zobrazení mapy provozu, režim letu a nastavení systému.

7.1 Mapa provozu

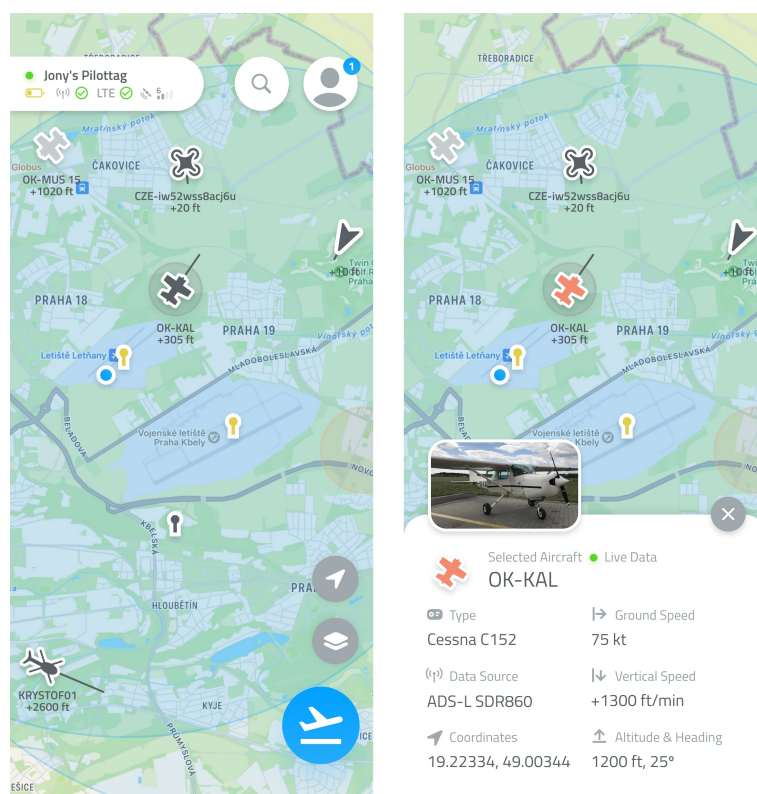
Jelikož se většina uživatelů v průzkumu vyslovila pro standardní mapu namísto VFR mapy, je v návrhu ve výchozím režimu umístěna systémová mapa. V mockupu (obr. 7.1) je mapa konkrétně od společnosti Apple, ale může být použita bez problému mapa Google, Mapy.cz i OpenStreetMap. Její barevnost byla zvýšena oproti té v původní aplikaci Dronetag, jelikož pro orientaci v prostoru jsou ohraničení lesů a zástavby podstatná. Viditelné jsou i zóny vzdušných prostorů, jejichž sytost je též zvýšena. Pro některé uživatele může být komfortní zakoupení zvláště integrované VFR mapy. Pro takové případy je možné navázat spolupráci například s českou Databází letišť a použít její podklady.

Na mapě je viditelný letecký provoz znázorněný sadou ikon. Jsou rozlišovány letouny, větroně, helikoptéry, drony, velká dopravní letadla, padákové/závěsné kluzáky a parašutisté, a nakonec existuje možnost pro neidentifikovatelný druh provozu. Kromě provozu lze na mapu umístit

špendlík pro označení konkrétního místa. Letiště jsou také označena, konkrétně žlutým přišpendlením.

U každého provozu se zobrazuje indikátor směru a rychlosti, volitelně lze připnout volací znak a výšku absolutní, či relativní. Letadla s nedostatečně přesně lokalizovaná jsou šedě obkroužena pro znázornění možné odchylky. Pětice barevných variant označuje stav provozu – například světle šedá představuje neaktuální, zastaralé informace. Barvy byly z velké části zachovány z původní palety Dronetag, některé však bylo třeba více saturovat pro zvýraznění a rychlejší identifikaci.

V horní části obrázku 7.1 se nachází stavový řádek s nejdůležitějšími informacemi o připojeném zařízení. Lze kontrolovat připojení k telefonu, status celého zařízení, stav připojení LTE, SRD860 a počet nalezených GNSS satelitů.



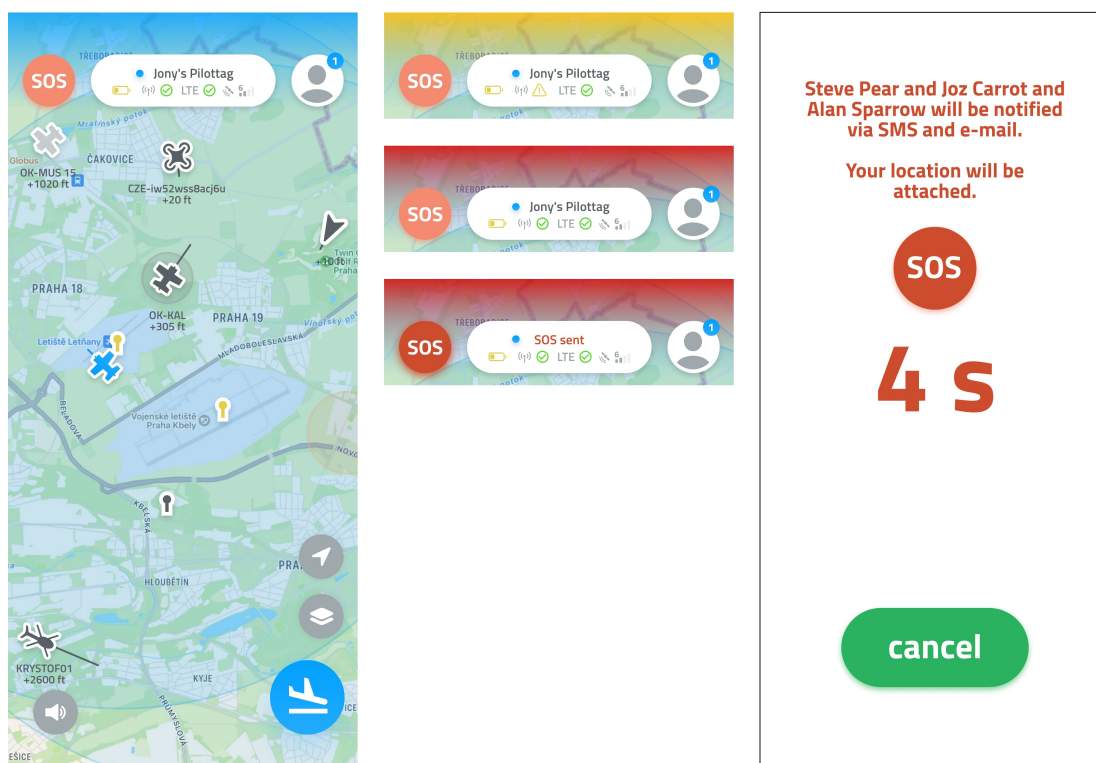
Obrázek 7.1 Ukázka Hi-Fi prototypu aplikace Pilottag. Vlevo základní zobrazení mapy s provozem, vpravo je rozkliknutý detail letadla OK-KAL

7.2 Průběh letu a SOS režim

Pokud chce pilot zaznamenat svůj let a zpřístupnit SOS funkci, musí se přesunout do režimu letu. Ten zapne snadno pomocí velkého modrého tlačítka, kde je mu ještě potvrzeno, s jakým konkrétním letadlem plánuje letět. Let je následně indikován modrým zbarvením záhlaví, stejně jako v aplikaci Dronetag. Modrá barva je zároveň reflektována na stavové diodě fyzického přístroje. Kromě modrého zbarvení záhlaví se lze setkat i se žlutou, která varuje na problém jako výpadek mobilní sítě apod. a červenou, která signalizuje možnou kolizi, aktivní SOS režim nebo zcela nefunkční systém.

Kolizní provoz je vybarven červeně a je také zvýrazněna jeho výška. Pilot bude upozorněn vizuálně krátkým dvojnásobným rozsvícením celé obrazovky do červena, varovným zvukovým

signálem a mluvenou zprávou o poloze jiného letadla. Tato upozornění lze ztlumit po kliknutí na ikonu reproduktoru. SOS režim je určen pro nouzové situace, jako například výpadek motoru a očekávané nouzové přistání. Je třeba stisknout červené tlačítko SOS, načež se rozezní výstraha a odpočet deseti sekund, během kterých může pilot akci zrušit. Obrazovka s odpočtem je zcela záměrně ponechána co nejjednodušší, jelikož v kritickém okamžiku je potřeba dávat pilotovi zcela jasné možnosti a instrukce. Režim se následně aktivuje a bude odeslána zpráva nouzovým kontaktům. Opětovným stiskem tlačítka SOS je možné režim deaktivovat a oznámit své bezpečí.



■ **Obrázek 7.2** Ukázka Hi-Fi prototypu aplikace Pilottag. Vlevo zobrazení v režimu letu, uprostřed různé možnosti zbarvení záhlaví, vpravo vyvolaný odpočet SOS režimu.

Na hlavní obrazovce – mapě – má pilot několik zkratk, jak se dostat k podstatným nastavením. V levém spodním rohu přes zmíněnou ikonu reproduktoru k nastavení zvuku. Toto přizpůsobení ovlivní mobilní aplikaci, ale případně i připojené zařízení, lze tak například snadno vypnout pískavý zvuk Pilottagu v případech, že je prováděn let ve skupině. Kliknutí na horní stavový řádek přenese uživatele do správy konkrétního zařízení a kliknutí na vlastní letadlo zobrazí nastavení aktuálního letadla (aktivní pouze ve variantě nastavení B, která je popsána níže).

7.3 Nastavení

Při návrhu chování nastavení aplikace a zařízení je třeba počítat s několika případy užití:

- pilot vlastní jedno zařízení Pilottag,
- pilot vlastní více zařízení Pilottag,
- pilot vlastní zařízení Pilottag a zároveň je členem organizace, která také vlastní zařízení Pilottag.

Kromě toho lze mít zařízení napevno připevněné v jednom konkrétním letadle, ale může být také přenosné mezi více letadly. Zařízení též musí fungovat bez připojeného mobilního telefonu. Všechny tyto varianty jsou pečlivě započítány do návrhu tak, aby nabízel co nejširší možnosti přizpůsobení a zároveň nebyl zmatečný.

Pro vybrání nejvhodnějšího řešení byly vytvořeny dvě verze, A a B, každá s jiným přístupem k nastavení. Obě mají společné, že v profilu uživatele se nachází globální nastavení, které ovlivňuje všechna pilotova zařízení. Mezi tato globální nastavení patří: konfigurace SOS funkce, zobrazení provozu na diodách, automatické sledování letu od vzletu a další. Obě verze sdílí totožnou mapu provozu v aplikaci. Liší se právě v globálním nastavení a správě zařízení a letadel.

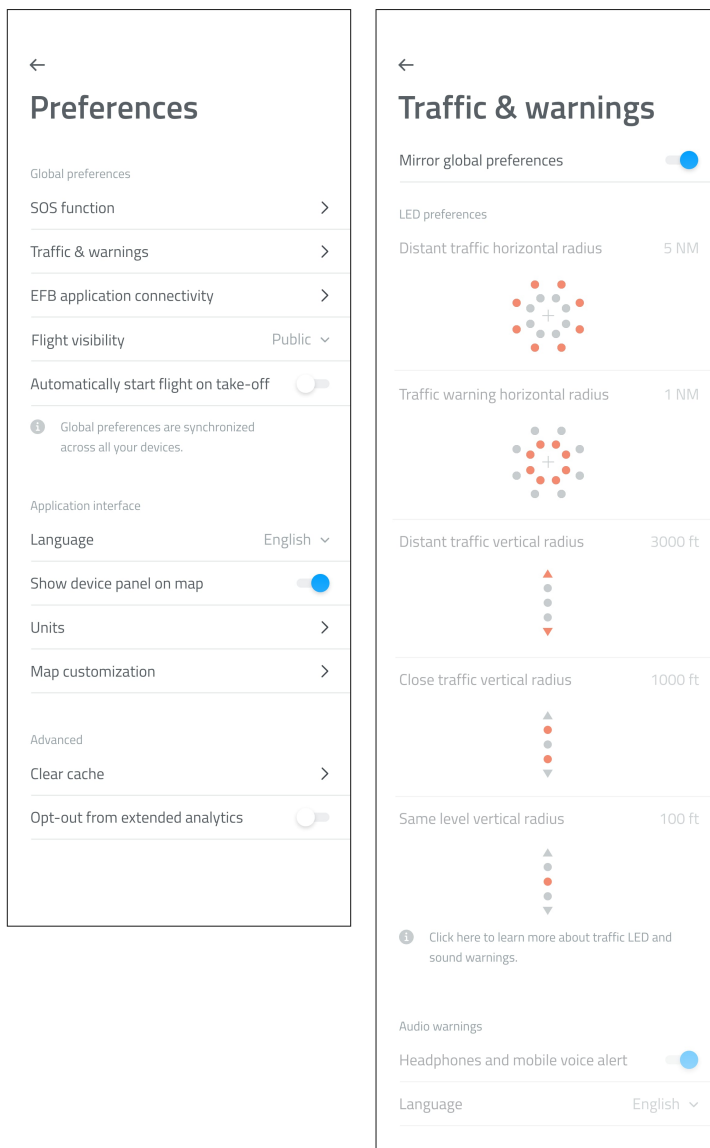
První verze, A, pracuje s principem, že uživatel chce konfigurovat jednotlivá zařízení Pilottag, která vlastní. Tato varianta má blízko původnímu stylu nastavení, jaký byl zvolen u Dronetagu. U konfigurace každého zařízení lze přepnout, zda se mají zrcadlit globální nastavení nebo zda si některé konkrétní parametry přeje pilot přizpůsobit. Tento přístup je subjektivně přímočařejší a intuitivnější. Může být však nepříjemný, pokud pilot vlastní například jedno zařízení Pilottag a mění s ním různé druhy letadel – motorové letadlo a padákový kluzák – je totiž možné, že bude chtít každému typu provozu nastavení mírně přizpůsobit a proto při každé změně letadla bude také měnit nastavení Pilottagu.

Druhá varianta, B, výše uvedený problém eliminuje zavedením profilů jednotlivých letadel. Každému letadlu je možné dopředu předpřipravit nastavení, podobně jako u varianty A pro jednotlivé Pilottagy. Když pilot změní aktivní letadlo, všechna nastavení se automaticky aplikují. Méně intuitivní se tato verze stává ve chvíli, kdy si pilot přeje změnit některá nastavení jednorázově například v průběhu letu, jelikož by takovou možnost hledal spíše u konfigurace zařízení než u změny profilu letadla.

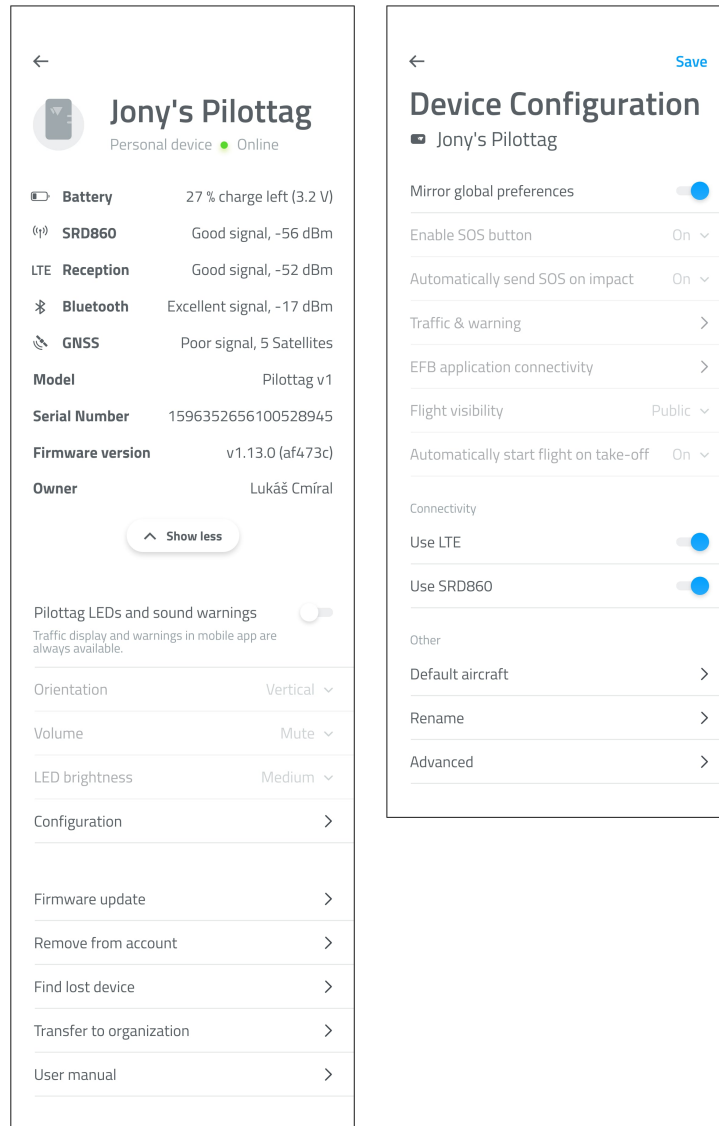
Výběr jedné nebo druhé varianty vyžaduje další detailní testování za pomoci relevantních testerů z řad letecké komunity. Vhodné může být například využití metody *A/B testování*. Podklady pro testování jsou součástí přiloženého souboru ve formátu Adobe XD, avšak samotné testování již přesahuje rozsah této práce. Autor práce se osobně přiklání k variantě A díky své jednoduchosti, avšak z hlediska Human/User Centered Design není možné stavět komerční produkt na názorech jedné osoby. Je možné, že výsledek testování povede ke kombinaci verzí A a B, která je v souboru také navržena pod značkou AB.

V případě, že zařízení/letadlo patří do organizace, například aeroklubu, využívá výchozí nastavení, která mu předal vlastník organizace. Pokud si pilot, například žák, k Pilottagu připojí vlastní telefon, přepíše se některá nastavení tak, jak je na ně pilot zvyklý, ale některá zůstanou uzamčena. Přepsat lze hlasitost, jas diod nebo třeba konfiguraci diod, které varují před okolním provozem. Naopak uzamčeno je automatické odeslání SOS zprávy, jméno zařízení/letadla apod. Pro nouzové zprávy jsou sloučeny SOS kontakty privátní i organizační. Varianty obrazovek, kde je zařízení, či letadlo vlastněno organizací jsou také součástí přiloženého XD souboru.

Pro případ využití Pilottagu bez připojení mobilního telefonu má každé zařízení definováno výchozí letadlo. Platná jsou nastavení, která při posledním připojení telefonu provedl vlastník zařízení, včetně určení SOS kontaktů.



■ **Obrázek 7.3** Ukázka Hi-Fi prototypu aplikace Pilottag. Vlevo globální nastavení, vpravo nastavení zobrazení diod na fyzickém zařízení. Zobrazena je popsaná varianta A.



■ **Obrázek 7.4** Ukázka Hi-Fi prototypu aplikace Pilottag. Vlevo přehled informací o konkrétním zařízení, vpravo rozkliknutá jeho konfigurace. Zobrazena je popsaná varianta A.

7.4 Heuristické vyhodnocení

Ačkoli testování rozhraní není součástí zadání práce, je vhodné provést alespoň základní ověření použitelnosti, které je zde realizováno formou heuristického vyhodnocení. To sestává z ověření platnosti deseti obecných principů Jakoba Nielsena pro design uživatelského rozhraní [69]. Principy jsou pro účely tohoto testování zjednodušeny a přizpůsobeny mobilní aplikaci. Jejich splnění je zkoumáno v podobě ano/ne otázek:

1. Ví uživatel vždy, v jakém stavu se aplikace nachází?
2. Je vzhled aplikace v souladu s reálným světem? Je použita terminologie cílové skupiny?
3. Je uživatel schopen snadno opustit nechtěně otevřenou obrazovku?
4. Je rozhraní konzistentní? Jsou zachovány standardy chování podobných mobilních aplikací?
5. Předchází aplikace uživatelovým omylům dříve, než nastanou? Je reakce na každou akci uživatele předvídatelná?
6. Je rozhraní nenáročné na pamatování si elementů/nastavení z jiných obrazovek?
7. Je rozhraní vhodné pro nováčky i pokročilé uživatele zpřístupněním zkratk k některým více zanořeným nastavením?
8. Je design estetický a minimalistický z pohledu množství prezentovaných informací?
9. Jsou uživatelům prezentovány chybové stavy ve srozumitelné formě?
10. Je k dispozici nápověda, či dokumentace k aplikaci?

Vyhodnocení bylo provedeno se dvěma testery, jedním z leteckého prostředí, druhým ne. Úkolem dotazovaných bylo odpovědět na výše uvedené otázky *ano*, či *ne*. Každé *ne* signalizuje chybu při návrhu rozhraní a je vhodné se zabývat nápravou pro splnění dotčeného principu.

Ve většině případů odpovídali oba testeři *ano*. První reportoval chybu u prvního principu, kde jej mátl přítomnost SOS tlačítka pouze v režimu letu. Dílčí problém identifikoval také u deváté otázky, kde žluté podbarvení nebylo na první pohled dostatečně samopopisné a až při hlubším zkoumání byl odhalen stavový vykřičník. Druhý tester měl totožnou připomínku u devátého principu, jinak neshledal žádný problém.

Z těchto krátkých závěrů lze říci, že návrh má kvalitně zpracované uživatelské rozhraní co se použitelnosti týče. Je však potřeba opravit zmíněné nedostatky, zejména upozornění na chybový stav zařízení, a to například zvětšením ikon.

Ekonomicko-manažerské shrnutí

Projekt s názvem IoT zařízení pro digitální identifikaci pilotovaného letectví v U-space se aktuálně nachází ve své druhé ze tří etap. Jsou zpracovány legislativní požadavky, systémová architektura zařízení a jeho integrace s dalšími systémy, jsou vybrány technologie a komponenty pro sestavení zařízení a byl otestován první funkční prototyp vysílací soustavy. V této etapě tak obecně zbývá finalizovat hardwarový a softwarový návrh, optimalizovat vysílací soustavu a otestovat bezchybnost systému. Ve třetí fázi v příštím roce bude prováděno laboratorní testování a příprava na sériovou výrobu. [37]

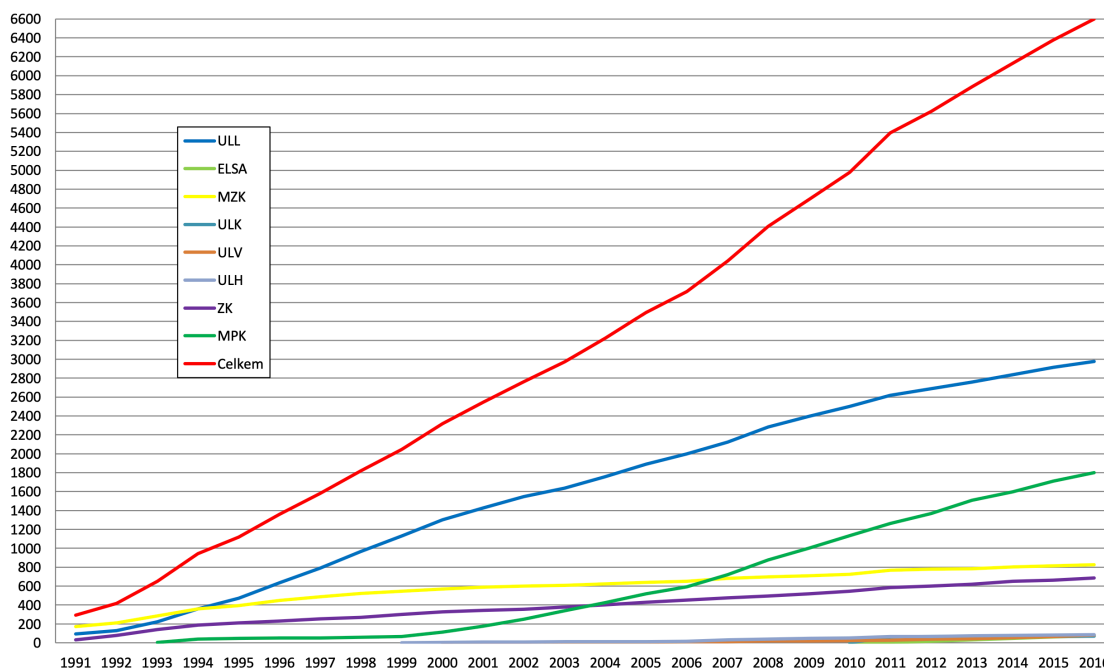
Tato bakalářská práce přinesla nově zpracování uživatelských požadavků, první prototyp šasi zařízení a první návrh uživatelského rozhraní doprovodné mobilní aplikace. Jak návrh krabičky, tak návrh UI byl zpracován tak, aby co nejvíce šetřil výrobní náklady. Krabička namísto displeje například používá diody, které poskytnou dostatečné množství informací za výrazně nižší cenu. UI staví na existující aplikaci, takže migrace do nové aplikace bude výrazně méně náročná na implementaci. V návaznosti na testování krabičky (kapitola 6.6), které odhalilo některé vady při návrhu, je třeba provést dílčí úpravy a v testování dále iterativně pokračovat.

8.1 Tržní příležitosti

Pro produkt Pilottag jsou nebo v brzké budoucnosti budou vytvořeny skvělé tržní příležitosti. Nejzásadnější je požadavek na elektronické zviditelnění pilotovaných letadel v prostorech U-space, který je dán celoevropskou legislativou a reálně na piloty dopadne pravděpodobně již v příštím roce. V současnosti na trhu není žádné zařízení podobných parametrů, naplňující tuto legislativu a za příznivou cenu (kapitola 3). Dle průzkumu EASA [70] mezi piloty je právě cena nejpodstatnějším (48 %) důvodem, proč si novou antikolizní avioniku nepořizují. Další velké problémy představuje nekompatibilita s ostatními systémy (26 %) a náročnost instalace (10 %). Všechny tyto problémy Pilottag řeší.

Lze také očekávat postupný nárůst počtu potenciálních zákazníků. Jednak se prostory U-space budou rozšiřovat a zahrnou tak více pilotů, jednak se neustále zvyšují počty nově registrovaných letadel, což lze pozorovat na grafu 8.1 od LAA. S tím narůstá celková hustota provozu. V průzkumu [70] 80 % pilotů uvedlo, že v posledních 10 letech vnímají zvýšení komplexity vzdušného prostoru. Přirozenou cestou proto poroste poptávka po antikolizních a bezpečnostních systémech.

Asociace Europe Air Sports eviduje ve svých řadách 700 000 členů, z toho 100 000 je pilotem padákového kluzáku a 80 000 pilotem ultralehkých nebo lehkých letadel [38]. Předpokládá se, že z počátku prodeje bude do zemí EU směřovat přes 50 % všech prodaných kusů, později, kolem pátého roku od zahájení, se očekává až 90 % zisku z exportu [37].



■ **Obrázek 8.1** Vývoj registrace SLZ v rejstříku LAA mezi roky 1991 – 2016. Získáno z <http://www.laacr.cz/stranky/o-laa-cr/statistiky.aspx>

8.2 Náklady na výrobu krabičky

S pomocí kalkulačky Prusa Research [71] lze nastínit náklady na 3D tisk jedné krabičky se zanedbáním platby za služby jako poskytnutí samotných 3D tiskáren, údržba a příprava. Při počítání ceny 1400 Kč za kilogram materiálu PA12, dobou tisku 20 h se spotřebou 50 g filamentu, což odpovídá přípravě prototypu, a spotřebou 100 W při ceně energie 4,70 Kč za kWh vychází výsledný náklad na necelých 90 Kč za vytištěnou krabičku. Po konzultaci s vedoucím práce se tato cena jeví jako realistická.

Varianta zakoupení prefabrikované krabičky WH series od firmy Takachi (kapitola 6.1) vychází po vyžádání ceny [72] na 6,25 USD (cca 133 Kč) za kus při odběru 100 – 499 jednotek, 5,99 USD (cca 127 Kč) při nákupu 500 – 999 jednotek. Tato cena nezahrnuje zakázkové úpravy jako potisk a frézování. Při odběru 100 kusů činí celková cena přibližně 713 USD (cca 15 187 Kč) se zahrnutím dopravy navržené výrobcem. Cena jiných výrobků uvedených v kapitole 6.1 se pohybuje v podobném rozmezí přibližně od 120 do 140 Kč za kus [67, 68].

Tato práce se nezabývá hardwarovým návrhem zařízení a výběrem jednotlivých komponent. Z toho důvodu zde není možné stanovit výrobní cenu celého zařízení. Lze velmi hrubě odhadnout, že pohybovat se bude v nižších jednotkách tisíců korun.

8.3 Přínosy a prodeje

Kromě nezpochybnitelného přínosu ve zvýšení bezpečnosti leteckého provozu je podstatný také ekonomický přínos pro společnost Dronetag. V jejím aktuálním portfoliu je výroba RID zařízení pro drony a směrem k pilotovanému letectví vede přirozený vývoj. Firma využije své know-how s uváděním nových produktů na trh a výrazně tak sníží náklady oproti situaci, kdy by s podobným projektem na všech frontách začínala. Jde o náročné aktivity od hardwarového a softwarového návrhu, přes finanční analýzu až po certifikaci a prodej.

■ **Tabulka 8.1** Odhad tržeb a prodejů produktu.

Rok	2025	2026	2027	2028	2029
Prodej kusů	150	350	600	900	1100
Koncová cena v Kč s DPH 21 %	9 900	9 900	8 500	8 500	7 000
Koncová cena v Kč bez DPH	8 181	8 181	7 024	7 024	5 785
Velkoobchodní cena v Kč	6 135	6 135	5 268	5 268	4 338
Tržby v tis. Kč	920	2 147	3 161	4 741	4 771

Odhad prodejů není oblastí zaměření práce, v tabulce 8.1 jsou velmi hrubě stanoveny možné tržby v následujících pěti letech po uvedení. Vychází z dat poskytnutých realizátorem projektu, která jsou však důvěrná. Měřítkem k odhadnutým číslům je prodej zařízení FLARM, jichž se od roku 2004 prodalo přes 50 000 kusů, avšak pouze na bázi dobrovolnosti. [39] Plán pro Pilottag do budoucna naopak počítá s povinností iConspicuity zařízení na palubě letadla v prostorech U-space. Koncová cena pro českého zákazníka začíná nízko, na 9 900 Kč s DPH tak, aby nebyla překročena psychologická hranice 10 000 Kč, což může být důležité vzhledem k poměrně negativnímu vnímání legislativou nařízených technologií v leteckém prostředí. Maloobchodní marže je nastavena vyšší než průměrná, 25 %. Hodnoty zde uvedené jsou proto spíše pesimistickým odhadem, i přesto ukazují uspokojivé výsledky. Na konci pětiletého období se očekává snížení výrobních kapacit a uvedení nové generace produktu.

Samotný prodej hardwaru je pouze jeden z přínosů. K ekosystému Pilottag se váže i ambice firmy stát se USSP, což otevře zcela novou kapitolu společnosti.

V souvislosti s rozvojem U-space a provozu bezpilotních systémů se také zvýší zájem o technologické komponenty, které Dronetag momentálně nabízí, zejména Dronetag DRI, který lze integrovat do nově vyráběných dronů.

Závěr

Závěrečná práce se ve spolupráci se společností Dronetag zabývala návrhem ekosystému pro digitální identifikaci malých pilotovaných letadel v U-space. Plánovaný systém vytvoří dvě hlavní komponenty: hardwarové zařízení vysílající polohu a doprovodná mobilní aplikace. Tento text se věnoval oběma částem.

Nejprve byla zpracována analýza konkurenčních řešení. Ukázalo se, že na trhu dosud neexistuje zařízení podobných parametrů, které by dostatečně naplnilo legislativní požadavky a zároveň od nákupu neodrazovalo svou cenou. Byly sesbírány cenné poznatky o funkcích konkurence a některé byly zakomponovány do výsledného návrhu.

Aby nedošlo k opomenutí důležitých požadavků, byl vypracován uživatelský průzkum, pomocí kterého bylo možné přesněji definovat přání pilotů. Mezi zásadní zjištění patří nutnost zahrnout funkci detekce okolního letového provozu a neopomenout kompatibilitu s EFB aplikacemi třetích stran. Naopak byly identifikovány parametry, které se jeví jako zbytečné implementovat, například funkci variometru nebo zobrazení podrobných leteckých mapových podkladů v aplikaci.

Za pomoci získaných informací byl sestaven první prototyp šasi zařízení. Pro komfortní držení má zaoblené hrany a pogumované tělo. Antikolizní funkce je řešena jako dvojitá LED růžice ve spojení se zobrazovačem relativní výšky. Prototyp také zahrnul několik možností připevnění, od 1/4" závitů například pro přísavky, přes profesionální suchý zip až po pojistnou šňůrku. Řešeno bylo také ovládání a interakce. Jsou obsaženy tři stavové diody, hlavní tlačítko a SOS tlačítko. Všechny tyto parametry byly navrhovány tak, aby se docílilo co nejnižší výrobní a v konečném důsledku i prodejní ceny.

Na připravený prototyp zařízení navázala tvorba uživatelského rozhraní mobilní aplikace. To bylo designováno tak, aby co nejvíce čerpalo z již zavedené aplikace Dronetag, ale zároveň reflektovalo požadavky pro pilotované letectví a nový produkt. Důraz byl kladen na přehlednost, podání dostateku informací, ale také moderní vzhled.

V závěru práce byly zhodnoceny tržní příležitosti produktu, které nejsou malé vzhledem k brzké povinnosti letadel s posádkou být elektronicky vidět ve vzdušném prostoru U-space. Dále byly odhadnuty výrobní náklady krabičky zařízení a popsány očekávané přínosy.

Práce tak splnila všechny na ní kladené požadavky a bylo dosaženo všech stanovených cílů. Výstupy práce poslouží jako podklady pro tvorbu finálního produktu a jeho komercializaci. Ve finále přinesou levnou možnost, jak zvýšit situační povědomí o okolních letadlech a tím i bezpečnost leteckého provozu. V případě zájmu ze strany společnosti Dronetag je možné navázat další spolupráci k dokončení celého projektu.

Kompletní uživatelský průzkum

Součástí práce je přiložený kompletní uživatelský průzkum na téma: Sběr uživatelských požadavků – zařízení pro dálkovou identifikaci pilotovaných letadel v prostorech U-space. Tento průzkum byl proveden formou interview v podobě osobních schůzek i videohovorů. Celkem se účastnilo 15 osob, jejich jména jsou anonymizována. Odpovědi respondentů byly zaznamenány do předem připraveného formuláře za využití technologie Google Forms. Generovaný výstup z tohoto softwaru s výsledky je přiložen níže. Jejich interpretace a další informace jsou popsány v kapitole 4.

Sběr uživatelských požadavků: Zařízení pro dálkovou identifikaci pilotovaných letadel v prostorách U-space

14 responses

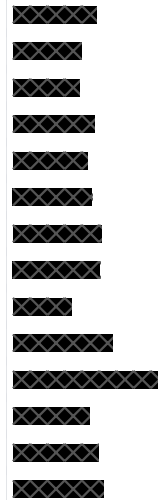


Úvod a částečné představení projektu (1 min)

Základní informace (0 min)

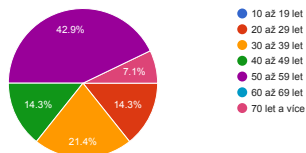
Jméno a příjmení

14 responses



Věk

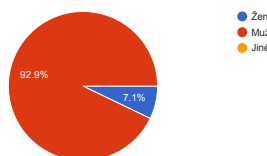
14 responses



[Copy](#)

Pohlaví

14 responses

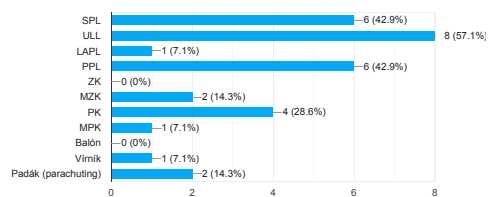


[Copy](#)

Základní doménové informace (1 min)

Jaká letadla aktivně létáte? (kategorie/licence)

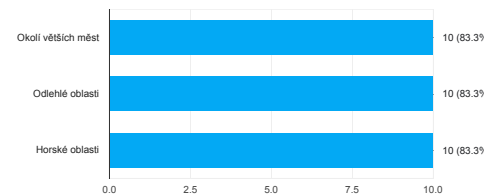
14 responses



[Copy](#)

V jakých oblastech obvykle létáte?

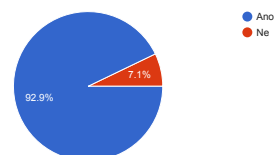
12 responses



[Copy](#)

Jste součástí většího celku/organizace?

14 responses



[Copy](#)

Pokud ano, jakého celku/organizace?

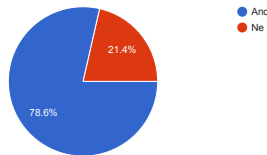
13 responses

LAA
 AC Fly Vyškov
 AK Slaný, LAA
 Aeroprague
 LAA, svaz ULL
 AK Kolín, AeČR, LAA
 LAA, Pegas Air klub - Lomnice nad Popelkou
 British Hang Gliding and Paragliding Association
 AK 4511, Trnava, Bratislava
 AK Letov
 AK Krnov
 Letecké centrum ČR

Létáte ve skupině?

14 responses

 Copy



Krátký popis celého letu od předletové přípravy po debriefing (4 min)

Získáváte povědomí o okolním provozu jinak než pomocí rádia a vizuálně?

11 responses

MPK/PK: Vysílačka, mobil s BT helmou. ULL často bez ADS-B ani Mode-S. Používá SafeSky a nasadí ji u studentů
 SPL: XCSoar, OGN, FLARM - Používá OGN: vidí uživatele s FLARM, naopak uživatelé s FLARM jej nevidí
 SafeSky, OGN, FlightRadar
 XCTrack - podporuje sdílení
 FLARM, TCAS
 Garrecht - dvě sim, integrovaný FLARM a ADS-B s obrazovkou
 FLARM - dotované v Británii kolem 50% (vše s ADS-B nebo FLARM) - XCTracker + XCTrack
 FLARM ve větroni, Vírník: odpovídáč Mode-S
 FLARM (zobrazuje se ostatním na OGN, za letu na mapu okolního provozu nekouká) - LX9000 a LX Nano 3
 Glide and Seek - OGN včetně motorových letadel, FLARM
 ADS-B a FLARM přijímač - SkyEcho -> předá data do SafeSky -> zobrazí v SkyDemon přes GDL90

Diskuse k provedení letu.

8 responses

MPK: Velice pomalý let. Potřeba plánovat let (ne trasa, ale kam) - zejména dolet. Velmi nízká výška
 Let ve skupině ano, ale ne plánovaně - spíše se potká více letců v jedné (stoupavé) oblasti. Používá tablet s doplňkovou baterií - velká krabice - musí vydržet na plný jas přes 4h - zavěšený na těle. Vše je přivázáno, např. rukavice.
 Papírové i digitální mapy
 MZK: Ne do příliš CTR, bez odpovídače, mapa od LAA
 Co nejméně různých zařízení, důraz na bezpečnost.
 Skupina 3-4 častá, max 7, většina bez vysílačky - respondent ji má pro jistotu - není vyžadována legislativou. Křídlo na křídlo vzdálenost 50 m, výškový rozdíl při protisměru cca 1500 m. Malá letiště, navigace v tabletu - na noze. AeroXC aplikace, AviaMaps - bez online prostorů, AisView aplikace. Obvyklá výška 150 - 300 m, max 500 m, níže - lépe. EnRoute Flight Navigation aplikace, offline let, kolegové ani nemívají data. Bez odpovídače, většina lidí se identifikaci brání. Sám létá offline - v režimu letadlo.
 Navigace s mapou na mobilu, je ale málo viditelná (malý display a slunce), vario - zobrazení stoupáků. XCTrack, XCTracker, počasí RASP, ucpala.co.uk, dřívě LK8000
 Skupina kluzáků

Komunikace a navigace (3 min)

Jste sledován/a, či koordinován/a jinak než pomocí rádia a vizuálně.

8 responses

OGN
 Ano, zejména u žáků
 XCTrack posílá na XCContest - jen ze zájmu při soutěži
 Sledován přes aplikace (noname) ze země
 XCContest live, LiveTrack24
 Výjimečně FlightRadar
 Jen ze zvědavosti přes OGN

Jak získáváte informace o vzdušných prostorech (během letu i mimo let)?

14 responses

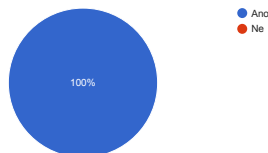
AisView
 SkyDemon
 SkyDemon - nastavení na webu pro delší let, AisView někdy i za letu - web
 XCTrack - prostory, mapa, navigace, počasí, addon widgety
 Aisview při přípravě, Information (FIC) za letu
 SkyDemon, AisView, ICAO mapa
 XCTrack, na webu notaminfo.com pro UK, RASP aplikace na počasí
 AisView (před letem)
 AisView jen ze země, Glide and Seek, EnRoute Flight navigace jen jako záloha
 SkyDemon, AisView na webu, AUP v zahraničí jako kontrola SkyDemonu

Další technologie (4 min)

Používáte během letu mobilní telefon?

Copy

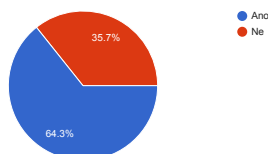
14 responses



Používáte během letu tablet?

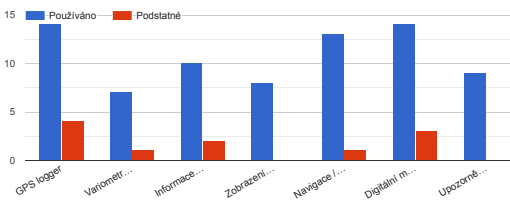
Copy

14 responses



Používáte za letu následující nástroje?

Copy



Jaké mobilní aplikace používáte a k čemu?

14 responses

Mapy.cz, SkyDemon, SafeSky, dříve AirNav Pro, Windy, AeroWeather, mIBS, iAIP, Databáze letišť

Do kluzáku se tablet téměř nevejde, telefon je maximum

Windy, Aladin, SkyDemon, Safesky, Databáze letišť - i za letu, AisView - i za letu, Mapy.cz jako tracker - místa focení

Windy, GSF - podmínky pro vznik termiky, CHMU, AisView v prohlížeči na přípravě

Fly is Fun - navigace, logger, vše potřebné. AisView, Mapy.cz, Databáze letišť

SkyDemon ke všemu, za letu mobil, plánování z počítače. AisView, Mapy.cz - zejména výškový profil, Windy

SkyDemon - včetně logování trasy (na padáku nevyužívá), Windy, CHMU, AisView

SafeSky - zobrazuje více než Flight Radar ale bez dronů, vyžaduje GSM. Aplikace na počasí používá jen na zemi.

AviaMaps, offline verze levná, velké soubory map 11,5 GB. EnRoute Flight Navigation zdarma, mapa 300 MB, import map z AviaMaps nebo Mapy.cz od kolegů, je to mix AviaMaps a AisView, celá Evropa, je anglicky - mírný problém, uživatelsky nepřijemná, ale má mnoho funkcí, Klara aplikace na počasí, AeroXC aplikace na počasí, Radarová mapa srážek

XCTrack, Windy

Windy na zemi

LK8000 počítač dokluzů - má mapu, umí i propojení s FLARMem. Mapy.cz jen po přistání.

Windy, EnRoute Flight navigace jen jako záloha, AisView aplikace i web. Meteox na počasí

Tablet se SkyDemon přidělaný na palubce, Windy, Databáze letišť, mIBS (nyní už spíše přes SkyDemon), SafeSky, AeroWeather, na zahraničí Mapy.cz a Google Maps na průzkum okolí

Doplňné dalších technologií.

11 responses

Logger jako SkyDemon, SafeSky integrace do SkyDemon, přílba s integrovanými sluchátky i s Bluetooth. Chytrá přílba == integrovaná BT sluchátka.

Kluzák je příliš vysoko na to přijímat mobilní data. Počasí v AisView. Fly for fun nebyl ideální uživatelsky. XCSOar jako upozornění na kolize (OGN, FLARM) - ale nejde o spolehlivé zařízení. Upozornění na kolize jako přehled ve skupině. LOGGER MUSÍ BYT CERTIFIKOVANÝ!

Nutnost slyšet padák - bez sluchátek. Musí povinně přijímat, ne vysílat. Povinné poslouchání rádia - letu helikoptéry. Jako SOS dvě dýmovnice.

SkyDemon - dobrá přeletová příprava, trasy, mapy celého světa, cena 5000 Kč ročně, zobrazení počasí - oblastí CAVOK živé, hlavně pro přípravu, málo za letu, debriefing - data logger Variometr jako integrovaný budík, navigace hlavně kde jsem, ne kam, na počasí se za letu nekouká, kamery s SD kartou

"Pipák" v helmě - upozornění na výšku otevření padáky při seskoku, velikost jako Dronetag Mini ale výrazně tenčí (kolem 0,7 cm), větší se do helmy nevejde, na vyměňovací baterii. V letadle je Mode-S odpovídá, kluzák pravděpodobně jen Mode-C, jinak nic. Vario integrované kromě padáku, kde není potřeba.

Kamera - pobavení a vyhodnocení letu

Vario propojený přes BT do mobilu - XCTracer. Nechce mít sluchátka kvůli přehledu o situaci.

PLB jako SOS

ELT v motorovém letadle, kluzák ho nemá. Vlastní Samsung Smart Watch aplikace - za jak dlouho budu u dalšího navigačního bodu.

SPL: GPS logger certifikovaný (včetně barometru) každé dva roky - zabudované vario. Radar a počasí jen u předmětové přípravy. ELT v kluzáku není ani nic jiného.

GPS ve SkyDemon, na počasí Windy

Chybí vám některé nástroje?
6 responses

Validní data o provozu včetně radarů. Jak kontaktovat okolní provoz - na jaké je frekvenci jsou ostatní, aby je mohl kontaktovat.

Upozornění na kolize

Sledování dronů

Upozornění na kolize letadla i drony

Počítání času - viz vlastní aplikace.

SOS nástroj v kluzáku

Legislativa (2 min)

Znáte pojem (jeho význam) U-space?
14 responses

Ano	71.4%
Ne	28.6%

Víte o povinnostech pilotů ohledně dálkové identifikace v prostoru U-space?
14 responses

Ano	21.4%
Ne	57.1%
Částečně, ne detaily	21.4%

Konkurenční zařízení (4 min)

Používáte některé z konkurenčních zařízení?
11 responses

Droniq HOD	0 (0%)
Unify BLIP	0 (0%)
Flymaster Live SD 3G	0 (0%)
Cupertino Tracker	0 (0%)
KIVU Drone Tracker	0 (0%)
SkyEcho 2	1 (9.1%)
Sentry Plus	0 (0%)
Sentry	1 (9.1%)
Sentry Mini	0 (0%)
PowerFLARM Eagle	1 (9.1%)
PowerFLARM Eagle..	1 (9.1%)
naviTer Oudle 5 XC	0 (0%)
SKYTRAXX 4.0	0 (0%)
SKYTRAXX 3.0	0 (0%)
SKYTRAXX 2.1	0 (0%)
OGN CUBE 3.5 mod...	0 (0%)
PilotAware ROSETTA	0 (0%)
LX Colibri X	0 (0%)
LX Colibri 2	1 (9.1%)
Oni Systém	0 (0%)
Flight Tracker Momook	0 (0%)
SafeSky	4 (36.4%)
XCTrack	6 (54.5%)
FlyGaggle	0 (0%)
eVario	0 (0%)
Air3	0 (0%)
Flying Neuron	0 (0%)
Garrechi	1 (9.1%)
Levil Aviation	0 (0%)
Stratux	0 (0%)
MicroTrack	0 (0%)
OGN Tracker	4 (36.4%)
XCTracer (Mini)	1 (9.1%)
LXNAV LX9000 s int...	1 (9.1%)

Používáte případnou přidruženou mobilní aplikaci a k čemu?
2 responses

Dříve LK8000, komunikace přes .txt soubor, dá se připojit k XCTrack

Jen k SkyDemon

Jaké jsou největší klady a zápory tohoto zařízení?
9 responses

XCTrack nepodporuje iOS (proto nepoužívá), jinak je modulární a flexibilní. SafeSky je jednoduchý - plug and play, předávání informací do SkyDemon.

XCTrack vybijí baterii, SafeSky má málo uživatelů, OGN Tracker je nespolehlivý

Klady: Free, nepoužívá premium. Vychytané řešení. Je potřeba mít dobré demo. Počítání dokluzů. Kompatibilita s externími senzory (např. SkyBeam). Manuálně měnitelné widgety v UI - lze ručně sestavit a zdokonalit. Barevná schémata pro viditelnost na slunci.

Zápory: Je to pomalé. Konkurence LK8000 nebo XCSOAR - méně přehledné ale umí eink displeje, to XCTrack neumí. Dlouhá gesta prstem mouhou poškrábat obrazovku rukavicemi - tlačítka jsou lepší.

Nespolehlivost, některá letadla se zobrazí, některá ne

Integrace více systémů, nepotřeba mobilního signálu u Garrechi

XCTracer
+ Mechanicky odolné, malé a kompaktní. Solární panel na nabíjení. Citlivé vario.
- Ovládání/nastavení přes txt.

XCTrack
+ Promakané, zobrazení prostorů
- Chce dvě obrazovky - asistent stoupáku a zobrazení prostorů
- Ovládání obrazovky přes rukavice

FLARM - zkrácené údaje a pomalé. Složitá instalace a integrace

Pro SPL: LX Colibri 2 - uživatelsky nepřijemné - jen jedno tlačítko na vše, nastaví se trať a poté ukazuje směr apod., ukazuje, kde je nejsilnější stoupání. XCTrack používal jako navigaci a logování letu.

Sentry Plus z doslechu: umí fungovat jako záložní horizont
Klady: Připojeno k SkyDemon, GDL90 k SafeSky, přenosné
Zápory: SkyEcho: UI přes jednoduchý web, připojuje se přes Wi-Fi - nelze použít hotspot, SafeSky hodně falsePositive - na zemi

Co vám na tomto zařízení chybí?
1 response

Zobrazení dronů

Specifické otázky pro návrh zařízení (10 min)

V jakých podmínkách i v extrémních případech létáte (výška, teplo, zima, vlhko, déšť, vítr, intenzivní světlo, šero)?

12 responses

Slabý dešť, vho u moře

FL95

Šero při východu/západu

2500 m, povoleno max 2900 m, v Alpách až 4000 m. Minimum je -10 °C. Silné slunce při západu.

Do 10000 ft, za světla

Do 4000 ft, slunce nevýrazné, minimum -5 stupňů (zem), déšť ano - malé zmoknutí, lety přes den (šero při východu)

V kabině letadla (Zlín) klidně 55 °C (obecně v rozpaleném autě až 70 °C), déšť, noční seskoky, kroupy, zima (nijak extrémní, ve vzduchu -15 °C)

Šero, výška 8000 ft až 10000 ft

Větrné podmínky jsou zásadní a mohou být překvapivé, oblačnost, bouřka

Stane se - déšť a krupobítí

Vírník do 1200 m, SPL: 4500 m. Šero. V létě v kabině až 50 °C. Kluzák do 10 hodin, vírník do 6 hodin.

Výška nad 7 km. Až -30 °C v kabině (klidně celý den 6-7 hodin). Až 60 °C v létě. Let za šera. Neplánované přistání může způsobit let nad 12+ hodin.

Popište využívané vybavení (batoch, nákoleník, chytré hodinky, ...).

12 responses

PK: Flight Deck pulitik. Letadlo: nákoleník s držákem na mobilní telefon. Na pulitku je: mobil se SkyDemon, vysílačka, papír. Sluchátka Bose A20.

Nákoleník v motorovém létání na telefon nebo papír. Batoch. Bluetooth sluchátka A20.

Magnetický nákoleník, chytré hodinky Garmin

Vario na noze. Pulitik - flight deck - je zavazákly k sedačce (nemá každý).

Taška, nákoleník, sluchátka Bose A20

Nákoleník na mobil/tablet, chytré hodinky ano, ale nepoužívány kvůli oblečení na MZK, bez batochu/tašky

Dva nákoleníky - na papír a tablet. Vozí externí baterii

Nákoleník Dream Pilot se slídou v1, testuje magnetický v3

Pulitik s XCTracer + mobil a powerbanka (mobil na nejvyšší jas, vybíjí se rychle). Připevněno na pulitik přes suchý zip.

Nákoleník

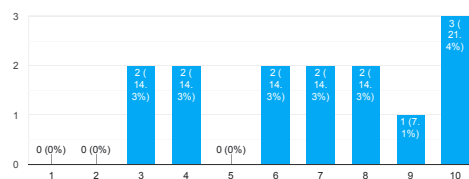
Taška, nákoleník (LAPL), v kluzáku bez sluchátek - reproduktor

Na letadlo plachta proti slunci - pokud nemá, bere zařízení mimo palubu kvůli horku, nákoleník

Jaká je maximální souhrnná doba vašeho letu během jednoho dne?

Copy

14 responses



Popište využívané oblečení (rukavice, kapsy, ...).

10 responses

MPK: Lyžařské rukavice, dostatek kapes

Rukavice vždy i v létě s vodivou vrstvou. Někdo ale nosí běžné tlusté i palčáčky.

Kombinéza, kapsa velikosti krabičky na cigarety

Léto - normální oblečení, bunda, bez rukavic

Zima - windshield na tělo, elektrické rukavice (ruce jsou mimo windshield, málo obratné - ladit vysílačku je už problém), kombinéza (jako lyžařská, kapsy velikosti na mobil), kukla, přilba (integrovaná pasivní sluchátka bez další zdířky)

Nechytrá helma s malým úložným prostorem na pipák, na helmu lze přidat kameru apod., rukavice tenké dotykové, kombinéza bez kapes (parachute), běžné oblečení (ostatní)

Helma s integrovaným reproduktorem (možná one-way rádio)

Kombinéza policejní - velké kapsy, Bomber B3 kožená bunda na zimu, rukavice typu lyžařské - dotykové - jeden prst ideálně

Zimní prstové rukavice

Občas rukavice

Rukavice ano, ale lze je snadno sundat.

Diskuse nad umístěním zařízení.

14 responses

Jedině krabičku schovat a používat mobil. Na pulitku je: mobil se SkyDemon, vysílačka, papír. PK: Pokud se nepovede integrace do SkyDemon, tak by se na další (naší) aplikaci vykašlal a informace o dalším provozu nepotřebuje v pomalé rychlosti, krabičku dá do kapsy... Letadlo: Pokud se nepovede integrace do SkyDemon, tak by používal krabičku připevněnou na palubku, ne další aplikaci.

Vše je možné - kapsa, batoch, na palubku. Ideálně na palubku do elektrické sítě - nechce se starat o napájení, přenášení...

Před sebe na palubku, kapsa letadla, suchý zip nad sebe v kabině

Krabička se musí ozvat, pokud není zapnutá za letu. Připnout krabičku lze na popruhy - jsou napnuté. Lze přilepit na flight deck. Lze uložit do kapsy, pod sedačku...

Umístění na dohled (pro případ požáru, kontroly funkce)

Ideálně přenos dat do mobilu, kapsa sekundárně, na tělo letadla při vizuální signalizaci možné připevnit

Úložný prostor v PK, kapsa kombinézy při parachutingu (může být mimo dosah - na zádech), možnost na palubku v letadle nebo do kapsy

Telefon ve stojanu, zařízení v batochu nebo přidělané suchým zipem k palubce. Nerad by rozdělil obrazovku tabletu na dvě části - raději sólo mobil nebo integraci do SkyDemon. Zařízení lze napájet z el. systému letadla přes auto zásuvku.

Palubka - připevnit k letadlu nejlépe, levá kapsa kombinézy

Pulitik. Chce jen jednu krabičku bez další mobilní aplikace (mobil již obsazen na XCTracer)

Integrace do letových displejů přes kabel/BT. Aplikace na telefon ideálně, PIP na tabletu. V zorném poli jinak přilepit na palubku.

Do přístrojové desky dnovitř, pokud to nebude vyžadovat interakci. Jinak přilepit na desku 3M Dual Lockem.

Vše možné, i na palubku.

SkyEcho má v kapse na palubce - vysílá přes laminát, iPad před sebou. Základní vizualizace na krabičce by byla dobrá pro jednoduché použití.

Diskuse nad smyslovou komunikací zařízení a aplikace (akustická nebo haptická nebo vizuální).

14 responses

Haptika ne. Akustika: obtížné, sluchátka s ANC.

V aplikaci, žádné LED "blikátka" apod, kdyžtak akustická

Akustická jedině do sluchátek - preferovaná

Akusticky jako priorita, vibrace jako sekundární také mohou být dobré. Vizuální také v podobě LED - preferuje eink displej. Ideálně integrovat do XCTracku.

Vizuální, akustická minimálně kvůli sluchátkům

Rogalo: haptika a akustika, ULL: vizuální. Rogalo je klidné / bez výrazných vibrací (klidnější než letadlo), haptika by byla znát

Vibrace mohou být obtížné znatelné (parachute) a akustika neslyšitelná

Pro parachuting akustická - připojit přes Bluetooth reproduktor/sluchátka do helmy. Sluchátka některé helmy mají, nebo lze dokoupit. Na nákoleník při seskoku je také možnost, na ruku však nechce kvůli obavám ze zachytávání. Ostatní letadla - vizuální nebo též akustická, přes sluchátka bez ANC bude slyšitelné.

Akustická ne, vizuální ideálně - blikající LED na palubce, vibrace by byly neznatelné

Akusticky + vizuální. Důležité rychlé vyhodnocení. Stačí jednoduché LED

Vibrace ne. Vstup na jack je možný. Akustika - pípnutí na upozornění a poté vizuální přes aplikaci.

Vizuální a v kluzáku i akustická.

Ideálně vše - primárně akustická (použit typický zvuk již užívaný v letectví). Použije primárně mobil, pokud krabíčka nebude mít displej nebo lepší zobrazení (výška, směr protiletícího provozu - rúžice je minimum a jeho výška) - v takovém případě preferuje krabíčku.

Akustická + vizuální

Diskuse nad rozměry zařízení s papírovým modelem.

8 responses

"Mobil" lépe na palubku a do kapsy.

Co nejmenší, zvlášť pro parachuting - ideálně velikost Dronetagu Mini

Bez ostrých hran!

Placatější - méně se zadržává, lépe na pultik.

"Mobil" se lépe vejde na palubku

Dovnitř palubky jedno, na palubku lepené - vyšší varianta kvůli úspoře místa

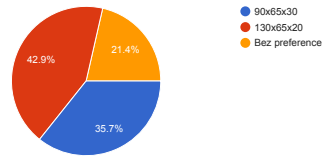
Na přístrojovou desku příliš velké. Standardizovaná velikost na palubku? Suchý zip méně sympatický než prolis/nástavec do stojanu/držáku...

Cigaretová možná lepší k vylepení na palubku, ale preference je malá

Kterou velikost zařízení preferujete?

Copy

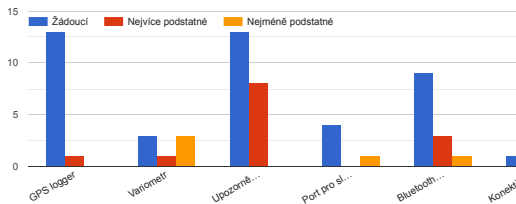
14 responses



Další funkce navrhovaného zařízení (7 min)

Funkce zařízení

Copy



Komentář k funkcím zařízení.

14 responses

Připevnění jen pokud to bude zobrazovat dodatečné informace. Suchý zip si raději nalepí sám, ale chce jej. LEDky asi nejsou cesta, to raději displej - pouze pokud nelze integrovat do SkyDemon. Přílba = integrovaná BT sluchátka.

Možnost kolize v telefonu. Nechce přenosné zařízení, ale zabudované, připojené na elektronický systém letadla.

Ideálně integrace s interní navigací Garmin

Logger jen certifikovaný (některé aplikace [možná XCTrack?] to umí). Variometr jen s kalibrovaným kvalitním barometrem.

Musí mít fyzické on/off tlačítko odpojující zdroj napájení. Rád připlatí za display (např. jen e-ink informující o stavu zařízení). Odpor k mnoha různým patternům blikajících LED.

Bluetooth audio varování před provozem- zvaží zakoupení bluetooth sluchátek, display v první fázi nemusí mít, SD karta není při integraci s mobilem nutná

Krabíčka musí být bytelná, častý je pád při přistání, dopad na záda, kde by krabíčka mohla být v kapse atd. Co nejjednodušší, zejména pro žáky ve výcviku.

Přenos dat přes kabel do počítače - lepší než SD karta nebo BT. Očko pro zavěšení na šňůrku např. na krk. Bez ostrých hran!

Upozornění na extrémní vítr a inverzní oblačnost a bouřky, upozornění na aktivované prostory, upozornění na zvýšený provoz, ztlumit upozornění když budu na sletu apod., display

nepotřebný maximálně k nastavení zařízení, jiný držák než suchý zip lepší (jako na mobil v autě), Bluetooth u tohoto respondenta ne, u ostatních ano

High-g může být i při normálních přistání. Není třeba ani vzdálenost ode mne při zobrazení provozu. Nepoužívá sluchátka, proto bez připojení.

Certifikované loggery mají většinou SD kartu, ale jinak mobil lepší. Displej jen bez aplikace.

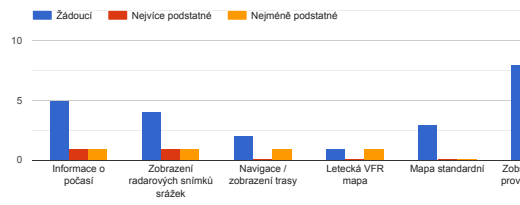
Certifikovaný logger na plachtařské závody? - to by mělo přidanou hodnotu. Místo displeje třeba jen několik LED, kde je provoz (jako jednoduchý FLARM), ale displej/integrace preferována. Bluetooth konektivita k navigačním aplikacím, např. LK8000 / LXNAV displej v letadle, lepší než separátní aplikace. Suchý zip raději nandat/přilepit sám.

Ne nutné suchý zip, ale lepší prolis na vložení do standardních míst na přístrojové desce. Zobrazovat stav baterie. Logger musí být certifikovaný.

Pozor na magnety u nákoleníku, suchý zip si každý dodá sám

Funkce aplikace

Copy



Komentář k funkcím aplikace.

12 responses

Přilba = integrovaná BT sluchátka.

Nechce další aplikaci, integrace s ostatními

Nutnost filtrovat typy letadel (nezobrazovat paraglidistovi Boeing). Otevřený protokol pro propojení s ostatními aplikacemi.

Možnost živě zobrazovat NOTAMy, aktivity prostorů, počasí na SLZ plochách

Co nejjednodušší, nechce další aplikaci

Hlavně upozornění na drony - zobrazit jejich výšku, rychlost, SMĚR i váhu apod. např. rozlišit podle barvy/tvaru. SkyDemon nemá cenu dotahovat co se týče navigace a map, zobrazení jiných dat jako počasí je vítáno.

Bluetooth u tohoto respondenta ne, u ostatních ano. Aplikace ideálně na pozadí.

Nechce další aplikace - není na to prostor, má již XCTrack.

VFR mapy jedně při konkurenci SkyDemonu. Co nejjednodušší zobrazení antikolizní funkce.

Ideálně kompatibilita s ostatními systémy a aplikacemi. Nebo je kompletně nahradit, což je náročné. Jen další displej - nechce využívat aplikaci za letu.

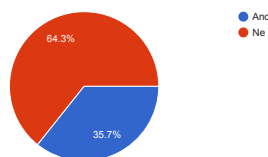
Počasi/radar jako podklad mapy. Navigace - go to. Letecká VFR mapa je někdy až přesycená. Zobrazit okolní provoz do cca 30 km. Vario když kroužím - kde je stoupavý proud.

GDL90 jako SafeSky do dalších aplikací typu SkyDemon, standalone aplikace je dobrá, jelikož ne všichni si platí SkyDemon apod., počasí není nezbytné, jako podklad raději VFR mapu - kvůli zobrazení prostorů (tzn. stáčí i standardní + prostory), pozor na false positives (na zemi...)

Upřednostníte displej i když to znamená zvýšení ceny / snížení výdrže baterie?

Copy

14 responses



Diskuse nad cenou, předplatným a funkcemi v předplatném.

13 responses

Předplatné jen pokud nahradí SafeSky, jinak nemá cenu. SkyDemon nenahradí.

Když bude mít certifikaci loggeru tak ok, jinak se dá OGN koupit za pár tisíc. Předplatné OK.

Mírný odpor k předplatnému

Negativní postoj k předplatnému. Cena pod 10000 Kč by byla v pořádku, nad hrozí nezakoupení/bastlení.

Předplatné nevadí

Vysoká cena, ideálně do 5000 Kč (pro srovnání pipák 2000 Kč, helma 4000 Kč, SkyDemon 2000 Kč)

Velmi záporný vztah k předplatnému - preferuje jednorázový upgrade. Cena 10000 Kč je v pořádku.

Cena vysoká - kolem 5000 by bylo přijatelné, záporný vztah k předplatnému - preferuje nákupy lifetime

Cena nehraje tolik roli, ale LEDky úplně stačí, je to rychlejší a přehlednější. Nechce předplatné - existují jiné free alternativy.

Předplatné nevadí.

Pokud to umí se propojit, tak bez displeje. Raději displej než 12 LEdek.

Cena 10000 Kč OK, není fanoušek předplatného, lepší jednorázový update (např. 5000-10000 Kč navíc k základní ceně - pokud bude obsahovat např. certifikovaný logger)

Ale displej může mít pro někoho význam. V Anglii dotována cena. Předplatné nevadí, platí SafeSky, myslí si, že ostatní si to ale nekoupí.

Možnost vyjádřit další návrhy a postřehy (∞ min)

Další postřehy a poznámky.

12 responses

Především integrace do SkyDemon - prioritá, bez toho zařízení moc smysl nedává, nechce rozdělovat pozornost mezi více aplikací.

OGN umí logovat data apod.

Zájem o co nejnižší cenu, ideálně autonomní zařízení bez nutnosti větší manipulace s aplikací

Možnost spolupráce - vývoj a testování hardwaru. Rád zůstane v kontaktu ke konzultacím apod. Práce v Dejvicích.

Nepoužívat Li-ion nebo Li-Po, kvůli obavám z hoření. Bluetooth nezapojovat jako další audio, problém u Androidu. Komunikace sluchátka-telefon-zařízení.

Co největší zjednodušení, za letu není čas řešit další funkce nebo se starat o různé typy vibrací/zvuků. Obzvlášť pro žáky ve výcviku (parachuting). Straší kolegové mají jen problém naladit radio. Většina kolegů bude preferovat nelegální let než se obtěžovat s technologií, navíc placenou. Obava z upozornění na okolní provoz - ve skupině nebo při volném pádu člověka před otevřením padáku (běžně 200 km/h). Je možné dorazit do AK Kolín pro další informace a názorné ukázky.

Čím více (zdrojů) dat, tím lépe. Certifikace loggeru pro závodu může být užitečná (např. s příplatkem 2000 Kč). Zařízení bez ostrých hran kvůli dopadům paracetolstů.

Aplikace ideálně na pozadí. Baterie nestačí na jeden den - skupinové přelety - baterie alespoň 12 hodin.

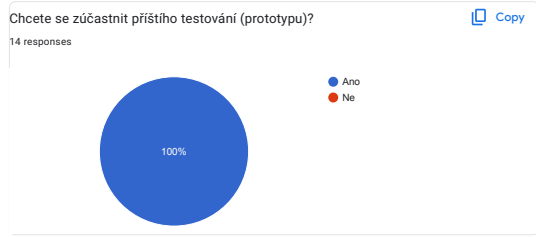
SkyDemon používá 80 % pilotů v Evropě - zakomponovat - ve SkyDemon jsou tomu otevření, funguje to s SafeSky i na iOS. Testovat na nějakém sletu - Tábor. Rádi otestují i s vírníkem a někým doletí. Napiš maillem další poznámky. Jeden respondent 70+, druhý 19 let.

Ideálně napájení z letadla pro bezstarostný provoz bez nutnosti manipulace.

Testování z okolí Ostravy - poslat zařízení balíčkem. JeTi modely - nabízí možnost spolupráce při výrobě základní desky, krabičky apod. <https://www.jetimodel.com>

Naučit lidi, aby to používali, bude těžké, odpovídac == práskáč. Chtěl by i zobrazení dronů - kvůli nácvyku nouzového přistání

Závěr a možnost další spolupráce při testování prototypů (0 min)



This content is neither created nor endorsed by Google. [Report Abuse](#) - [Terms of Service](#) - [Privacy Policy](#)

Google Forms

Dotazník k návrhu uspořádání diod

V této příloze je krátký dotazník distribuovaný ve Facebookové, letecky zaměřené skupině Dole-tíš!?. Otázky se týkají navrženého řešení na uspořádání a funkci LED pro upozornění na okolní provoz na fyzickém zařízení Pilottag. Průzkumu se zúčastnilo 33 respondentů, použita byla technologie Google Forms a odpovědi byly anonymní. Více k tématu popisuje sekce 6.6.1.

Zařízení pro zobrazení okolního leteckého provozu

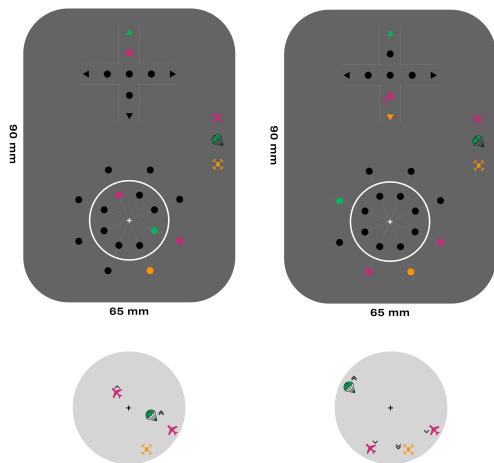
Dobrý den,

děkuji za zájem o vytvoření bezpečnějšího vzdušného prostoru. Krátký dotazník je vytvořen v návaznosti na návrh nového zařízení, které umožní varovat piloty před okolním provozem. Zařízení bude přenosné, baterií napájené a určeno pro piloty menšího letectví všech kategorií, včetně paraglidistů, rogalistů apod. Vyplnění nezabere déle než 5 minut, odpovědi jsou anonymní a budou využity pro zpracování bakalářské práce: Design zařízení a aplikace pro digitální identifikaci malých pilotovaných letadel v U-space.

Následuje série obrázků, pod nimiž je vždy otázka a možnost vybraní odpovědi. Doplnující odpovědi lze zanechat na konci dotazníku. V případě dotazů nebo chyby v dotazníku je možné psát na cmiralu1@cvut.cz.

1. část

Existující FLARM LED displeje mají jednoduchou směrovou růžici, blízký provoz se zobrazuje červenou barvou, vzdálenější oranžovou. Některé číslicí zobrazí vzdálenost nejbližšího provozu. Jsou přehledné, ale nabídnou omezený rozsah informací.



Nový návrh si klade za cíl poskytnout více informací: dvě soustředné kružnice diod – **vnější zobrazuje vzdálenější provoz, naopak vnitřní ten blíží. Barvami se odlišuje typ provozu** (letouny, padákové/závěsné kluzáky, drony).

Do kříže jsou diody zobrazující relativní výšku okolního provozu (do kříže, aby se zařízení dalo použít vertikálně i horizontálně). Pokud je nějaký provoz blízko (ve vnitřní kružnici), je zobrazena relativní výška jen těchto blízkých letadel, naopak není-li poblíž žádná, jsou zobrazeny výšky i těch vzdálenějších. To je demonstrováno na levém (jen blízké) vs. pravém obrázku (jen vzdálené).

Pokud je provozů v jednom sektoru více, dioda může blikat, což je naznačeno třemi čárkami. Blikání je však předmětem až druhé otázky.

Je přiložen i radarový pohled pro ujasnění situace.

Zařízení pro zobrazení okolního leteckého provozu

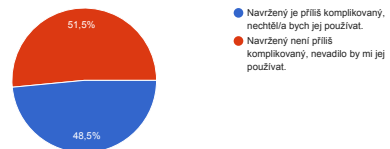
33 odpovědí

1. část

Je nově navržený systém příliš komplikovaný / obsahuje zbytečně příliš mnoho informací? [Kopírovat](#)

* *Detaily jako blikání, konkrétní barvy apod. je snadné v návrhu změnit, podstatné je zde zejména množství a uspořádání diod a jejich různá barevnost.*

33 odpovědí



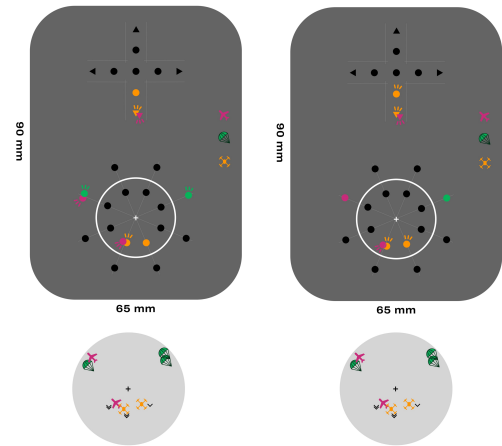
2. část

Blikat mohou buď všechny sektory, **kde je více provozů**, třeba i různými barvami (např. na desáté hodině je parašutista a letoun a v sektorech, kde je jen jeden provoz, blikání nebude) (obr. vlevo) – v této variantě je zobrazeno více informací.

Nebo budou blikat všechny provozy, **kteřé jsou blízko** (obr. vpravo) – blikání upoutá pozornost pilota na hrozící nebezpečí, ale ve vnějším kruhu se pak zobrazí jen jeden typ provozu (zde prioritá od největšího, tedy padák na desáté hodině je na obrázku vpravo potlačen).

Blízký provoz bude v obou případech doprovázen akustická výstraha.

Blikání všeho vícečetného provozu vs. blikání jen blízkého provozu

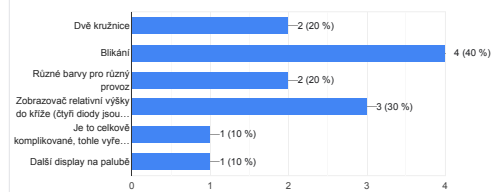


Co konkrétně vám případně vadí / přijde matoucí?

[Kopírovat](#)

Můžete vybrat více možností, případně doplňte vlastní.

10 odpovědí

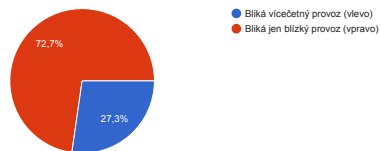


2. část

Preferuji variantu:

[Kopírovat](#)

33 odpovědí

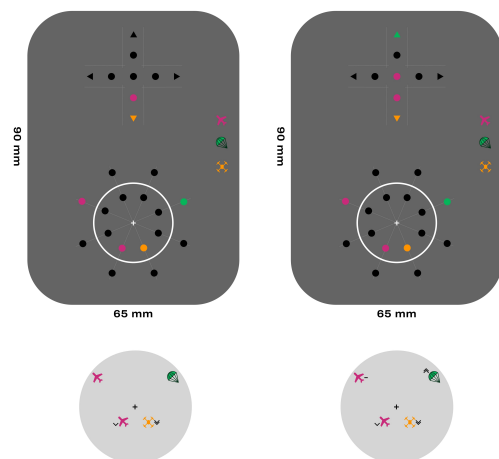


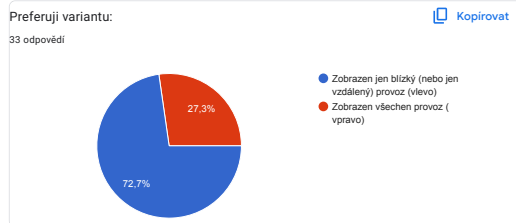
3. část

3. část

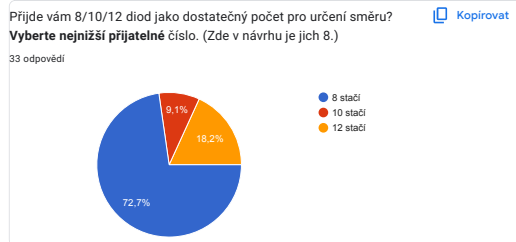
Na **výškovém zobrazení** je **jen blízký provoz** (nebo jen vzdálenější provoz, pokud žádný blízký neexistuje) (obr. vlevo) nebo je zobrazen **veškerý provoz**, tedy dohromady blízký i vzdálený (obr. vpravo)

Jen blízký vs všechny provoz v zobrazení výšky





4. část



Další poznatky / doplňující odpovědi.

9 odpovědi

Poslední dobu sa tým zaoberám 10 hodín denne, super nápad držím palce. Můj systém podporuje aj appky ale tvoj bude určite cenovo dostupnejší. :)

Řešení mi přijde velké, na pochopení komplikované a v silně se měnících světelných podmínkách kokpitu (přímé slunce - noc) obtížně realizovatelné při zachování kontrastu a míry "upoutání pozornosti". Snaha o možnost horizontálního a vertikálního zobrazení je spíše kontraproduktivní, zvlášť u téměř čtvercového profilu. Návrh dále nepočítá s nezbytnými stavovými diodami.

Ale hlavně mi obecně takové řešení přijde jako nějaký návrat do osmdesátek. Řešit diody v době OLED displejů je zajímavé myšlenkové cvičení, ale jeho praktické použití mi uniká. Zvlášť u zařízení, u kterého většina energetického i finančního budgetu padne na RF část.

- Marcel Šulek, marcel@sulek.eu

Nedělej diody, ale appku do telefonu.

Nejsem si jist použitím barev pro rozlišení provozu. Zelenou lze interpretovat, že cíl není pro mne nebezpečný a proto je zelený, naopak červený znamená nebezpečí a je potřeba se mu venovat prioritně.

Preferoval bych co nejjednodušší zobrazení akutních hrozeb, pro obecnější přehled bych používal výstup na obrazovku s mapou. Další varianta je vytvořit více profilů zobrazení a nechat volbu na majiteli letadla.

Pro blízký provoz - nebezpečí kolize - neslo by problíkat celý display a zobrazit jen ten jeden jeden blízký provoz kterého se varování týká na jiném pozadí?

Pozrite safesky tam je to prehľadnejšie

Od takového přístroje bych očekával zobrazování co nejméně informací které jsou v dané chvíli nejvíce důležité pro bezpečnost letu. Napadlo mě signalizovat výšku ostatního provozu přímo u zobrazení jejího směru např šipkou nahoru a dolů přímo u diody.

8 ale jako kompas ne posunutě.

Obsah není vytvořen ani schválen Googlem. [Nahlásit zneužití](#) - [Smluvní podmínky služby](#) - [Zásady ochrany soukromí](#)

Google Formuláře

Bibliografie

1. NEJEZCHLEB, Martin et al. *Učebnice pilota 2016: pro žáky a piloty všech druhů letounů a sportovních létajících zařízení, provozujících létání jako svou zájmovou činnost*. 1. vydání. Cheb: Svět křídel, 2016. ISBN 978-80-87567-89-0.
2. *Letecké předpisy L a JAR* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>.
3. *Letecký předpis L2: pravidla létání* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-2/index.htm>.
4. *Postupy pro letecký personál: CAA-ZLP-163 Způsobilost pilotů letounů* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.caa.cz/wp-content/uploads/2019/07/CAA-ZLP-163-Zpu%CC%8Asobilost-pilotu%CC%8A-letounu%CC%8A.pdf?cb=bf4313c06f23d2190d8c1a980306c2d9>.
5. *Letecká amatérská asociace: o nás* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.laacr.cz/Stranky/0-laa-cr/default.aspx>.
6. *Letecká amatérská asociace: odbornosti* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.laacr.cz/Stranky/Odbornosti/default.aspx>.
7. *Letecký předpis L10: pravidla létání* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-10/index.htm>.
8. *Letecký předpis L11: pravidla létání* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-11/index.htm>.
9. *SKYbrary: Primary Surveillance Radar* [online]. [cit. 2023-03-28]. Dostupné z: <https://www.skybrary.aero/articles/primary-surveillance-radar-psr>.
10. *SKYbrary: Secondary Surveillance Radar* [online]. [cit. 2023-03-28]. Dostupné z: <https://www.skybrary.aero/articles/secondary-surveillance-radar-ssr>.
11. *AIP: GEN 1.5 palubní přístroje, vybavení a letová dokumentace* [online]. [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: https://aim.rlp.cz/ais_data/aip/data/valid/g1-5.pdf.
12. *Prováděcí nařízení komise (EU) č. 1207/2011: kterým se stanoví požadavky na výkonnost a interoperabilitu přehledu v jednotném evropském nebi* [online]. 2011-11-22. [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?qid=1396865968400&uri=CELEX:32011R1207>.
13. *SKYbrary: ADS-B* [online]. [cit. 2023-03-28]. Dostupné z: <https://www.skybrary.aero/articles/automatic-dependent-surveillance-broadcast-ads-b>.
14. *ADS-B.com: What are the Pros and Cons of 978MHz UAT ADS-B?* [Online]. [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: <http://www.ads-b.com/faq-9.htm>.

15. *SKYbrary: Airborne Collision Avoidance System* [online]. [cit. 2023-03-28]. Dostupné z: <https://www.skybrary.aero/articles/airborne-collision-avoidance-system-acas>.
16. *SKYbrary: FLARM* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.skybrary.aero/articles/flarm>.
17. *navITer: How it works: Fanet+* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://naviter.com/2019/09/how-it-works-fanet/>.
18. *Glidernet: Welcome to the OGN project!* [Online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.glidernet.org/>.
19. *Prováděcí nařízení Komise (EU) 2019/947: o pravidlech a postupech pro provoz bezpilotních letadel* [online]. 2019-05-24. [cit. 2023-05-03]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A02019R0947-20220404>.
20. *Nařízení Komise v přenesené pravomoci (EU) 2019/945: o bezpilotních systémech a o provozovateli bezpilotních systémů ze třetích zemí* [online]. 2019-03-12. [cit. 2023-05-03]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A02019R0945-20200809>.
21. *Veřejná vyhláška opatření obecné povahy: o ustanovení omezeného prostoru LKR10 - UAS* [online]. 2020-12-30. [cit. 2023-05-03]. Dostupné z: <https://www.caa.cz/wp-content/uploads/2020/11/20201230162623731.pdf>.
22. *Drone Remote ID: What is Remote ID?* [Online]. [cit. 2023-05-03]. Dostupné z: <https://drone-remote-id.com>.
23. *Prováděcí nařízení Komise (EU) 2021/664: o regulačním rámci pro vzdušný prostor U-space* [online]. 2021-04-22. [cit. 2023-05-04]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A32021R0664>.
24. *Prováděcí nařízení Komise (EU) 2021/665: měnící prováděcí nařízení (EU) 2017/373, pokud jde o požadavky na poskytovatele služeb v oblasti uspořádání letového provozu/letových navigačních služeb a jiných funkcí sítě uspořádání letového provozu ve vzdušném prostoru U-space určeném v řízeném vzdušném prostoru* [online]. 2021-04-22. [cit. 2023-05-04]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A32021R0665#>.
25. *Drone Remote ID: měnící nařízení (EU) č. 923/2012, pokud jde o požadavky na leteckou dopravu s posádkou provozovanou ve vzdušném prostoru U-space* [online]. 2021-04-22. [cit. 2023-05-04]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A32021R0666>.
26. *Létejte zodpovědně: U-space* [online]. [cit. 2023-05-04]. Dostupné z: https://letejtezodpovedne.cz/vse_o_letani/budoucnost/u_space.
27. *AMC and GM to SERA — Issue 1, Amendment 6* [online]. 2022-12-20. [cit. 2023-05-04]. Dostupné z: <https://www.easa.europa.eu/en/downloads/137419/en>.
28. *Pre-Recordings for Webinar on iConspicuity: ADS-L – iConspicuity for GA and Rotorcraft in U-space and beyond* [online]. 2022-02-16. [cit. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLTfS24aKkJn76qYVtUfhswviiJSJHC18Z>.
29. HORVÁTH. *Feasibility Study about the possibility of using mobile telecommunication technologies for making manned aircraft electronically conspicuous in U-space* [online]. EASA, 2021 [cit. 2023-04-07]. Dostupné z: <https://www.easa.europa.eu/downloads/134939/en>.
30. *Dronetag: about us* [online]. [cit. 2023-03-10]. Dostupné z: <https://dronetag.cz/company/about-us/>.

31. VEJSKAL, Matyáš. Český Dronetag připne dronům „psí známky“ kvůli novým evropským pravidlům. „Drony převezmou převoz krve či inspekce,“ věští zakladatel. *SJ News* [online]. 2021 [cit. 2023-03-10]. Dostupné z: <https://sj.news/psi-znamka-a-ridici-vez-pro-drony-v-jednom-to-je-cesky-startup-dronetag-ktery-se-podili-na-vzniku-jednotneho-evropskeho-standardu/>.
32. HNÍKOVÁ, Eva. Pozor, letí zásilka. Český nápad brání srážkám dronů. *Ekonom* [online]. 2022 [cit. 2023-03-10]. Dostupné z: <https://ekonom.cz/c1-67092620-pozor-leti-zasilka-cesky-napad-brani-srazkam-dronu>.
33. *Dronetag: Dronetag Mini* [online]. [cit. 2023-05-01]. Dostupné z: <https://dronetag.cz/products/mini/>.
34. *Dronetag: Dronetag Beacon* [online]. [cit. 2023-05-01]. Dostupné z: <https://dronetag.cz/products/beacon/>.
35. *Dronetag: Dronetag DRI* [online]. [cit. 2023-05-01]. Dostupné z: <https://dronetag.cz/products/dri/>.
36. *Dronetag: Dronetag App* [online]. [cit. 2023-05-01]. Dostupné z: <https://dronetag.app>.
37. *Představení projektu: TAČR kód projektu FW04020025*. Dronetag, 2022. Neveřejný dokument.
38. *Europe Air Sports: Safeguarding the interests of all air sports and general aviation in Europe* [online]. [cit. 2023-03-12]. Dostupné z: <https://www.ilmailuliitto.fi/wp-content/uploads/2016/08/eas-current-topics-for-sil-talvipaivat-2020-nils-rostedt..pdf>.
39. *Marketingová studie: TAČR kód projektu FW04020025*. Dronetag, 2022. Neveřejný dokument.
40. *Průběžná zpráva: TAČR kód projektu FW04020025*. Dronetag, 2023. Neveřejný dokument.
41. UAVIONIX. *SkyEcho Installation and Pilot's Guide* [online]. © 2022. [cit. 2023-04-06]. Dostupné z: <https://uavionix.com/downloads/skyecho/SkyEcho%20%20User%20and%20Installation%20Guide%20REV%20N.pdf>.
42. *Sentry: overview* [online]. [cit. 2023-04-06]. Dostupné z: <https://flywithsentry.com>.
43. *LX Navigation: Colibri X* [online]. [cit. 2023-04-08]. Dostupné z: <https://www.lxnavigation.com/gliding/flight-recorders/colibri-x/>.
44. *LX Navigation: PowerFLARM Eagle Mobile* [online]. [cit. 2023-04-08]. Dostupné z: <https://www.lxnavigation.com/aviation/powerflarm/powerflarm-eagle-mobile/>.
45. *XC Tracer: XC Tracer Mini V* [online]. [cit. 2023-04-06]. Dostupné z: <https://www.xctracer.com/en/xtracermiiiiigps>.
46. *XC Tracer: XC Tracer Maxx II* [online]. [cit. 2023-04-06]. Dostupné z: <https://www.xctracer.com/en/xtracermmaxx>.
47. *Skytraxx: Skytraxx 4.0* [online]. [cit. 2023-04-07]. Dostupné z: <https://en.skytraxx.eu>.
48. *Droniq: HOD4TRACK* [online]. [cit. 2023-04-08]. Dostupné z: <https://droniq.de/en/produkte/hod4track-deutschland-v3/>.
49. *OGN CUBE 3.5 Installation and User's Manual* [online]. 2021. [cit. 2023-04-08]. Dostupné z: <https://ogn.ibisek.com/wp-content/uploads/2021/05/cube35-manual-en.pdf>.
50. *navITer: Oudie N and Oudie N Fanet+ the game changers* [online]. [cit. 2023-04-09]. Dostupné z: <https://naviter.com/oudie-n-free-flight/>.
51. *FID Avionics: produkty a služby* [online]. [cit. 2023-04-09]. Dostupné z: <https://www.fid-avionics.com/cz/produkty-a-sluzby/>.

52. *Pilotaware: Rosetta* [online]. [cit. 2023-04-09]. Dostupné z: <https://www.pilotaware.com/rosetta>.
53. *uAvionix: about company* [online]. [cit. 2023-04-06]. Dostupné z: <https://uavionix.com/contact/>.
54. *SafeSky: How it works?* [Online]. [cit. 2023-04-09]. Dostupné z: <https://www.safesky.app/en/fonctionnement>.
55. *SafeSky: compatibility* [online]. [cit. 2023-04-09]. Dostupné z: <https://www.safesky.app/en/compatibilite>.
56. *SafeSky: community* [online]. [cit. 2023-04-09]. Dostupné z: <https://www.safesky.app/en/communaute>.
57. *SafeSky: security* [online]. [cit. 2023-04-09]. Dostupné z: <https://www.safesky.app/en/securite>.
58. *SafeSky: plans* [online]. [cit. 2023-04-09]. Dostupné z: <https://www.safesky.app/en/formules-tarifaires>.
59. DIVELEMENTS LIMITED. *Mobilní aplikace SkyDemon pro iOS* [online]. © 2023. [cit. 2023-04-09]. Dostupné z: <https://apps.apple.com/cz/app/skydemon/id497184081?l=cs>.
60. *SkyDemon: store* [online]. [cit. 2023-04-09]. Dostupné z: <https://www.skydemon.aero/store/>.
61. *XCTrack* [online]. [cit. 2023-04-09]. Dostupné z: <http://xctrack.org>.
62. *Fly Air3: Air3 7.3 - 7.3+* [online]. [cit. 2023-04-09]. Dostupné z: <https://www.fly-air3.com/en/products/air3-73-specs/>.
63. *Takachi enclosure: IP67 handheld plastic enclosure - WH series* [online]. [cit. 2023-05-10]. Dostupné z: <https://www.takachi-enclosure.com/products/WH>.
64. *Takachi enclosure: handheld case with silicone cover - LCS series* [online]. [cit. 2023-05-10]. Dostupné z: <https://www.takachi-enclosure.com/products/LCS>.
65. *Takachi enclosure: handheld case with shock-proof cover - LCT series* [online]. [cit. 2023-05-10]. Dostupné z: <https://www.takachi-enclosure.com/products/LCT>.
66. *Hammon Manufacturing: ABS Plastic Hand Held Enclosures 1553 Series* [online]. [cit. 2023-05-10]. Dostupné z: https://www.hammg.com/electronics/small-case/plastic/1553?itm_type=similar-product.
67. *Polycase: VM-24 Handheld Plastic Enclosure* [online]. [cit. 2023-05-10]. Dostupné z: <https://www.polycase.com/vm-24>.
68. *KeLaiMei Store: Handheld Plastic Box Small Electronics Enclosures DIY Industrial Housing Instrument Case ABS Plastic Junction Box 126*81*30mm* [online]. [cit. 2023-05-10]. Dostupné z: <https://www.aliexpress.com/item/1005004111108058.html>.
69. *Nielsen Norman Group: 10 Usability Heuristics for User Interface Design* [online]. [cit. 2023-05-09]. Dostupné z: <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>.
70. FOLTIN, Vladimír. *GA Roadmap 2.0 Update: iConspicuity in U-space and beyond* [online]. EASA, 2023-03-14 [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: https://docs.google.com/presentation/d/1B6u25aoMFzGzLs19o6ZN5Vx_yPgdnDvE/edit?usp=share_link&ouid=110282458631145504566&rtpof=true&sd=true.
71. *Prusa Research: 3D Printing Price Calculator* [online]. [cit. 2023-05-10]. Dostupné z: <https://blog.prusa3d.com?read-calc=NzgxNjc=>.
72. SHIBAMOTO, Ryota. *Takachi quotation*. 2023-05-11. Dostupné v příloze práce.

Obsah přiloženého archivu

readme.txt	stručný popis obsahu média
— prototype	
— photos	adresář s obrázky prototypu
— placement	adresář s obrázky rozmístění prototypu
— app-ui	
— overview-hires.png	soubor s přehledem obrazovek ve vysoké kvalitě
— overview-compressed.jpg	soubor s přehledem obrazovek v nízké kvalitě
— pilottag.xd	soubor s UI aplikace Pilottag ve formátu Adobe XD
— dronetag.xd	soubor s UI aplikace Dronetag ve formátu Adobe XD
— artboards-export	adresář se snímky obrazovek UI aplikace Pilottag
— takachi-quotation.pdf	cenová nabídka na dodání krabiček
— source	adresář se zdrojovou formou práce ve formátu L ^A T _E X
— thesis.pdf	text práce ve formátu PDF