

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Využití dronů v logistice

Antonín Zdeněk Hron

Bakalářská práce

2025

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Antonín Zdeněk Hron**
Osobní číslo: **D21052**
Studijní program: **B1041A040002 Technologie a management v dopravě**
Specializace: **Dopravní management a marketing**
Téma práce: **Využití dronů v logistice**
Zadávací katedra: **Katedra dopravního managementu, marketingu a logistiky**

Zásady pro vypracování

Bakalářská práce bude obsahovat:

- teoretická východiska v oblasti dronů,
- analýzu využití dronů v logistice,
- návrhy na další rozvoj využití dronů.

Rozsah pracovní zprávy: **35-45 stran**
Rozsah grafických prací: **dle doporučení vedoucí/ho**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:
dle pokynů vedoucí/ho práce

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Roman Hruška, Ph.D.**
Katedra dopravního managementu, marketingu
a logistiky

Datum zadání bakalářské práce: **31. října 2024**
Termín odevzdání bakalářské práce: **27. června 2025**

L.S.

doc. Ing. Ladislav Řoutil, Ph.D.
děkan

Ing. Pavla Lejsková, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 18. června 2025

Prohlašuji:

Práci s názvemVyužití dronů v logistice.....
jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil,
jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona
č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně
některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že
Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního
díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo
bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne
požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to
podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a
doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí
Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu
závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím
Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 26.6. 2025

Antonín Zdeněk Hron v. r.

Rád bych poděkoval vedoucímu práce doc. Ing. Romanovi Hruškovi, Ph.D. za trpělivý přístup a cenné rady při zpracovávání bakalářské práce.

ANOTACE

Drony se prosadily v širokém spektru možného využití. Našly uplatnění nejen v logistice a průmyslu, ale také v zemědělství, armádě a mnoha dalších oblastech. Tato práce se bude zabývat analýzou využití dronů v logistice jako je například skladování, doručení na poslední míli a také humanitárním účelům. Dále se zaměří na vývoj jednotlivých parametrů dronu (konstrukce, velikost, autonomie) a legislativní rámec.

KLÍČOVÁ SLOVA

dron, bezpilotní letecký prostředek, logistika, poslední míle

TITLE

The use of drones in logistics

ANNOTATION

Drones have established themselves across a wide spectrum of possible applications. They have found use not only in logistics and industry, but also in agriculture, the military, and many other areas. This thesis will deal with the analysis of the use of drones in logistics, such as warehousing, last-mile delivery, and also for humanitarian purposes. Furthermore, it will focus on the development of individual drone parameters (design, size, autonomy) and the legislative framework.

KEYWORDS

Drone, unmanned aerial vehicle, logistics, last-mile delivery

OBSAH

ÚVOD	9
1 TEORETICKÁ VÝCHODISKA V OBLASTI DRONŮ	11
1.1 Historie Dronů.....	11
1.1.1 Prvotní myšlenky	11
1.1.2 Dějiny Novověku	12
1.1.3 Období světových válek.....	13
1.1.4 Studená válka	16
1.1.5 Česká stopa.....	19
1.1.6 Moderní dějiny	19
1.2 Definice a původ slova dron	21
1.2.1 Primární význam slova dron	22
1.2.2 Sekundární význam slova dron	23
1.3 Rozdělení a kategorizace dronů	25
1.4 Vojenské drony	26
1.4.1 Dle technických parametrů	26
1.4.2 Dle úrovně nasazení	32
1.5 Civilní drony	35
1.5.1 Podle typu konstrukce	35
1.5.2 Dle hmotnosti.....	41
1.5.3 Dle míry autonomie.....	44
2 ANALÝZA VYUŽITÍ DRONŮ V LOGISTICE.....	47
2.1 Legislativa.....	47
2.1.1 Evropská legislativa	47
2.1.2 Specifika v České legislativě	52
2.2 Doručování na poslední míli pomocí UAV.....	57
2.2.1 Amazon Prime Air	57
2.2.2 Google Wing	60
2.3 Humanitární Logistika s využitím UAV	61
2.3.1 Zipline	61
2.3.2 Swoop Aero.....	64
2.4 Inventarizační logistika pomocí UAV	66
2.4.1 Verity	66

2.4.2	Experimentální model inventarizace skladu	68
3	NÁVRHY NA DALŠÍ ROZVOJ VYUŽITÍ DRONŮ	70
3.1	Technologie dronů budoucnosti	70
3.1.1	Volocopter VoloCity	70
3.1.2	EHang EH216	72
3.2	Překážky a výzvy dalšího rozvoje dronů v logistice	73
3.2.1	Legislativní překážky	73
3.2.2	Technická omezení	74
3.2.3	Společenská výzva	75
3.2.4	Ekonomická udržitelnost	76
	ZÁVĚR	78
	POUŽITÁ LITERATURA	80
	SEZNAM TABULEK	93
	SEZNAM OBRÁZKŮ	94
	SEZNAM ZKRATEK	97
	SEZNAM PŘÍLOH	100

ÚVOD

Téma své bakalářské práce, využití dronů v logistice, jsem si vybral, protože ve spojení těchto dvou oblastí vidím velký potenciál. Logistika je obor, který nás dlouhodobě a masivně obklopuje a zajišťuje nám komfort, zatímco drony jako variabilní technologie nám umožňují zjednodušovat procesy a otevírat dříve nepředstavitelné způsoby řešení úkolů.

Lidé se odnepaměti zabývali tím, jak přemísťovat různé věci z jednoho místa na druhé. Ať už šlo o potraviny, materiál, či zbraně, šlo vždy o klíčovou součást lidského života. Tato potřeba postupem času přerostla v celý obor, kterému dnes říkáme logistika. Dříve byla často spjata s přesunem vojáků, jejich ubytováním a dostatečným zásobováním. Čím větší bylo vojsko, tím důležitější roli hrála logistika v jeho bojeschopném udržení. Její kvalita často znamenala rozdíl mezi vítězstvím a prohrou. Logistika však časem postupně našla větší uplatnění mimo armádu. Proto je i její význam v moderní době chápán trochu odlišně s ohledem na změnu potřeb společnosti.

V dnešní době má na starost širokou paletu přesně definovaných činností. Zabývá se plánováním, realizací a kontrolou toku zboží od prvotní produkce přes výrobu a skladování až po distribuci ke koncovému zákazníkovi. To vše musí být uskutečněno včas, v požadované kvalitě, za co nejnižší náklady. Součástí jsou samozřejmě i fyzické, finanční a informační toky pro zajištění správného fungování celého procesu.

V této rychlé době hraje logistika v moderním obchodování neustále větší roli. Její význam stále roste. Kvůli globalizaci je kladen stále větší důraz na její zefektivnění a zestrhnutí. Toho je dosaženo díky využití nových technologií. V tomto století se logistika výrazně proměnila především kvůli digitalizaci a automatizaci. Svou roli hraje i využívání inteligentních systémů. To přináší nejenom zvýšenou rychlost a přesnost, ale i nové možnosti, jak zboží k zákazníkovi doručit. Právě mezi nové technologické inovace, které do tohoto oboru přinášejí svěží vítr, patří drony, odborněji nazývané jako bezpilotní prostředky.

Drony jsou stroje schopné pohybu bez přímé přítomnosti člověka na palubě. Mohou být řízeny buď pilotem dálkově, nebo se pohybují samostatně podle předem naprogramovaných tras podle instrukcí. Když se řekne slovo dron, většina lidí si představí malý vrtulník se čtyřmi vrtulemi neboli multikoptéru. Ačkoliv se určitě jedná o toto zařízení, tak typů dronů je rovnou celá řada. Nejčastěji se jím má na mysli pojem UAV (Unmanned Aerial Vehicle). To je bezpilotní letoun, který operuje ve vzduchu. Může dosahovat různých typů velikostí. Nejčastěji má konstrukci vrtulníku nebo letadla. V širším slova smyslu se za drony považují i další autonomní dopravní prostředky. Existují tedy i drony pozemní, vodní a podvodní. Každý

z těchto typů má své specifické klady a zápory ve svém využití. Tato práce se však nejvíce bude zabývat leteckými drony, protože nacházejí největší využití.

UAV si díky své všestrannosti našly uplatnění v mnoha různorodých odvětvích. Používají se k natáčení ve filmovém showbyznysu, při diagnostice stavu ve stavebnictví nebo při zavlažování a hnojení v zemědělství. Drony se nevyhýbají ani energetice, kde provádějí nebezpečné inspekce, nebo armádě v průzkumu aktuální situace na bojišti. V lékařství zase na nich záleží rychlé doručení zdravotnického materiálu. V neposlední řadě se samozřejmě využívají v logistice, kde mají obzvlášť široké spektrum záběru. Jde například o monitoring skladů, provádění automatizovaných inventur či doručení zásilek zákazníkovi na poslední míli. To nám ukazuje, že ačkoliv se jedná pořád o tu stejnou technologii, může přinést užitek většině klíčových oblastí lidské působnosti.

Cílem této práce je vysvětlit, jak vznikali drony, jaká je jejich definice a podle jakých parametrů je můžeme porovnávat a kategorizovat. Dále bude popsáno, jak rozdílná či naopak podobná je jejich klasifikace ve vojenské a civilní sféře. Práce také zmapuje legislativu na evropské i české úrovni pro lepší pochopení celé problematiky. Také bude obsaženo reálné nasazení dronů při doručování na poslední míli, zdravotní doručování ve špatně dostupných oblastech a také bude představeno jejich využití při inventarizaci. Nakonec se práce bude zabývat budoucími technologiemi dronů a překážkami které brání jejich naplnění.

1 TEORETICKÁ VÝCHODISKA V OBLASTI DRONŮ

Tato první hlavní kapitola se zaměřuje na teoretická východiska v oblasti bezpilotních prostředků. Obsahuje podrobný přehled historie a vývoje dronů od jejich starověkých předchůdců až po současné vyspělé systémy, včetně české stopy. Dále vysvětluje původ a význam slova dron, přičemž objasňuje i podobné odborné termíny, se kterými se často zaměňuje. Následuje přehledné rozdělení vojenských a civilních UAV podle konstrukce, velikosti, způsobu řízení a míry autonomie. Celá kapitola tak vytváří pevný základ pro pochopení technologie dronů a jejich systematické klasifikace.

1.1 Historie Dronů

Historii dronů neboli bezpilotních letadel nelze přesně určit. Důvodem je, že se často vyvíjely najednou na různých místech světa. Označení prvního vynálezce či průkopníka, který se nejvíce zasloužil o jejich rozvoj, by totiž způsobilo křivdu. Proto si vypíchneme ty nejdůležitější, kteří se v průběhu času podíleli na tomto přelomovém vynálezu. Ačkoli drony původně sloužily jako prostředek, jak získat výhodu nad nepřítelem v případě válečného konfliktu, postupem času se vyvíjely a pronikaly více i do civilní sféry.

1.1.1 Prvotní myšlenky

Kořeny létajících zařízení bez posádky sahají do hluboké minulosti. Předchůdci dnešních dronů se objevili již ve starověké Číně. Přibližně v 5. století př. n. l. se hedvábní létající draci (viz obr. 1) vznášeli ve větru a bylo možné je ovládat pomocí provazu. Používali se pro náboženské a kulturní účely během oslav (Mirza a spol., 2016).

Podle čínské legendy se místnímu generálovi, který obléhal město, podařilo pomocí draka přesně změřit délku tunelu. Ten potřeboval vykopat, aby město úspěšně dobyl. Ve 2. století př. n. l. se draci začali používat také k vojenským účelům – například k signalizaci nebo měření vzdálenosti. Tyto události se připisují generálu Han Xin z dynastie Han (Clark, 2000).

Kromě draků se také používaly lucerny Kongming. Byly to v podstatě malé horkovzdušné balóny. Používaly se ke světelné signalizaci během válečných tažení (LingoAce, 2024).

Ačkoli měla tato zařízení odlišnou konstrukci, můžeme je považovat za kulturní a částečně technické předchůdce bezpilotních prostředků. Řídila se totiž stejnou myšlenkou,



Obrázek 1 Rekonstrukce starověkého čínského bojového draka (Kites – Ancient China, 2023)

přenést zařízení vzduchem bez přímé přítomnosti člověka na palubě. Samozřejmě ještě neobsahovali pohon ani řídicí systémy (Mirza a spol., 2016).

1.1.2 Dějiny Novověku

Poté dlouho jejich vývoj stagnoval, a to až do nástupu novověku. Z daleké Asie se následně na nějakou dobu přesunul do západního světa. Teď na poměrně dlouhou dobu do Evropy.

Za nejstarší vojenské použití dronů v novověku lze považovat rok 1849. Tehdy rakouská armáda použila horkovzdušné balóny bez posádky pro bombardování Benátek (viz obr. 2) pomocí zápalných bomb. Balóny byly řízeny pouze směrem větru. Byly také vybaveny jednoduchým časovým zápalným mechanismem, který když dohořel, tak došlo ke shození bomb. Bohužel nešlo řídit směr větru, který tak spoustu balónů odvál mimo cíl. Některé i do vlastních řad. Alespoň jedna bomba však původní cíl trefila. Tím se ukázalo, že jejich použití může být reálné, a položilo to tak základní kámen pro jejich další zkoumání (Borgonovi, 2023).



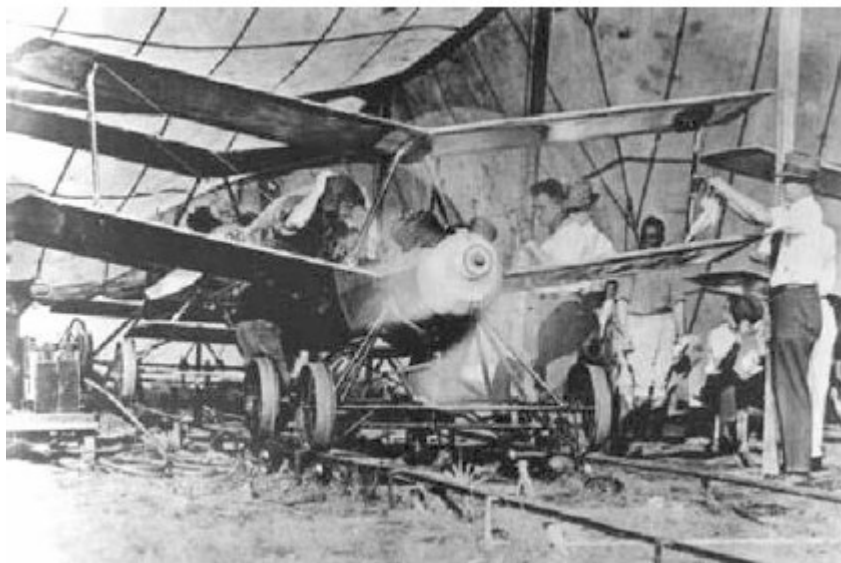
Obrázek 2 Rakouské bombardovací balóny nad Benátkami v roce 1849 (Borgonovi, 2023)

V roce 1898 si nechal přelomový vynálezce Nikola Tesla patentovat teleautomatizaci. To v praxi znamenalo dálkově ovládanou motorovou loďku pomocí rádiového signálu. Ukázkou Tesla předvedl v New Yorku veřejnosti, kde sklidila úspěch. Ve svých poznámkách však uváděl, že pomocí teleautomatizace mohou být ovládnuty i vzdušné prostředky. (Clark, 2000) Dále v nich i předpovídal použití bezpilotních letadel k vojenským účelům. Jeho vize dálkového ovládání se časem opravdu naplnily a na podobném principu funguje dodnes (Dalamagkidis a spol., 2012).

1.1.3 Období světových válek

První světová válka přinesla nové výzvy, a to byla také příležitost pro zkoušení a vývoj nových technologií, včetně bezpilotních letadel. V roce 1914 byl představen ve Francii p gyroskopický autopilot (Jarnot, 2012). Ten umožnil stabilizaci letu bez pomoci pilota. Autorem byl Lawrence Sperry a předvedl jej tak, že během letu vylezl z pilotní kabiny na křídlo (Nonami, 2018).

Touto technologií byly poté vybaveny bezpilotní prostředky v budoucnu. V roce 1916 britský vynálezce Archibald M. Low navrhl bezpilotní letoun určený pro ničení vzducholodí. Nesl název Aerial Target a jeho první test proběhl o rok později. K jeho použití však bohužel



Obrázek 3 Bezpilotní letoun Kettering Bug
připravovaný ke startu v USA, 1918 (Palik a Nagy, 2019)

nakonec nedošlo. V roce 1917 americké námořnictvo spolupracovalo s Elmerem Sperry a Peterem Hawitem (Palik a Nagy, 2019). Cílem bylo vytvořit létající bombu na dálkové ovládání. Toho dosáhli tak, že společně vybavili letoun Curtiss N-9 gyroskopickým autopilotem a systémem preprogramovaného řízení letu. Výsledný letoun nesl název Hewitt-Sperry Automatic Airplane (Blom, 2010). V roce 1918 úspěšně absolvoval první autonomní let na vzdálenost 48 km pouze s technologickými částmi nutnými pro let. Podle historického přehledu amerického námořnictva a armády, obě větve vývoje bezpilotních prostředků probíhaly paralelně a navzdory technickému pokroku se nepodařilo dosáhnout plného bojového nasazení do konce války (Keane a Carr, 2013). Při druhé úspěšné zkoušce již nesl výbušniny a cvičil dopad na cíl, avšak doletěl jen necelý kilometr. V této konečné fázi svého vývoje nesl název Kettering Bug (viz obr. 3) (Güntürkün, 2021). I když měl nést přibližně 110 kg výbušnin, kvůli tehdejší těžké autonomní technice nesl v praxi méně. Vzhledem k technickým obtížím a konci války nebyl rovněž nikdy nasazen naostro.

Po první světové válce se vývoj v Americe převážně zaměřoval na zlepšení dálkového ovládání bezpilotních systémů. V letech 1919–1920 probíhaly experimenty s přestavbou stíhacích letounů Standard E-1 na dálkově řízené cíle.

S vývojem se tedy přesouváme pro změnu do Evropy, protože zde byl vývoj zase na několik let nejvýraznější. Konkrétně v Británii roku 1933 se opět přestavěl hydroplán na létající cíl pro střelbu. Fairey Queen sloužil k výcviku střelby na pohyblivý terč pro protiletadlové dělostřelectvo a stíhací letouny (Nonami, 2018). Tento projekt se stal základem pro slavnější



Obrázek 5 Bezpilotní letoun Queen Bee, vyvinutý ve Velké Británii pro dálkově řízený výcvik, 1935(Nonami, 2018)



Obrázek 4 Německá střela V-1 připravovaná k odpálení během druhé světové války, 1944(Wikipedia, 2024)

model Queen Bee (viz obr.4). Ten byl zaveden do výzbroje britského námořnictva v roce 1935 (Fahlstrom a Gleason, 2012). Stal se prvním sériově vyráběným UAV v moderním smyslu slova a vyrobilo se jej přibližně 380 kusů.

V Německu se mezitím prosadil významný, avšak často přehlížený konstruktér Hans Boykow. Původem však byl z rakousko-uherské monarchie a později žil v nově založené Československé republice. V roce 1925 začal podnikat v Berlíně, kde vyvíjel fotogrammetrické a gyroskopické systémy. Vynalezl gyroskopický autopilot, který obsahoval mnoho řídicích a vyrovnávacích systémů včetně horizontálního letu. V roce 1931 uskutečnil jeden z prvních autonomních letů bezpilotního hydroplánu. Ten nejenže letěl, ale zároveň vzletl a přistál bez zásahu pilota. Jednalo se o neuvěřitelný technický pokrok, který byl do té doby jen fantazií. Bohužel kvůli finančním potížím prodal většinu svých patentů v oblasti autonomních systémů a dálkového řízení firmě Siemens&Halske. Ta na jeho poznatcích dále stavěla a informace později přispěly k vývoji raket V-1 a V-2, které byly použity během další války.

Druhá světová válka představovala okamžik zlomu, protože se UAV dostaly z vývoje a nepřesných pokusů do fáze reálného a efektivního bojového nasazení. Nejvýraznější roli zde sehrálo Německo. Použilo k tomu své takzvané odvetné zbraně, kam právě patřily i bezpilotní střely V-1 a V-2. Střela V-1 (viz obr. 5), která se označovala jako létající bomba měla předem nastavenou trasu a nesla bojovou hlavici o hmotnosti 830 kg (Palik a Nagy, 2019). Mohla letět ve výšce maximálně jednoho kilometru. V letech 1944–1945 jich bylo na Londýn a jeho okolí vypuštěno kolem 8 000 kusů, celkově pak více než 10 000. Jednalo se tak o první bezpilotní prostředek, který byl v masivním měřítku použit proti městským cílům. Další následovala střela

V-2, která byla první balistickou střelou na světě a také strojem, který překonal rychlost zvuku (Jarnot, 2012). Mohla dosáhnout výšky až 90 km a díky inerciálnímu řízení si vypočítala, kdy vypnout motor, aby dopadla na cíl po balistické křivce. Výbušná nálož vážila až 998 kg. Vyrobito se jich 5 000 kusů a bylo použito okolo 3 000.

V USA mezitím vyvíjeli vlastní prostředky převážně v oblasti cvičných cílů a experimentálních programů. Nejrozšířenějším byl OQ-2 Radioplane Dennykite (Blom, 2010), sériově vyráběný cvičný terč americké firmy Radioplane. Byl známý svou jasně červenou barvou pro dobrou viditelnost. Vyrobeno bylo 15 000 kusů. Tento malý bezpilotní letoun byl poháněn dvoutaktním motorem a sloužil k výcviku vojáků protiletadlové obrany. Dále vznikl bojový experimentální letoun TDR-1 (Barnhart a spol., 2012). Byl to bezpilotní bombardér, který byl v omezené míře nasazen v Pacifiku proti Japoncům. Vyrobeno bylo kolem 200 kusů, z nichž bylo přibližně 50 bojově nasazeno. Ovládání probíhalo pomocí rádiového a televizního signálu. Kameru měl umístěnou v kokpitu, přičemž se jednalo o první dron s živým přenosem obrazu. Nejčastěji byl řízen dálkově operátorem z doprovodného letadla v dostatečné blízkosti.

1.1.4 Studená válka

Po druhé světové válce se drony staly důležitou součástí vojenské techniky mnoha vyspělých států (Grant, 2007). Kvůli novému bipolárnímu uspořádání světa probíhal vývoj hlavně u dvou mocností, které začaly být nově považovány za hlavní hegemony. Nejvýraznější pokrok probíhal právě ve Spojených státech amerických i v Sovětském svazu (Nonami, 2018). Jejich vzájemná tichá konkurence a soupeření přispěly k tomu, že se výzkum technologie dronů nezpomalil, ale naopak akceleroval. UAV se tak začaly více používat pro zpravodajské, průzkumné a špionážní účely. (Prisacariu, 2020) Důležitým požadavkem se také stala schopnost



Obrázek 6 Průzkumný bezpilotní prostředek Ryan AQM-34 Firebee na mobilním přepravním podvozku. (AFAHC, 2025) Upraveno

neohrozit lidskou posádku při získávání informací (Palik a Nagy, 2019). To vše se odehrávalo během dlouhého období studené války.

V 50. letech vyvinuly USA Ryan Firebee (viz obr. 6) neboli ohnivou včelu. Jednalo se o první proudové terčové drony, které sloužily k nácvičku obrany proti nepřátelským řízeným střelám. Postupně se vyvíjely ve stále sofistikovanější systémy, z nichž vznikl model AQM-34. Tato vylepšená verze byla nasazena v druhé polovině 60. let během války ve Vietnamu (Palik a Nagy, 2019). Byly nasazeny převážně jako průzkumná zařízení pro pořízení záznamu nepřátelských strategických lokalit (Prisacariu, 2020). Bohužel bylo ztraceno průměrně 17 % při každé misi, ale v té době to byl velmi dobrý výsledek. Nakonec do konce roku 1975 uskutečnily tyto stroje 34 000 misí (AFAHC, 2025). Sbíraly přitom zpravodajská data nejenom nad územím Vietnamu, ale také Číny, Severní Koreje, Laosu i Kambodže (Palik a Nagy, 2019).



Obrázek 8 Izraelský bezpilotní letoun Tadiran Mastiff v Muzeu (FR Wikipédia, 2025)



Obrázek 7 Americký bezpilotní letoun MQ-1 Predator během odpálení střely AGM-114 Hellfire (Güntürkün, 2021)

Zásadní průlom nastal během arabsko-izraelské války v roce 1973. Svět tehdy spatřil dron, který byl schopen přenášet kvalitní obraz v reálném čase. Šlo o izraelský bezpilotní letoun Tadiran Mastiff (viz obr. 7), který přenášel video na velkou vzdálenost přímo do velitelského stanoviště. Dokázal letět až 7 hodin (Rogers, 2014). Je považován za první dron s praktickým a přesným přenosem živého obrazu. Operátoři tak mohli okamžitě reagovat na měnící se situaci na bojišti. Do té doby natáčely drony svůj záznam na film, který se musel zpětně vyvolávat, což bylo pracné. UAV se tak staly inteligentní součástí vojenského velení a inspirovaly se jimi i další armády.

V 80. letech se proto už běžně začaly prosazovat jako podpůrné taktické jednotky s reálným vlivem na bojišti. V roce 1982 nasadil Izrael flotilu malých průzkumných dronů IAI

Scout (Palik a Nagy, 2019). Během konfliktu v Libanonu lokalizovaly syrskou protiletadlovou obranu. Díky kombinaci dat z UAV a následné přesné palbě řízených střel z letounů byla protivzdušná obrana zcela paralyzovaná. Tento úspěch jejich praktického využití a efektivní spolupráce s velením přesvědčil armády po celém světě, že drony přinášejí nezanedbatelnou výhodu na bojišti (Prisacariu, 2020). Na něj o několik let později navázal IAI Heron, což byl první středně velký UAV. Měl mnoho senzorů včetně HD kamer a satelitní připojení. To mu umožňovalo držet spojení ve výšce až 10 km, přičemž mohl letět až 45 hodin na jednu nádrž (Airforce-Technology, 2021).

V roce 1986 pak představily USA ve spolupráci s Izraelem nový taktický dron AAI RQ-2 Pioneer (Palik a Nagy, 2019). Nasazen byl během války v Perském zálivu, kde dokázal navádět dělostřeleckou palbu, a to jen díky přehledu, který poskytoval jak nad terénem, tak i pobřežím (Prisacariu, 2020). V 90. letech se tento model osvědčil při sledování válečné situace v tehdejší Jugoslávii (Palik a Nagy, 2019).

V roce 1990 konstruktér Abraham Karem vyvinul v kalifornské garáži experimentální UAV NAT750 (Palik a Nagy, 2019). Jednalo se o technického předchůdce slavného MQ-Predator (viz obr. 8), který v roce 1994 prošel přestavbou na větší, tišší a výkonnější stroj (Blom, 2010). Měl také satelitní připojení a dolet přes 24 hodin (United States Air Force, 2014). V roce 1995 monitoroval situaci v Bosně. Na počátku nového tisíciletí byl v Jemenu použit k odstranění člena al-Káidy pomocí střely AGM-114 Hellfire (Wired, 2002). MQ-Predator se tak stal prvním dronem schopným opakovaně ničit cíle. Díky kombinaci živého obrazu, ovládání na velkou vzdálenost a schopnosti zničit konkrétní cíl se jednalo o první moderní bojový UAV (Palik a Nagy, 2019). Definoval nový standard dronů do podoby, jak je známe do dnešní doby.

1.1.5 Česká stopa

Nyní uděláme menší odbočku do naší domoviny. Ani Česká republika nezůstala stranou od vývoje. V 90. letech začal Vojenský technický ústav letectva a protivzdušné obrany vyvíjet v Praze taktický průzkumný dron Sojka III (viz obr. 9). Cílem bylo poskytnout české armádě levný a spolehlivý způsob sledování nepřítele, terénu, navádění dělostřelectva a rušení rádiových signálů (Muzeum Kunovice, 2025). Sojka vzlétala pomocí katapultu nebo rampy, byla vybavena kamerovým systémem, včetně datalinku pro přenos obrazu v reálném čase, přistávala za použití padáku. Součástí systému bylo samozřejmě i řídicí stanoviště. Ve vzduchu vydržela 1–3 hodiny, přičemž letěla rychlostí až 130–180 km/h do maximální operační výšky 2 km (Ministerstvo obrany ČR, 2013). Byly vyrobeny jen desítky kusů (Valka.cz, 2004). Do výzbroje české armády byla zařazena kolem roku 1998, sloužila až do svého vyřazení v roce 2010. Zajímavé je, že letka a rota bezpilotních průzkumných prostředků, která měla Sojky na starosti, původně sídlila v Pardubicích, později se však natrvalo přesunula do Prostějova (Muzeum Kunovice, 2025).



Obrázek 9 Český bezpilotní průzkumný prostředek Sojka III TVM ve sbírce Muzea letectví Kunovice. (Muzeum Kunovice, 2025)

1.1.6 Moderní dějiny

Na přelomu nového tisíciletí se začala technologie bezpilotních prostředků rozšiřovat i mimo vojenskou sféru. Ze začátku byl přesun do civilní sféry pomalý, ale čím dál tím více začal akcelerovat. To bylo umožněno díky pokroku v miniaturizaci komponentů, levnější elektronice, GPS navigaci a efektivnějšímu využití energie. Díky tomu se z dronů pomalu stalo dostupnější řešení pro mnoho odvětví (Tsiamis a spol., 2019). Zásadním milníkem byl rok 2006, kdy



Obrázek 11 Parrot AR.Drone, první komerčně dostupný dron ovládaný pomocí smartphonu, uvedený na trh v roce 2010. (Robin Radar, 2021

Obrázek 10 Prototyp doručovacího dronu Amazon Prime Air, koncept doručení zásilek do 30 minut, představený v roce 2013.(Robin Radar,

americký Federální letecký úřad FAA vydal první oficiální povolení k civilnímu provozu dronů pro monitorování infrastruktury (TechTarget, 2024). To otevřelo cestu pro první aplikace mimo armádu, avšak mělo to pořád velmi striktní pravidla. V roce 2010 francouzská firma Parrot uvedla na trh první široce dostupný dron pro veřejnost. Konkrétně se jednalo o model AR.Drone (viz obr. 10), kvadrokoptéru, která byla vybavena kamerou a aplikací pro přenos obrazu, ovládaná pomocí chytrého mobilu. Tento model pomohl drony rozšířit mezi širší veřejnost a odstartovala se éra spotřebitelských UAV (Robin Radar, 2021). Byl sice určen pro rekreační účely, ale ukázal, že drony mohou být cenově dostupná, jednoduchá a uživatelsky přívětivá záležitost.

Právě v roce 2013 představila firma Amazon projekt Prime Air (viz obr. 11). Šlo o vizi doručování lehkých zásilek na poslední míli pomocí dronů do 30 minut od objednání. Kvůli složitému a pomalému získání povolení v USA však testy probíhaly v Izraeli, Austrálii, Francii a Spojeném království. Šlo sice o revoluční koncept, ale až do jeho částečného uskutečnění v Anglii 2016 šlo pouze o vizionářský sen (Wang, 2023).

Ve stejném roce se společnost ConocoPhillips stala průkopníkem v komerčním využití dronů, když získala opět od FAA povolení pro jejich provoz v Arktidě pomocí stroje ScanEagle. Sloužily k monitorování mořských savců a ledových podmínek (sUAS News, 2013). Obdobně na tom byla v roce 2014 i firma BP, která pro monitorování ropných vrtů na Aljašce také potřebovala a získala povolení od stejného úřadu (FAA, 2022).

Protože bylo stále jasnější, že povolení pro komerční použití už nejsou jednorázová záležitost, ale má o ně zájem stále širší spektrum firem i lidí, bylo nutné stanovit ucelená pravidla, která platí pro všechny stejně. Stalo se tak v roce 2016, kdy vydal FAA první platnou

sadu konkrétních zákonných opatření určených pro stanovení pravidel létání, certifikaci pilota a omezení letu nad lidmi a stanovení kontrolovaného prostoru (Akbari, 2023; sUAS News, 2016). Následně začala vznikat podobná legislativa všude ve světě včetně Evropy až do její dnešní podoby.

1.2 Definice a původ slova dron

Stejně jako u spousty jiných prací, i zde je potřeba si přesně vyjasnit různé definice pro správné chápání tématu. Budou vysvětleny všechny důležité pojmy a termíny, které bude tato odborná práce obsahovat. Během průzkumu a prohlížení různých zdrojů při psaní této práce autor narazil na několik matoucích, zavádějících či špatně chápaných výrazů. Tyto výrazy by bylo dobré si osvětlit. Důvod je, aby bylo snadnější porozumět textu a nedošlo ke zbytečnému zmatení. Nejdříve si ale krátce popíšeme vznik slova dron od slangového používání po oficiální definici na konkrétní typ dopravního prostředku.

Slovo dron (anglicky drone) pochází původně ze staroanglického slova drān. Šlo o trubce, tedy samce od včely, i o označení hlubokého, bzučivého, neustálého zvuku. Protože měly první bezpilotní stroje podobnost s tímto tvorem i zvukem, začaly se tak označovat i první drony. V modernější době začali tento termín jako první využívat Britové již ve 30. letech 20. století, kdy testovali dálkově ovládané cílové letouny pro výcvik protiletadlové palby. Výraz „drone“ se naplno rozšířil v americkém vojenském letectví kolem roku 1945, kdy se používal pro bezpilotní prostředky sloužící k nácviku střelby, tedy jednoduché stroje bez palubních senzorů, jejichž funkce byla omezená, podobně jako u včelího trubce. Od té doby se pojem „dron“ postupně přenesl i na složitější bezpilotní letecké systémy, ačkoli ty už jsou většinou řízeny na dálku člověkem a neoperují většinou plně samostatně. (Vogler a Hughes, 2017)

Navzdory tomu, že se výraz poměrně rychle rozšířil v odborné a následně běžné komunikaci, nakonec byl oficiálně přijat o mnoho let později. Stalo se tak až v květnu 2015, kdy o tom tak rozhodl Federální úřad pro letectví spojených států FAA (Federal Aviation Administration). Sjednotila se tak do té doby rozdrobená terminologie používaná kromě legislativy také v technologických a provozních dokumentech (FAA, 2019).

Slovo dron je tedy velmi obecné slovo. Jedná se o laické, zato ale velmi známé označení jakéhokoli bezpilotního prostředku. Dá se jím popsat opravdu široká škála různých zařízení, a proto je někdy matoucí. Velkou část v tomto zmatku udělali média (Vogler a Hughes, 2017). Nejčastěji se při jeho použití má na mysli jakékoli bezpilotní letecké zařízení či bezpilotní letadlo. Je řízené buď částečně autonomně, či na dálku pilotem.



Obrázek 12 Hybridní dron se čtyřmi koly a šesti rotory pro pohyb na zemi i ve vzduchu (Dinelli a spol., 2023)



Obrázek 13 Hybridní inspekční dron Staaker BG-300 určený pro jízdu po kolejích a let (Holloway, 2021)

Jako první většinu lidí napadne kvadrokoptéra. Často se kromě popisu samotného prostředku bez řidiče popisuje celý systém nutný k řízení včetně různého příslušenství potřebného pro jeho fungování (přistávací plocha, dispečerské centrum, kamery, GPS atd.) (FAA, 2019).

V neposlední řadě se termín dron rozšířil pro jakékoli zařízení bez pilota, které je řízeno dálkově. Nejedná se tedy pouze o letecká zařízení, ale také pozemní, vodní a podvodní (Dinelli a spol., 2023; Munasinghe a spol., 2024). V praxi bývají bezpilotní vzdušné a pozemní systémy nasazovány společně například při radiačním průzkumu či mapování neznámého terénu (Christie a spol., 2017). Pozor, termín dron se však nikdy nepoužívá k označení autonomních vlaků. Po kolejích jezdí pouze experimentální inspekční autonomní vozidla, či se může jednat o hybridní drony (viz obr. 12 a 13) které mohou, jak létat, tak se pohybovat po kolejích nebo jiných terénech (Dinelli a spol., 2023). Zatím pro ně neexistuje označení, které by je alespoň vzdáleně definovalo jako určitou formu dronů. Označení dron je tedy používáno jak v běžné mluvě, tak v neformálních dokumentech úřadů (FAA, 2019).

1.2.1 Primární význam slova dron

Termín UAV (Unmanned Aerial Vehicle) už na rozdíl od předchozího pojmu konkrétně a odborně označuje bezpilotní letadlo. Jedná se tedy opravdu jen o letecký stroj bez pilota na palubě, řízený dálkově. Oficiální definice podle evropského nařízení EASA tedy zní, že pojmem UAV neboli „*bezpilotním letadlem se má na mysli jakékoli letadlo provozované nebo projektované pro autonomní provoz nebo pro pilotování na dálku bez pilota na palubě*“ (EU, 2018). Tento pojem zahrnuje všechny typy letadel bez pilota, od modelů na dálkové ovládání po propracované a větší drony s autopilotem. Pro zajímavost je dobré zmínit, že se můžeme

setkat i s definicí UA (Unmanned Aircraft), která však znamená úplně to stejné jako již definované UAV. Nezahrnuje hračky bez kamery.

Když se bavíme o UAS (Unmanned Aircraft System), nejedná se pouze o bezpilotní létací prostředek, ale má se na mysli celý systém věcí okolo. Bepilotní letecký systém UAS tak v sobě zahrnuje UAV a všechny prostředky, které jsou potřeba k jeho dálkovému řízení a provozu. Podle oficiální definice uvedené v prováděcím nařízení Komise EU se bezpilotním systémem rozumí „*bepilotní letadlo a vybavení pro jeho řízení na dálku*“ (EU, 2019). V praxi to tedy znamená, že obsahuje například dron, komunikační a anténní systémy či dálkové ovládání nebo řídicí stanoviště.

Zajímavý je i pojem RPA (Remotely Piloted Aircraft) neboli dálkově pilotované letadlo. Jedná se svým způsobem také o typ dronu, který na rozdíl od UAV musí být řízen dálkově pilotem ze země. RPA tedy nemůže být řízeno autonomně. ICAO (International Civil Aviation Organization, česky Mezinárodní organizace pro civilní letectví) definuje pojem jako „*bepilotní letadlo, které je pilotováno z dálkového stanoviště pilota*“ (ICAO, 2011) RPA lze tedy chápat jako podmnožinu UAV, protože zahrnuje konkrétně jen drony, které jsou řízeny pilotem z řídicího centra. Reálně to tedy znamená, že každé RPA je UAV, avšak obráceně toto tvrzení neplatí.

RPAS (Remotely Piloted Aircraft System) čili Systém dálkově pilotovaného letadla velmi přímo navazuje na předchozí pojem. Jak už název napovídá, jedná se nejen o RPA – dálkově pilotované letadlo, ale zahrnuje celý systém. Ten zahrnuje opět všechna možná příslušenství včetně řídicích systémů, datových linek a pilota mimo prostředek. ICAO to oficiálně definuje jako „*soubor konfigurovatelných prvků sestávající z dálkově pilotovaného letadla, příslušného stanoviště dálkového pilota, požadovaných datových spojů pro řízení a jakýchkoliv dalších systémových prvků podle potřeby v průběhu letu*“ (ICAO, 2011).

1.2.2 Sekundární význam slova dron

I když se nejedná o letecké bezpilotní prostředky, tak se slovo dron rozšířilo i na mnoho dalších typů vozidel s podobným fungováním. Stalo se tak i navzdory tomu, že se úplně o tento typ dopravního prostředku nejedná, ale díky větší míře autonomie a automatizace se tak začal vnímat i používat (Dinelli a spol., 2023). Tyto pojmy tedy nejsou přímo legislativně ukotveny jako drony, ale média i odborná veřejnost se o nich jako o dalších variantách takto baví (Munasinghe a spol., 2024).

Řeč je o UGV (Unmanned Ground Vehicle), bezposádkovém pozemním vozidle, alias pozemnímu dronu (viz obr. 14–16). Je to stroj, který je v kontaktu s terénem (zemí), bez

fyzické přítomnosti řidiče. Mohou se pohybovat pomocí různých typů konstrukcí, nejčastěji kolových nebo pásových podvozků, ale existují i varianty s nohovým pohonem inspirované chůzí živých organismů (Dinelli a spol., 2023). Pozor, nejedná se však v žádném případě o autonomní prostředek na kolejích, o nich se mluví jako o samoobslužných/automatizovaných vlcích. Název dron se však pro ně nevžil.



Obrázek 17 Pozemní dron se čtyřmi koly (Sukorun, 2024)



Obrázek 16 Čtyřnohý pozemní robot pro v členitém terénu (Simonite, 2020)



Obrázek 15 Pozemní dron s pásovým podvozkem, vybavený senzorovou hlavicí (Waveshare, 2024)



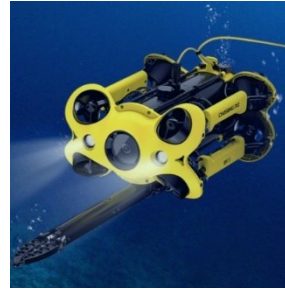
Obrázek 14 Hladinový dron určený pro dálkový dohled bez přítomnosti posádky (Baird Maritime, 2024)

Další jsou USV (Unmanned Surface Vehicle), hladinová bezposádková plavidla (viz obr. 17), u kterých je pohyb uskutečňován po vodní hladině. Jde o loď či člun s rozvinutou mírou autonomie či dálkovým ovládním, kterému se také říká vodní (hladinový) dron. Operátor může být jak na jiné lodi, či na pevnině nebo může mít řízení předem naprogramovanou trasu (Munasinghe a spol., 2024).

Dále UUV (Unmanned Underwater Vehicle) označuje bezposádkové zařízení pro pohyb pod vodou. Tato definice se však dále štěpí na dálkově ovládané ponorné prostředky ROV (viz obr. 19) (Remotely Operated Vehicle) a zvláště se označují plně autonomní podmořští roboti



Obrázek 19 AUV pro sledování mořského dna. (Baird Maritime, 2024)



Obrázek 18 ROV vybavený pro technické záahy pod hladinou. (UAV for Drone, 2024)

AUV(viz obr. 18) (Autonomous Underwater Vehicle) (Dinelli a spol., 2023). Oba typy podmořských dronů musí mít špičkové senzory a vodotěsné tělo po bezpečný pohyb pod hladinou (Christie a spol., 2017).

Teď si společně shrneme výklad z celé kapitoly. Všechny tyto definice mohou být vzájemně matoucí, a proto si je zde krátce shrneme pro snadnější pochopení. Dron je obecné laické slovo pro popis bezpilotních prostředků, nejčastěji však létajících. UAV je oficiální název pro létající bezpilotní prostředky řízené na dálku buď autonomně, nebo pilotem mimo vozidlo. UAS kromě samotného UAV zahrnuje i další systémy nutné pro řízení. RPA je čistě jen letecký prostředek řízený na dálku člověkem. RPAS opět kromě RPA obsahuje všechny systémy pro úspěšné řízení.

Nakonec kromě leteckých UAV existují i jeho varianty a podobné systémy v odlišných terénech. V širším smyslu slova se jedná o pozemní UGV, vodní USV a podvodní UUV.

1.3 Rozdělení a kategorizace dronů

V následujících částech si popíšeme rozdělení UAV podle různých parametrů. Existuje mnoho způsobů, proto si ukážeme primárně ty nejrelevantnější. Jak už víme z předchozích pasáží, drony byly původně armádní záležitost, ale dnes jsou hojně využívány i v civilní sféře. Proto toto dělení bude použito i v této práci, kde si probereme vojenskou i civilní sféru více dopodrobna a pochopili vzájemné rozdíly a spojitosti.

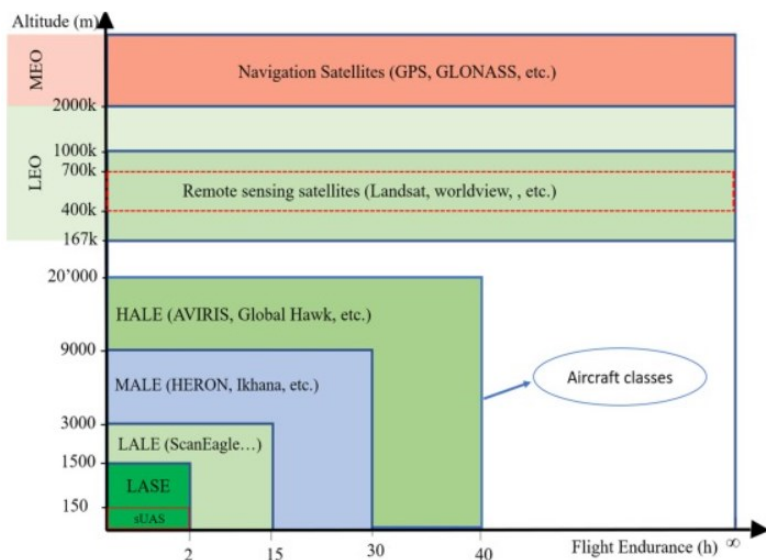
V základu se rozdělují na vojenskou a civilní sféru. Pro vojenské UAV je nejdůležitější rozlišovat technické parametry a s tím spojenou i úroveň velení a nasazení. Civilní UAV se zase pro účely této práce nejlépe dělí podle typu konstrukce, jejich hmotnosti a také míry autonomie. Pro přehlednost byla tato větší kategorie rozdělena na dvě menší.

1.4 vojenské drony

Armádní bezpilotní letouny UAV představují specifickou kategorii dronů, která je pořád nejvíce početně zastoupena. Technicky je klasifikujeme obvykle od jejich výkonových parametrů. Řídíme se hlavně podle letové výšky, velikosti a vytrvalosti letu. Základní rozdělení je na velké UAV, které doletí výše a mají delší výdrž, a malé UAV, které letí v nižší výšce a mají menší hmotnost. Často se také rozlišují také podle úrovně velení a nasazení.

1.4.1 Dle technických parametrů

Velké UAV jsou schopny dlouhého letu a zvládají vysokou operační výšku s těžkou hmotností, která dosahuje stovek až tisíce kilogramů. Tento druh dronů lítá až do vyšších hladin atmosféry. Z tohoto důvodu musí být dálkově ovládány přes spojení satelitní datové linky. Musí to tak být, protože jsou za hranicí přímé viditelnosti (Rogers, 2014). Drony jsou proto vybaveny systémy pro stabilizaci letu, moderní automatickou navigací (GPS) a částečnou automatickou identifikací cílů. Velká UAV má podkategorie, HALE, MALE a LALE (viz obr. 20) (Watts a spol., 2012).



Obrázek 21 Graf znázorňující rozdělení UAV podle výšky letu a doby výdrže (HALE, MALE LALE, SUAV) (Jafarbiglu a Pourreza (2022))



Obrázek 20 Dron americké výroby Global Hawk, verze NASA (Watts a spol., 2012)

HALE (High Altitude Long Endurance) jsou největší a nejvýkonnější UAV s nejvyšší letovou hladinou a dlouhou vytrvalostí letu. Jejich vzlet se pohybuje ve výškách mezi 9 000 m až úžasnými 18 000 m (Chamola a spol., 2021; Gholami, 2024). Jejich dolet se pohybuje v řádů několika desítek hodin, většinou přesahující 30 (Ramesh a Jeyan, 2020). Vzletová hmotnost většinou překračuje 2 500 kg, ale běžně dosáhne i na několik tun. Například Global hawk (viz

obr. 21) má vytrvalost přes 32 hodin nepřetržitého letu ve výšce 18 288 m (Watts a spol., 2012; Rogers, 2014). Maximální hmotnost Global Hawk může být až 14 600 kg. Jeho dolet je až 22 780 km při rychlosti 574 km/h. Kvůli tomu musí být navázáno kvalitní satelitní spojení dronu a operátora z velícího střediska. To často dosahuje vzdálenosti napříč kontinenty. Nejčastěji jsou využívány pro průzkum různých velkých oblastí či důležitých cílů. Pro zefektivnění své manipulace používají autonomní prvky řízení. Ty zahrnují naprogramované vzlety a přistání po předem dané trase (Rogers, 2014).

MALE (Medium Altitude Long Endurance) UAV mají středně velkou letovou hladinu a dosahují velkého doletu. Tyto se většinou pohybují ve výšce mezi 3000 až 9000 m nad mořem. Jejich dolet se obvykle pohybuje od 24 do 48 hodin. Rozmezí vzletové hmotnosti se pohybuje povětšinou mezi 450 až 4500 kg (Watts a spol., 2012; Gholami, 2024). Běžně na sobě nesou zbraně a pokročilé senzory. Často slouží k dlouhodobému hlídkování nad bojištěm či k ozbrojenému průzkumu s přesnými údery na cíle. Pokud operují v dosahu základny, tak se běžně používá přímé rádiové spojení LOS (Rogers, 2014). Při delších vzdálenostech letu se využívá satelitní spojení BLOS. Mezi jeho autonomní prvky patří jak hlídkování v dané oblasti, tak automatický návrat na základu při ztrátě spojení. Tyto funkce ulehčují jejich provoz (Chamola a spol., 2021). Mají za úkol vykonávat konkrétní vojenskou podporu zahrnující přenos obrazu jednotkám či zničení strategických cílů. Jako příklad může posloužit turecký Bayraktar TB2 (viz obr. 22) s maximální hmotností 650 kg. Létá ve výšce až 8 200 m s doletem až 27 hodin (Chaturvedi a spol., 2019). Dosahuje maximálně rychlosti 222 km/h a jeho dolet činí 300 km (Baykar, 2025). Nedávno zaznamenal úspěch když byl uměle uveden do stavu vývrtky, ale pomocí pokročilého autonomního systému se vrátil do vodorovného letu. Jedná se



Obrázek 22 Bayraktar TB2, bezpilotní letoun turecké výroby (Baykar, 2025)

o první a zatím jediný ozbrojený dron, který to dokázal bez pomoci pilota (Baykar, 2025). Tyto letouny jsou schopny fungovat za všech typů počasí i podnebí (Chaturvedi a spol., 2019). Jsou využívány celosvětově, a to díky velkému přizpůsobení různorodému extrémnímu počasí. Například velkému mrazu, sněhové bouři, vichřici či naopak vysokým teplotám s písečnými bouřemi. Tento letoun je velmi oblíbený, což dokazuje významný vývoz těchto strojů společnosti Baykar. Zmíněný úspěch je mimo jiné dokázán tím, že v roce 2024 tvořil jednu třetinu veškerého exportu v tomto sektoru (Baykar, 2025).

LALE (Low Altitude Long Endurance) označuje neoficiální, zato ale používanou kategorii bezpilotních letounů (Gholami, 2024). Mají dlouhou výdrž a působí v nižší letové výšce. Tyto stroje průměrně létají do 3000 m nad mořem. Při letu však mají velkou výhodu, že dokáží velmi dlouho zůstat ve vzduchu, na rozdíl od malých dronů. Jejich vytrvalost letu dosahuje několika hodin (Watts a spol., 2012; Chamola a spol., 2021). Průměrně od 6 do 20 hodin. LALE dosahuje menší velikosti a hmotnosti na rozdíl od standardizované kategorie HALE a MALE. Díky své velikosti a efektivní konstrukci dlouhých křídel vynikají dlouhou dobou letu (Ramesh a Jeyan, 2020). Jejich vzletová hmotnost se pohybuje kolem 20 až 200 kg (Gholami, 2024).

Jejich hlavním využitím bývá vojenský průzkum, monitorování a hlídkování okolí. Tyto drony jsou díky nižší ceně a jednodušší a manipulaci často používány k dlouhodobému a nepřetržitému sledování konkrétních vojenských oblastí. To pomáhá jednotkám získat lepší přehled nad bojištěm, přesnější navádění dělostřelectva či lepší hlídání zásobovacího konvoje (Chamola a spol., 2021). Díky nižším pořizovacím nákladům proto také jejich případná ztráta tolik nebolí a jsou snadněji nahraditelné než jejich větší protějšky. Vyplatí se i když dokážou najednou pokrývat menší oblast, a proto jsou více cílené (Chaturvedi a spol., 2019). To vynahrazují snadnějším vzletem, ke kterému není často potřeba ani letiště, ale místo toho se



Obrázek 23 bezpilotní letoun Shark od ukrajinského výrobce Ukrspesystems. (Ukrspesystems, nedatováno)

často používá prak. Také má většinou zajištěné lehčí přistání pomocí padáku nebo chycení do sítě (Ramesh a Jeyan, 2020). Rád bych uvedl konkrétní příklad moderního bezpilotního letounu ukrajinské výroby Ukrspesystems Shark (viz obr. 23). Byl vyvinut roku 2022 pro obranu Ukrajiny. Tento elektricky poháněný dron létá až do výšky 3 000 m. Obsahuje vlastní velkokapacitní baterie, díky nimž může letět až 7 hodin. I když jeho váha dosahuje na pouhých 14,5 kg, jeho dolet činí až 300 km (Ukrspesystems, nedatováno). K obraně Ukrajiny slouží zejména k hloubkovému průzkumu a při navádění dělostřelectva (Chamola a spol., 2021). Jeho citlivé senzory dokážou identifikovat cíle až na desítky kilometrů. Dobře plní funkci obzvláště k plně autonomnímu průzkumu bojiště a k detekci cílů ve dne i v noci. Vzlétá z přenosné katapultové rampy a přistává padákem. Výrobek má kvalitní a robustní konstrukci, díky které dokáže operovat i v prostoru s rušením (Chamola a spol., 2021). Mimo armádu se drony ve stejné kategorii používají i v polovojenské a civilní sféře, například pro sledování pašeráků, kontrolu mořských hranic či zajištění pohraničních zpravodajských a průzkumných činností prováděných u státních hranic. K tomuto účelu slouží například stroj s názvem Fulmar X od společnosti Thales, nasazovaný španělskými bezpečnostními složkami (Unmanned Systems Technology, 2018).

Malé UAV jsou prostředky menších rozměrů a hmotností. Jejich výhodou je praktické přemísťování, kdy jej unese více vojáků, často na to však stačí i jednotlivec. Vyznačují se letem v nízkých výškách. Přibližně létají stovky metrů nad zemí a do kratších vzdáleností. Jejich hmotnost se pohybuje od pár gramů až po desítky kilogramů. Jsou ovládány operátorem s ručním ovladačem nebo přenosnou konzolí v reálném čase. Dron musí být v dosahu rádiového signálu operátora. V případě výpadku signálu se vrátí zpět na poslední či předem vyznačené souřadnice. Ty nejmodernější jsou ovšem vybaveny autopilotem pro stabilizaci a létají po



Obrázek 25 Ruční odhoz izraelského dronu Skylark I-LEX (Army-Technology.com, 2015)



Obrázek 24 Ručně držený taktický dron belgické výroby Loki MkII Tactical (Axon, bez data)

předem naprogramovaných trasách. Nejčastěji jsou využívány pro čety, roty a prapory při průzkumu nejbližšího okolí, vyhledávání nepřitele nebo organizaci útoku. Tyto UAV se mohou dělit na small UAV, mikro UAV a nano UAV.

Small UAV je malý bezpilotní systém vážící cca 2 až 20 kg. Nejčastěji je obsluhuje a přenáší jednotlivec nebo malý tým. Jejich start je prováděn manuálně ručním odhozem pomocí gumového lana nebo mohou vzlétnou samy vertikálně. To záleží na tom, jakou mají konstrukci. Letová výška je obvykle jen několik stovek metrů nad zemí. Většina těchto strojů má moderní elektrické nabíjení z důvodu potřeby tichosti. Jejich výdrž je v důsledku toho průměrně mezi 60 a 120 minutami. Izraelský Skylark I-LEX (viz obr. 24) má dolet až 3 hodiny a urazí 40 km. Jeho vzletová váha činí 7,5 kg. Ačkoliv je jeho maximální letová výška 4 600 m nad mořem, tak obvykle létá ve výšce 500 až 1500 m. Je to kvůli udržení kvalitního obrazového spojení s přenosnou stanicí (Army-Technology.com, 2015). Small UAV jsou vybaveny lehkými senzory s denní i noční kamerou, která slouží k průzkumu na úrovni menších jednotek. Jsou například používány k ochraně konvojů, pozorování nepřátelské aktivity za terénní překážkou. Většina typů umožňuje přenos živého videa přímo veliteli jednotky na přenosném monitoru (Elmeseiry a spol., 2021). Operátor jej řídí v terénu přímou rádiovou vazbou, která má dosah až desítky kilometrů (Ramesh a Jeyan, 2020). Mezi výhody patří rychlé nasazení a mobilita. Jejich malá velikost umožňuje vojákům je nosit u sebe v batohu a v případě potřeby je mohou nasadit během pár minut. Avšak nevýhodou je omezený dosah a citlivost na nepřízeň počasí (Elmeseiry a spol., 2021).

Ještě menší kategorií jsou mikro UAV. Váží jenom několik kilogramů či stovky gramů. Většinou jsou to stroje mezi 200 g a 2 kg. Jejich vzhled připomíná miniaturní letadla nebo vrtulníčky s více vrtulemi. Bohužel jejich vytrvalost je omezená, většinou od 20 do 60 minut (Ramesh a Jeyan, 2020; Elmeseiry a spol., 2021). Jejich dolet je jen pár kilometrů. Jejich letová výška je jen pár desítek metrů nad zemí (Gholami, 2024; Elmeseiry a spol., 2021). Díky tomu jsou vhodné na průzkum interiérů budov nebo městských ulic (Jafarbiglu a Pourreza, 2022). Loki MkII Tactical (viz obr. 25) je dron belgické výroby. Váží 1 kg, přičemž má dolet 2 km a výdrž okolo 18 minut. Létá většinou ve výšce 5-60 m nad zemí. Dosah jeho videa je na 1,6 km (Axon, bez data). Tento typ se vyznačuje snadnou přenositelností, obvykle jej voják nese na pásku či v kapse (Dibs a Salim, 2023). Výhodou je tedy velká nenápadnost. Slouží často pro průzkum na krátkou vzdálenost, k prohledávání budov a hledání nepřátel ukrytých za zdí. Vyšetřuje nebezpečné prostory. Jejich výhodou je že je nepřítel málokdy zpozoruje z důvodu malých tichých rotorů, které tvoří minimální hluk v okolním prostředí. Řízení těchto dronů

probíhá pomocí přenosného ovladače nebo tabletu signálu (Elmeseiry a spol., 2021). Jejich malá velikost způsobuje citlivost na vítr a rušení (Jafarbiglu a Pourreza, 2022).

Nejmenší kategorií jsou nano UAV. Dosahují minimálních hmotností v řádu desítek gramů, nejčastěji do 200 g. Jejich miniaturní velikost by se dala přirovnat k hmyzu nebo drobným ptákům, jejich délka se totiž pohybuje v řádu centimetrů. Dokážou letět 20 až 30 minut a jejich dosah je krátký, maximálně 1–2 km (Elmeseiry a spol., 2021). Slavným příkladem je Norský Black Hornet Nano (viz obr. 26) (Dibs a Salim, 2023). Tento malý vrtulníček váží pouhých 33 g a měří 10 cm. Je schopný letu pouze kolem 25 minut. Jeho schopnost přenosu videa je maximálně 2 km (Teledyne FLIR, bez data). Proto jsou nano drony často využívány k přenášení videí či snímků v reálné čase. Perfektně slouží k osobnímu průzkumu pro jednotlivé vojáky nebo malé týmy. Velmi snadno voják může tento dron vypustit oknem do neznámé ulice či prostoru, aniž by sám riskoval život. Řízení těchto zařízení probíhá pomocí ruční konzole, často s využitím vestavěných autonomních stabilizačních systémů. Bohužel mají velmi omezené schopnosti v nepříznivém počasí, jako je silný déšť či vítr. Ale jejich výhodou je, že mohou operovat ve stísněných prostorech, jako je například vnitřek budov, tunelů a jeskyň. Díky své velikosti jsou pouhým okem prakticky neodhalitelné (Elmeseiry a spol., 2021). Jsou velmi tiché, a proto je téměř nemožné je zaslechnout. Vzhledem k jejich velikosti je bez problémů přenese i jeden člověk (Gholami, 2024).



Obrázek 26 Miniaturní norský průzkumný dron Black Hornet 3 (Teledyne FLIR, bez data)

Kdybychom měli srovnat velká a malá UAV, tak rozdíl je viditelný hlavně v jejich výkonu, dosahu a určení. Velké drony jsou v drtivé většině případů speciálně konstruovaná letadla řízená na dálku. Dosahují mnohem větší velikosti, letové výšky, výdrže a pokrývají mnohem větší oblast než malé systémy. To jim umožňuje létat ve výšce která může dosáhnout

na mnoho kilometrů a uletět tisícikilometrové vzdálenosti a nést mnohem těžší náklad a potřebné vybavení. Malá UAV oproti tomu působí v blízkém okolí jednotek a po několika desítkách minut musejí přistát. Nesou jen lehké kamery a senzory s omezeným dosahem. Liší se také způsobem řízení, zatímco malé drony ovládá přímo voják s malým ovladačem, velké potřebují komplexní infrastrukturu. Zahrnují široké škály různých konstrukcí a je možné jich nasadit mnohonásobně větší množství oproti jejich větším protějškům. To samozřejmě za zachování stejné ceny. Rozdíly se však s rychlým postupem pomalu smývají a je čím dál těžší je od sebe takto odlišit.

1.4.2 Dle úrovně nasazení

Strategická úroveň



Operační úroveň



Taktická úroveň

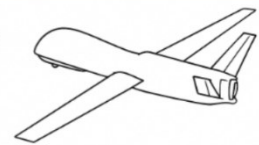


STRATEGICKÁ

RQ-4 Global Hawk

globální průzkum
a monitoring

řízeno centrálním velitelstvím



Obrázek 27 Ilustrace strategické úrovně dronu (autor, 2025)

Obrázek 28 Armádní hierarchie velení. Každá z nich odpovídá jiné hloubce a způsobu nasazení dronů (SlidePlayer, 2019)

Další a zřejmě v této části nejdůležitější způsob kategorizace dronů je jejich úrovněová klasifikace, přičemž závisí na jejich hierarchii velení a řízení (viz obr. 27). Jedná se tedy o úroveň velení řízení, pod kterou spadají při jejich nasazení v akci. Rozlišuje se zda bezpilotní prostředek slouží ke strategickým potřebám vysokého velení, k podpoře operačních misí a na úrovni divize a jejich velitelů či je určen pro taktickou úroveň přímo pro konkrétní jednotky v poli (Hoehn a spol., 2022). Tato organizace jde většinou ruku v ruce s technickou, protože strategické drony jsou většinou velké HALE/MALE, zatímco u taktických se jedná většinou o SUAV (small UAV) a menší. To platí obecně, avšak u tohoto rozdělení více závisí na způsobu použití, a ne na jejich samotné konstrukci (United Nations, 2019).

Strategické bezpilotní prostředky (viz obr. 28). stojí na úplném vrcholu plnění úloh v armádě pro stát či v rámci koalice. Typicky jsou řízeny strategickým velitelstvím letectva nebo jej mají na starosti speciální zpravodajské složky. Slouží k získávání informací strategického významu, což zahrnuje například sledování rozmístění strategických zbraní a výbavy,

infrastrukturu nepřítele nebo monitorování přesunu důležitých sil na celosvětové úrovni (Fowler, 2014). To pak umožňuje využít získaná data pro strategické rozhodnutí v další operaci.

Tento typ je běžně řízen centrálně z velitelských středisek, která mají obvykle zázemí nejvyšší možné kvality. Typicky jsou řízeny strategickým velitelstvím letectva nebo jej mají na starosti speciální zpravodajské složky. Nejedná se jen o jedno středisko, ale často jich bývá více napříč kontinenty (Fowler, 2014). Proto je potřeba, aby měla rychlost, výdrž, letovou výšku i vybavení nejvyšší a také nejdražší kvality. Typicky proto musejí využívat satelitní komunikaci pro přenos dat na tyto velké vzdálenosti (United Nations, 2019; Fowler, 2014). Pro využití jejich maximálního potenciálu je třeba mít robustní logistické zázemí, které přesahuje konkrétní operační zónu. Pohybují se ve stratosférických výškách, a proto jsou často neozbrojená, neboť jejich hlavní úkol je zpravodajské získání informací. Májí tak velké pole působnosti, když doplňují satelitní průzkum a je schopna i jeho substitučního nahrazení v krizových situacích

OPERAČNÍ

Bayraktar TB2

navádění dělostřelectva

přímé údery na klíčové cíle



Obrázek 30 Ilustrace taktické úrovně dronu (autor, 2025)

TAKTICKÁ

Loki MkII Tactical

taktická podpora vojáků na bojišti

ovládán přímo jednotkou v terénu



Obrázek 29 Ilustrace taktické úrovně dronu (autor, 2025)

(Hoehn a spol., 2022). K tomu všemu slouží například model RQ-4 Global Hawk.

Operační bezpilotní prostředky (viz obr. 29). jsou nasazovány na úrovni menších celků, jako jsou divize, sbory a brigády. Tato zařízení jsou pak nasazována k podpoře konkrétních vojenských operací u menších jednotek v rámci tažení. Nejčastěji jde o průzkumné a bojové drony, které poskytují operační průzkum bojiště, elektronický boj v zázemí nepřítele, navádění dělostřelectva či jiných částí palebné síly nebo samy o sobě ničí důležité cíle vlastní výzbrojí (United Nations, 2019). To vše je konáno v daném prostoru a časovém horizontu, což pomáhá místním velitelům v rozhodování o dalších postupech.

Díky své menší velikosti oproti operačním prostředkům nepotřebují tak kvalitní zázemí pro provoz, i když běžný model obvykle pořád vyžaduje vzletovou a přistávací dráhu a základní servis. Vojenská kampaň obvykle trvá několik dnů až týdnů. Zařízení jsou řízena z menších

operačních středisek, případně z místních velitelských stanovišť v oblasti nasazení. Dobrymi zástupci této kategorie jsou modely Heron 1 a Bayraktar TB2, které lze ovládat kombinací LOS (v přímé viditelnosti) a BLOS (mimo dohled), přičemž BLOS režim může být zajištěn satelitním spojem nebo přes pozemní přenosové stanice, v závislosti na konfiguraci systému (United Nations, 2019). Oproti svým strategickým protějškům mají sice menší pole pokrytí, protože jsou však používána na podporu konkrétní mise, a ne celé armády, což je však pro jejich účel naprosto postačující (Hoehn a spol., 2022).

Taktické bezpilotní prostředky (viz obr. 30). jsou nasazovány na nejmenší úrovni pro týmy praporů, rot a čet. Do této skupiny spadá poměrně široká škála rozmanitých zařízení různých velikostí. Jedná se také o nejpočetnější kategorii, která nabyla na významu hlavně v posledních pár letech, například kvůli konfliktům na území Ukrajiny a Izraele (Tilenni, 2018; United Nations, 2019). Stále častěji jsou součástí organické výzbroje malých jednotek a přímo spadají pod jejich lokální velení. Jsou určeny k bezprostřední podpoře jednotek na bojišti. Ovládají se tedy přímo jednotkou v reálném čase při přímé viditelnosti bez zapojení většího řetězce velení. To umožňuje například průzkumným týmům každé skupiny samostatně zjišťovat situaci, identifikovat nepřitele, sledovat pohyb jak venku, tak uvnitř, či být na hlídce nebo provést útočnou akci. V případě, že jsou tyto drony použity pro útočnou misi, existují dvě hlavní varianty, jak se jí mohou zhostit. Za prvé mohou na nepřitele shodit granáty či miny pomocí speciálního mechanismu a následně se bezpečně vrátit zpět k opětovnému použití. Za druhé existuje také varianta kamikadze dronů, které se při kontaktu odpálí pomocí granátu či jiné výbušné nálože, a jsou tak pouze jednorázovou záležitostí (Hoehn a spol., 2022).

Můžeme je rozdělit na dva základní typy. Fixed wing (pevné křídlo), který je z těch taktických zpravidla větší a do značné míry může zastoupit operační bezpilotní prostředky jako jejich ekonomicky efektivnější varianta. V takovém menšinovém případě pak mohou spadat i pod operační velení (Tilenni, 2018). K jejich startu se používá prak či přenosná rampa. Díky své energetické úspornosti mohou létat ve vzduchu i několik hodin. Typickými zástupci kategorie jsou Puma 3 AE, Skylark I-LEX a Ukspecsystems Shark (Tilenni, 2018; Hoehn a spol., 2022). Druhým typem jsou multikoptérové, které jsou naopak většinou menší oproti fixed wing, ale mají výhodu větší nenápadnosti, snazšího startu, buď jen z ruky, či téměř jakéhokoli terénu. Dosahují ještě nižší ceny což tvoří příležitost pro jejich masové nasazování i nahrazování. Bohužel mají mnohem menší dolet, který se pohybuje kolem dvou hodin (Tilenni, 2018; Hoehn a spol., 2022). Jejich velkou výhodou je, že je jejich armádní verze mohou být běžně zastoupeny jejich komerčními protějšky. Lze je snadno upravit pro vojenské účely a ty bez větších potíží zastoupí jejich činnost. V některých případech se používají i podomácku

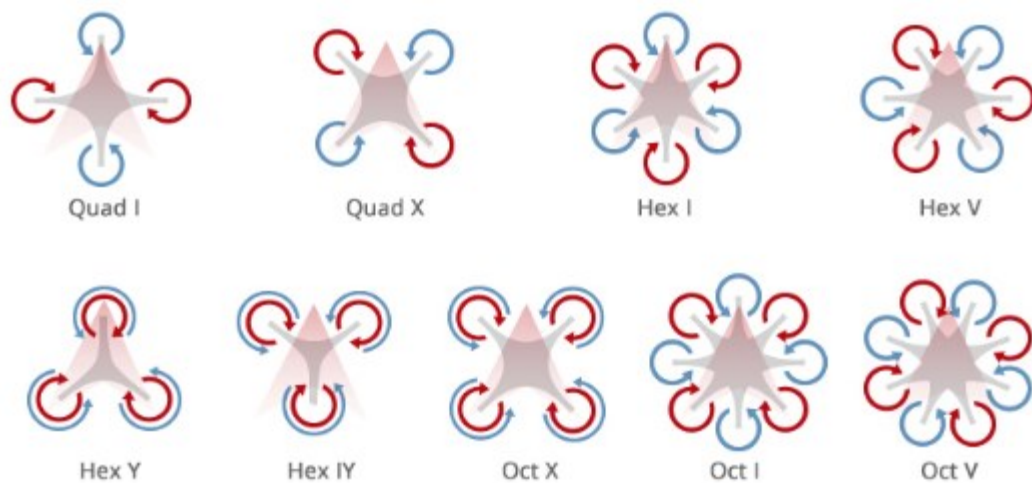
vyrobené drony pouze z běžně dostupných komponentů. Ty se pak díky jejich nízké ceně a jednoduché konstrukci nejčastěji používají jako kamikadze drony (United Nations, 2019). V této kategorii za reprezentanty můžeme považovat modely Loki MkII Tactical a také Black Hornet Nano. V moderních konfliktech se stále více ukazuje, že tato kategorie je nenahraditelná a pěší jednotky jsou při používání těchto dronů mnohem účinnější a předcházejí zbytečným ztrátám (Defense Express, 2023).

1.5 Civilní drony

Civilní UAV mohou být využity jak pro rekreační a osobní činnosti, tak se dají používat za účelem získání zisku komerčně. Oproti vojenským se jedná o velmi širokou paletu různých možností, a proto se dají třídit podle mnoha parametrů. V této kapitole je budeme klasifikovat podle tří nejdůležitějších oblastí, které se v praxi nejvíce používají. Kapitola tak poskytuje přehled dronů v civilní oblasti podle jejich hmotnosti, způsobu letu, konstrukčního uspořádání a také úrovně autonomie. Právě toto rozdělení je nejpřehlednější a odvíjí se od něj úměrně i vlastnosti těchto dronů. Pro plné porozumění této práci je potřeba vědět, jak drony systematicky rozdělujeme, abychom mohli najít vhodnou konkrétní činnost, kterou mohou vykonávat.

1.5.1 Podle typu konstrukce

Tato kapitola se věnuje rozdělení dronů podle konstrukčního uspořádání a s tím souvisejícím typem letu. Blíže představí nejčastější typy jako jsou jedno rotorové i vícerotorové koptéry, letouny s pevným křídlem a moderní hybridní VTOL stroje. Zmíněny jsou i bio mimetické drony, které napodobují pohyb zvířat. Každý typ přináší specifické výhody, nevýhody a oblasti využití. Multikoptéry jsou netypičtějším a nejrozšířenějším druhem typem konstrukce civilních dronů. Jedná se o rotorové stroje s více než jedním vzletovým rotorem (viz obr. 31). Existují oktokoptéry (osm rotorů), hexakoptéry (šest rotorů), typické kvadrakoptéry



Obrázek 31 Schéma různých typů multikoptér podle počtu a uspořádání rotorů (UAV Research and Teaching Lab, 2023)

(čtyři rotory) či méně rozšířené tricoptéry (tři rotory) (Peksa a Mamchur, 2024; Mohsan a spol., 2022). Multikoptéry mají vlastnost vertikálně vzlétat a přistávat podobně jako vrtulníky. S tím souvisí i to, že nevyžadují rozsáhlé vzletové dráhy, stačí jen malý zpevněný plácek (Garg, 2022). Mají také jednodušší ovládání a díky své souměrné konstrukci a vyrovnávacím systémům lépe drží stabilitu (Peksa a Mamchur, 2024; Tanaka a spol., 2022). To umožňuje takřka dokonalé manévrování i v omezeném či uzavřeném prostoru. Mohou se ladně pohybovat do stran, dopředu i dozadu, ale také stoupat klesat nebo jen tak viset ve vzduchu či být nad důležitým bodem zájmu. To je optimální pro letecké fotografování, inspekce, vědecké a komerční účely či to dokonce dalo vzniknout rozmanitým závodům (Garg, 2022; Mohsan a spol., 2022). To zajišťuje jejich flexibilitu a univerzálnost a díky tomu je tato konstrukce nejpopulárnější. Jejich výroba je jednodušší, což se odráží i na jejich nižší ceně a to jim ještě více přidává na jejich oblíbenosti. Mohou si je tak dovolit pořídit nejen stát a firmy, ale také individuální jedinci pro svá hobby (Mohsan a spol., 2022). Uvedená konstrukce však přináší i pár nevýhod. Nejvýznamnější je nižší energetická efektivita, která způsobuje omezenou dobu letu, velkou spotřebu jen při visení ve vzduchu a také menší nosnost příslušenství (Peksa a Mamchur, 2024). Další nevýhodou je, že hůře odolávají silnému větru a v případě výpadku pohonu vede k pádu. Postrádají totiž možnost klouzat až k bezpečnému přistání (Katara a Sapre, 2019). To může být v některých případech kompenzováno tím, že má právě více vrtulí a v každé samostatný motor, díky čemuž může nejenom bezpečně přistát, ale občas i doletět do

původní destinace. Celé to však záleží na celkovém počtu jeho rotorů a pokud má vrtule jen čtyři a méně tak hladce nepřistane.

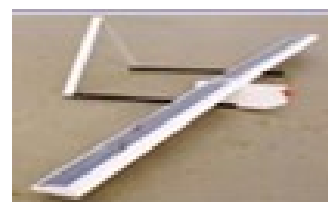
Kromě multikoptér existují i drony s jedním hlavním rotorem (viz obr. 32), který je nosný, a ocasním menším rotorem, který slouží k vyrovnávání. Svoji koncepcí tak připomínají vrtulníky nejvíce a fungují na stejném principu.



Obrázek 32 Jedno rotorový dron s vyrovnávacím ocasním rotorem (Dinelli a spol., 2023).

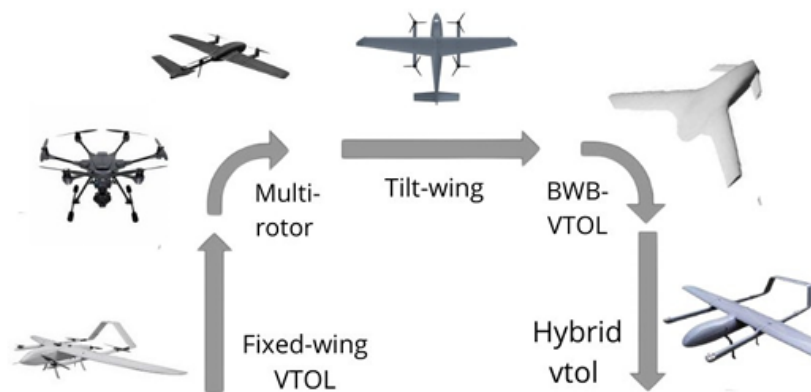
Historicky předcházely dronům s více vrtulemi. V Japonsku se bezpilotní vrtulník využíval v zemědělství již v 90. letech minulého století (Tanaka a spol., 2022). Jejich výhodou je vyšší účinnost velkého rotoru při nesení těžších nákladů a také delší výdrž oproti srovnatelně velkým multikoptérám. Výdrž mohou ještě prodloužit tím, že mají spalovací motor (Garg, 2022). Bohužel tento systém je složitější na ovládání a náročnější na údržbu a cenu. Rotor s velkým průměrem je také nebezpečnější a je nutné pečlivě zabezpečit provoz. To tak úplně znemožňuje jejich využití ve vnitřních prostorech (Tanaka a kol., 2022).

Drony s pevným křídlem (viz obr. 33) (fixed-wing UAV) konstrukcí připomínají malá letadla. Mají nehybná křídla a generují vztlak při pohybu vpřed až následně vzlétnou (Mohsan a spol., 2022). Pro úspěšný start tak vyžadují rozběh přes běžnou či přenosnou vzletovou plochu, katapult nebo šikvový odhoz. Pro přistání potřebují opět běžnou přistávací plochu nebo mohou přistát břichem na trávu či speciální podložku. Alternativně mohou být chytány nárazem do svislé



Obrázek 33 Dron s pevným křídlem (Mohsan a spol., 2022)

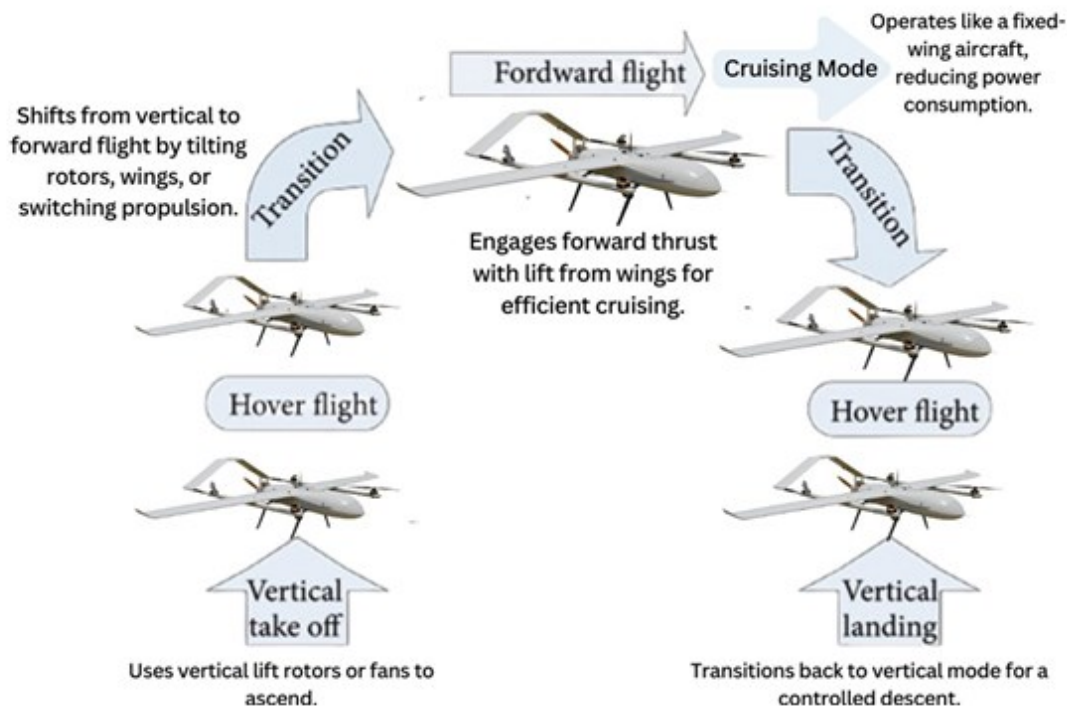
sítě, případně mohou vypustit padák, při čemž pomalu klesnou k zemi (Garg, 2022). Ve vzduchu nedokážou viset na místě na rozdíl od vrtulových leteckých strojů a musí se tak neustále pohybovat vpřed (Shakhatreh a kol., 2018). Energií tak primárně spotřebovávají na překonání aerodynamického odporu a zbytečně ji neztrácí při udržování výšky (Dündar a spol., 2020). To ale také zajišťuje, že efektivněji využívají energii k letu a mohou dokonce i plachtit (Garg, 2022). Mají tak vyšší rychlost a delší dobu pobytu ve vzduchu. To vše vede k tomu, že i stroje na elektrický pohon mohou být ve vzduchu několik desítek minut i pár hodin (Mohsan a spol., 2022). Výhodou je, že bývají odolnější proti větru a stabilnější ve vyšších rychlostech (Garg, 2022). Nevýhodou je pro změnu horší manévrovatelnost v užších a omezených prostorech. Mají také větší náklady jak při pořízení, tak na jejich ovládání. Jejich ideální použití



Obrázek 34 přehled různých konstrukčních konfigurací VTOL dronů. (Alqudsi a spol., 2025)

je i výhodnější na delší vzdálenosti (Dündar a spol., 2020). Zvládají lépe například inspekci a mapování infrastruktury dlouhých liniových staveb ropy, plynu a elektrického vedení. Pokud by ale měly detailněji prověřit jeden konkrétní bod, tak kvůli nemožnosti stání na místě je to s nimi složitější (Shakhatreh a kol., 2018).

Předposlední v této kategorii jsou hybridní VTOL (viz obr. 34) (vertical take-off and landing) drony. Jak už název napovídá, kombinují různé vlastnosti a s nimi spojené výhody a nevýhody z předchozích konstrukčních modelů. Mají za cíl spojit výhodu vertikálního startu a přistání principu vrtulníku, kterou zároveň chtějí spojit s efektivitou letu na křídlech inspirovaného letadly dražší (Alqudsi a kol., 2025; (Dündar a spol., 2020). Technicky je hned několik typů těchto hybridů. První jsou naklápějí rotory nebo křídla (tilt-rotor, tilt-wing), kdy rotory při startu vzlétají vertikálně jako multikoptéry a po přechodu do horizontálního letu se naklopí do polohy pro pohon dopředného letu (viz obr. 35). Dále je zde konstrukce letounu s ohybem tahu (tail-sitter), kdy celý stroj startuje kolmo vzhůru a pak se přechyluje do vodorovného letu (Alqudsi a kol., 2025). Poslední je konstrukce se samostatnými sadami rotorů pro vertikální i horizontální let, tedy z vrchu i ze stran. Tato koncepce tak umožňuje vzlétnout bez letiště a zároveň letět jako letadlo. Avšak tato kombinace výhod přináší i nevýhody z obou předchozích typů konstrukcí. Kvůli větší technické složitosti jsou dražší na výrobu a zároveň



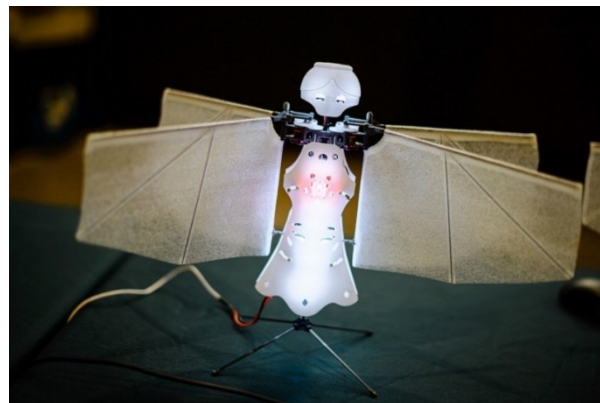
Obrázek 35 Schéma znázorňuje jednotlivé fáze letu VTOL, od vertikálního vzletu, přes přechod do horizontálního režimu a následného letu, až po přechod zpět do viseného letu a vertikální přistání (Alqudsi a kol., 2025).

jsou náchylnější k poruše, což vede k další ztrátě financí i času (Katare a Sapre, 2019; Alqudsi a spol., 2025). Nedosahují často plné efektivity, to se projevuje tak, že mají limitovaný vzlet i let na rozdíl od čistě rotorových a křídlových strojů. Také jsou nejnáročnější na ovládání převážně kvůli poměrně vysoké obtížnosti přechodu z vertikálního startu a přistání do horizontálního letu ve vzduchu. Během této přechodové fáze dojde přesně k převedení tahu z vertikálně orientovaných rotorů do aerodynamického vztlaku neseného pevnými křídly. Hybridní drony jsou tedy konstrukčně složitější, ale umožňují jednoduchý vzlet z jednoho místa a zároveň umožňují efektivní přímý let s vysokou rychlostí na dlouhé vzdálenosti. To vše v kombinaci v jednom zařízení. Nejužitečnější jsou pro mapování rozsáhlých oblastí, díky tomu že, se mohou vznášet nad problémovým bodem, který lépe zmapují, a to vše i v případě absence potřebné přistávací infrastruktury (Tanaka a spol., 2022).

Tato kategorie je zatím ve vývojové fázi a na trhu je jen málo modelů, ale představuje slibný směr pro novou generaci efektivnějších UAV (Alqudsi a spol., 2025).



Obrázek 37 Drony konstrukčně inspirované jestřábem (vpravo) a holubem (vlevo) (Tanaka a spol., 2022)



Obrázek 36 Hmyzí dron Českého vědce Matěje Karáska inspirovaný motýlem. (CC.cz, 2023)

Dále sem patří stroje se speciální konstrukcí biomimetických dronů (viz obr. 37). Připomínající a imitující různé druhy zvířat a od toho lze i odvodit jejich název. Nejčastěji se jedná o různé modely ptactva a brouků. Jde například o modely racků, sokolů, vran, vážek a včel. Ty slouží k průzkumu přírody, a hlavně živočichů z opravdu blízké vzdálenosti. Někdy se také používají například pro plašení ptáků a opylování květin. Jejich velkým plusem je velká energetická efektivita, nízký hluk a konstrukce, která je bezpečná pro své okolí. Minusem je pak použití pokročilých materiálů, složité programování pohybu, krátká doba letu a vysoká cena prototypů (Tanaka a spol., 2022). Mimo civilní sféru mohou jeho aktivity zahrnovat i špionáž (Mohsan a kol., 2022). Přesuneme se však na chvíli do České republiky. Zde vědec Matěj Karásek například vytvořil motýlí dron Flapper (viz obr. 36), který umí tancovat ve vzduchu a umělci ho díky možnosti svítit v rozmanitých barvách používají při představeních. Typem letu však připomíná vážku. Měl i praktičtější využití v nízozemských sklencích, kde hledal škůdce rostlin. Byl použit místo klasické vrtulové varianty, aby nedošlo k poškození plodin. Tato konstrukce má dále výhodu, že když do něčeho narazí, tak nespadne ani nemusí celou situaci složitě vybírat. Také je unikátní v tom, že vrtule při nájezdu robotického motýla do ruky člověka nezpůsobí žádné poškození ani jedné straně. Proto se uvažovalo i o jeho využití ve skladech, avšak zatím zůstalo jen u zábavního využití na různých kulturních akcích a představeních. Má hmotnost 29 g a rychlost 25 km/h, avšak autor jej chce nadále zmenšovat. U vrtule sice platí, že čím je menší, tím má menší energetickou efektivitu, ale u křídel je to přesně naopak, a proto v budoucnu dojde ke zmenšení. Ruční výroba a chvění kamery při letu však ztěžují jeho komerční potenciál (CC.cz, 2023).

1.5.2 Dle hmotnosti

Hmotnostní dělení dronů v této kapitole vychází z mezinárodně uznávaných kategorií podle maximální vzletové hmotnosti. Inspirací byl zejména systém australské, ale také americké legislativy, které podle autora nejlépe odrážejí rozdělení civilních dronů podle hmotnosti. Toto členění je dále upraveno na základě odborných technických zdrojů (Elmeseiry a spol., 2021; Aabid a spol., 2022), aby lépe odpovídalo současné praxi a umožňovalo srovnání technických parametrů a provozních charakteristik napříč jednotlivými kategoriemi.

Tabulka 1 Přehled hmotnostních kategorií civilních dronů

Kategorie	Hmotnostní rozsah	Příklady využití
Nano a mikro drony	do 250 g	Inspekce potrubí, rekreace, snímkování
Malé drony	250 g – 2 kg	Fotografie, marketing, inspekce budov
Střední drony	2 – 25 kg	Mapování, postřik, film, geodézie, záchranné mise
Těžké drony	25 – 150 kg	Zemědělství, logistika, průmyslové mise, filmové záběry
Velmi těžké drony	nad 150 kg	Atmosférický výzkum, satelitní nosiče, dálková přeprava

Zdroj: (Elmeseiry a spol., 2021; Aabid a spol., 2022; autor, 2025)

Do nejnižší hmotnostní kategorie patří zpravidla nano drony a mikro drony. Nano jsou samozřejmě menší než mikro, ale v civilní sféře mají tak podobné parametry, že je zde necháme v jedné skupině. Jejich hmotnost je maximálně do 250 g a výška letu je softwarově omezena na 120 m (CASA, 2024). Nosnost těchto dronů je prakticky nulová a dokážou pouze nést svoji zabudovanou kameru s elektronikou a stabilizační a řídicí systémy. To vše se odvíjí od kapacity baterek, která je vázaná právě na celkovou velikost celého zařízení. Nano drony například dosahují velikosti dlaně, takže baterka je opravdu miniaturní a o přenosu jiných předmětů se nedá ani mluvit (Palossi a spol., 2019). Navzdory své malé velikosti mohou mít GPS lokalizaci, optickou stabilizaci, automatický návrat domů a také sledování okolí v reálném čase (EURO-SD, 2024). To bylo dříve součástí jen pár profesionálních platforem, dnes už se to stává standardem. Typicky jde o miniaturizované kvadrokoptéry pro zábavu a základní letecké snímkování střech, zahrad nebo špatně dostupných míst v budovách (Elmeseiry a spol., 2021). Také se používají na nenápadné inspekce ve firmách nebo v energetice, službách k revizi potrubí a dalších stísněných prostor. Ve vzduchu vydrží od pár jednotek minut po nižší desítky

minut, to je však pro tyto úkony naprosto dostačující. Skladná velikost jim umožňuje snadnou přenositelnost buď v kapse, nebo v batohu. Nevýhodou je pak právě kvůli malé velikosti velká citlivost na nepříznivé klima a počasí, což může omezit či znemožnit jejich použití. Do této kategorie se navíc řadí i drony, které jsou bez kamery a jsou určeny pro osoby mladší 18 let, lidově řečeno sem patří většina létajících hraček na dálkové ovládání

Další kategorií jsou malé drony. Váží obvykle mezi 250 g a 2 kg. V této skupině se nachází největší podíl bezpilotních letadel pro osobní, ale i poloprofesionální použití (CASA, 2024). Například pro rekreační létání a prozkoumávání okolí či pořizování osobních fotek a videí. Také slouží pro natáčení reklam, dokumentů či nezávislých filmů v kvalitě videa až 4 K (Aabid a spol.,2022). Na rozdíl od mikro a nano dronů nemají tak velké potíže ve špatném počasí jako je například let během bouřky proti silnému větru. Větší modely dokážou spojení s lehkým doplňkem do 0,5 kg hmotnosti, jako je například termovize, led světlo a spektroskopické kamery. Termovize se používají například k detekci tepelných úniků z budov či ohniska požáru pro včasný záchyt problému. Spektroskopické kamery se využívají hodně k detekci znečištění přírodní vody a kontaminace půdy například po ekologických haváriích. To dokážou vykonávat poměrně s přehledem, protože ve vzduchu vydrží větší desítky minut a v některých rekordních případech dosahují na jednu hodinu při jednom nabití (El-Atab a spol., 2021). Dokážou tedy to samé jako jejich předchozí menší varianty, akorát že mají širší uplatnění a delší výdrž. Díky pokročilejším letovým systémům mohou již operovat v relativní blízkosti lidí a v městském prostředí s minimálním rizikem. Některé věci však nedokážou dělat tak efektivně, například revize stísněných prostor, do kterých nemohou kvůli větší velikosti zaletět a mohlo by dojít k jejich poškození.

Třetí kategorií jsou středně těžké drony s hmotností nad 2 kg nepřesahující ale 25 kg. Tyto stroje se již považují za plně profesionální bezpilotní prostředky a nacházejí tak odlišné a zároveň širší spektrum uplatnitelnosti. Jsou pořád relativně skladné, ale musí se vozit již v kufru auta, protože jeden člověk je dlouho neunesne obzvlášť když se blíží k horní hranici hmotnosti. To stejné platí z hlediska řízení, tyto drony často řídí více lidí než jeden a blíží se až k hranici tří. Díky své větší velikosti si mohou dovolit větší diverzifikaci ve své konstrukci (Elmeseiry a spol., 2021). Na rozdíl od nano, mikro a malých dronů to nejsou jen kvadrokoptéry se čtyřmi vrtulemi, ale střední drony nabízí kreativnější řešení v podobě hexakoptér, oktakoptér a také menší pevno křídlový typ. Také mohou být už značně flexibilní z hlediska doplňků díky své větší nosnosti a kombinovat tak více zařízení současně. Minimální nosnost činí 2 kg a maximální 25 kg, většina z nich však může nést příslušenství a balíčky v rozmezí 5–15 kg. To se úměrně odvíjí od velikosti a konstrukce přístroje a platí, že čím je větší, tím toho i více unese.

To umožňuje dronům dělat lepší mapování pomocí systému LiDAR společně s tím, že nesou i kvalitnější kamery přesahující 4 K rozlišení, a pořizovat tak delší a kvalitnější záznamy včetně profesionálních filmů za kratší čas (Dadrass a spol., 2025). Zvládají dělat také pokročilou geodézii. Mohou také nést velké osvětlovací systémy pro zajištění světla při noční práci. Byla by ale škoda je využívat jen k monitorovacím úkolům, které zvládnou i menší kategorie, používají se i k reálné fyzické práci. Například mohou nést nádrže na postřik pro usnadnění práce zemědělčům či včas doručenými záchrannými balíčky zachránit životy (El-Atab a spol., 2021). Množství doplňků však samozřejmě negativně ovlivňuje i dolet. Jako poznámku na závěr je dobré zmínit, že se střední drony ve významu velmi často zaměňují s taktickými. Mohou za to primárně prodejci a někdy novináři, kteří se svým produktům snaží dát lépe znějící nálepku pro lepší prodeje či ozvláštnit název článku. Jedná se však o chybu v terminologii. Střední drony jsou váhová, případně legislativní kategorie, která je klasifikovaná svou velikostí v civilní sféře, zatímco taktické je armádní rozdělení, které popisuje úroveň velení, pod níž tento stroj spadá. To znamená například, že taktický dron může být mikro, malý, střední, ale klidně i větších rozměrů. Velikost u něj nehraje drastickou roli, ale to, do jakého velení spadá.

Kategorie těžkých dronů od 25 kg do 150 kg je již méně používaná a má specifické zaměření. Představuje totiž hranici mezi profesionálními drony a specializovanými, které se již svými rozměry blíží pilotovaným letadlům a vrtulníkům. Provoz těchto dronů tak vyžaduje specifickou leteckou infrastrukturu, vyšší míru odbornosti a přímé schválení leteckými úřady (Elmokadem a Savkin, 2021). Taky se zde již nedá mluvit o hobby využití a výjimečně si jej k tomu mohou kopit maximálně bohatí nadšenci, těch je však jen hrstka. Často se používají v průmyslu, logistice, zemědělství, k pokrytí pokročilých úkonů na dlouhé vzdálenosti s velkým rozsahem. I filmů dokážou nahradit plnohodnotný vrtulník k záběrům ze vzduchu. Strojem s dlouholetou tradicí je japonský Yamaha RMAX ve tvaru vrtulníku, který byl poprvé použit již v roce 1998 v zemědělství a je stále aktivní. Váží 100 kg a unese 28 kg nákladu. Používá se zejména pro rozsáhlý postřik rýžových polí v Japonsku, rozšířil se ale i do Austrálie a USA (Aabid a spol., 2022).

Poslední jsou velmi těžké drony, což jsou stroje, které váží více než 150 kg. Svoji velikostí nejenom připomínají letadla, ale reálně jsou svým vzhledem na první pohled nerozeznatelné od menších soukromých tryskáčů. Jedná se o nejsložitější systémy v civilní sféře (Elmeseiry a spol., 2021). Vzhledem k jejich velikosti, náročnosti provozu a vysoké ceně nejsou určeny pro běžný komerční provoz, ale spíše pro výzkumné a testovací projekty v sektoru dálkové přepravy, telekomunikací nebo atmosférického výzkumu (Elmeseiry a spol., 2021).

1.5.3 Dle míry autonomie

DRONE INDUSTRY INSIGHTS

THE 5 LEVELS OF DRONE AUTONOMY

Autonomy Level	Level 0	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
Human Involvement						
Machine Involvement						
Degree of Automation	No Automation	Low Automation	Partial Automation	Conditional Automation	High Automation	Full Automation
Description	Drone control is 100% manual.	Pilot remains in control. Drone has control of at least one vital function.	Pilot remains responsible for safe operation. Drone can take over heading, altitude under certain conditions.	Pilot acts as fall-back system. Drone can perform all functions 'given certain conditions'.	Pilot is out of the loop. Drone has backup systems so that if one fails, the platform will still be operational.	Drones will be able to use AI tools to plan their flights as autonomous learning systems.
Obstacle Avoidance	NONE	SENSE & ALERT		SENSE & AVOID	SENSE & NAVIGATE	

Source: DRONEII.COM Date: March 12th 2019 DRONEII.COM DRONE INDUSTRY INSIGHTS

Obrázek 38 Přehled pěti úrovní autonomie dronů od čistě manuálního řízení až po plně autonomní systém (Drone Industry Insights, 2019)

Míru autonomie bezpilotních prostředků lze přesněji vysvětlit pomocí chronologické stupnice od úrovně 0 až po úroveň 5 (viz obr. 38) Na stupni 0 neobsahuje systém žádné pokročilé řídicí mechanismy ani autonomní funkce, vše řídí člověk ručně. Naopak úroveň 5 označuje plně autonomní stroj, který je schopen samostatně plnit úkoly včetně složitého letu a rozhodování bez jakéhokoliv zásahu člověka. Toto rozdělení je v mnoha ohledech inspirované známým modelem autonomie vozidel (například dle SAE), a proto slouží jako srozumitelný rámec i pro pochopení autonomie dronů. V následující části si jednotlivé úrovně autonomie podrobně rozebereme.

Nejjednodušším typem autonomie, v tomto případě spíše neautonomně je pouze pomocí manuálního řízení. Bepilotní letadlo je ovládáno zcela ručně operátorem přes dálkové ovládání ovladače a vysílače (Elmokadem a Savkin, 2021). Celý proces od startu, poté letu přes složité manévry až po přistání, řídí člověk a nemá žádné systémy které by mu v letu nějak pomáhaly, naváděly ho či se vyhýbaly překážkám a nebezpečí. Jediné, co mu pomáhá v letu je základní stabilizace, aby se například nepřeklopil vzhůru nohama při lehkém náklonu. Pořád ale platí, že pokud ho pilot neřídí, neudrží svou pozici a havaruje (Peksa a Mamchur, 2024). Výhodou je, že zkušený pilot může dělat složitější manévry které u modelů s větší autonomií nejsou možné

kvůli bezpečnosti a může tak i dosáhnout vyšší dočasné rychlosti. Pomalý reakční čas na různé situace pilota a omezený dosah řídicího signálu na přímou viditelnost zase tvoří jeho nevýhody. Nejčastěji jde o rádiově řízené malé modely a závodní drony. Plně manuální drony můžeme označit číslem 0 protože jde o čistě pilotní řízení bez zásahu technologií (Nawaz, 2024). Tyto drony jsou však dnes už v menšině.

Následují poloautonomní drony které spadají svými schopnosti doprostřed. Mají částečnou autonomii a disponují tak autonomními funkcemi, které mohou převzít a zjednodušit řízení některých fází letu. Operátor ale pořád dohlíží na bezpečnost a kdykoliv se může uchýlit k převzetí plné kontroly. Dron na této úrovni dokáže sám stabilizovat let, udržovat výšku a polohu přes GPS, a nezřídka umí také automaticky vzlétnout a přistát skrze zabudované programy (Peksa a Mamchur, 2024). Operátor může nastavit určité parametry mise. Může naplánovat konkrétní trasu kterou bude zařízení následovat. To se dělá pomocí určení konkrétních navigačních bodů, které tvoří pomyslnou dráhu, kterou pak letoun proletí. Během celé trasy si dron sám reguluje směr, rychlost, výšku ale drží se kolem původních instrukcí autopilota. Pokročilejší systémy mohou pomocí senzorů dokonce detekovat nově vzniklé překážky a úspěšně předejít nehodě. To umožňuje kombinace kamery, ultrazvuku v kombinaci se systémem typu LiDAR (Palossi a spol., 2019). Když tedy dron najde překážku tak zastaví na místě nebo upozorní pilota k převzetí řízení. Nedokáže však sám vyřešit nové problematické situace které nebyly naprogramovány na původní trase. Proto je zde z velké míry stále potřeba osoba, která na vše dohlédne. Fotogrammetrické mapování je typickým příkladem, kdy operátor naplánuje obdélníkový vzor letu nad lokalitou zájmu. Dron tuto oblast proletí, kterou zároveň snímkuje a pilot po celou dobu monitoruje průběh. Dále funkce Follow me u běžných komerčních dronů, umožňuje samostatně sledovat vybranou osobu či objekt a po celou dobu udržuje kompozici záběru (Elmokadem a Savkin, 2021). Tato funkce je dnes poměrně běžná, ale stále může dojít k chybě nebo nečekané situaci a dozor je tak stále potřeba. Trase. Dnes většina moderních civilních dronů spadá do této úrovně řízení. Polo-autonomní drony můžeme na číselné stupnici autonomie označit číslicemi v rozmezí 1–2 (Nawaz, 2024). To se odvíjí podle počtu funkcí, které přesně umí.

Na nejvyspělejší konci spektra jsou stroje označované jako plně autonomní drony. Ty jsou v teorii ideálně vybaveny pokročilou umělou inteligencí a senzory, které jim umožňují samostatně jednat a rozhodovat se v reálném čase (Elmokadem a Savkin, 2021). Autonomní dron by mohl správně vyhodnotit situaci díky datům získaným z kamer a dalších čidel z nichž na základě algoritmů strojového učení by zvolil optimální možnost (Palossi a spol., 2019). Reálně ještě taková rozhodnutí dělat neumí. Měl by tedy sám splnit misi včetně startu a přistání

bez lidského zásahu. Plně autonomní civilní drony existují jen částečně ve specifických podmínkách například průmyslových areálech firem DJI DOCK a Skydio DOCK (Bláha a spol., 2023). Plné dosažení tohoto cíle za všech okolností zatím bohužel zůstává jen teoretickým rámcem. Vždy je u dnešních dronů přítomen lidský dozor i když by měl jen kontrolovat co dron dělá, nebo se pohybuje pouze na omezeném prostoru kde nemůže dojít k neočekávaným situacím. Tento prostor je často uzavřený, a hlavně musí být kontrolovaný. Nicméně se už pomalu vyvíjejí systémy, které se blíží k ideálu perfektního autopilota. Zatím se tedy za autonomní drony považují takové stroje, které ke svému fungování potřebují jen minimální zásah člověka. Zatím tedy umí reagovat na okolí snaží se obletět překážky a vyhnout se jim. Zcela autonomní plánování trasy bez předem nahrané mapy dnes zvládají spíše experimentální nebo výzkumné systémy (Palossi a spol., 2019). Operátor pak reaguje a zasahuje v nouzi při selhání techniky. Zásadním předpokladem je propojení různých senzorů do jednotného systému řízení schopného adaptivního rozhodování. Aby se uměl adaptivně vypořádávat se změnami podmínek a zvolit například alternativní trasu. Vizí je že nouzově přistane například za použití jednoduchých limitů, když baterka klesne pod 10 %. Musel by tedy mít plnohodnotné záložní a bezpečnostní systémy srovnatelné s reakcemi posádky letadel, což je velmi ambiciózní cíl, ke kterému se směřuje spíše v armádě. To vše by bylo splněno pouze z obecného zadání od operátora. To však zatím nefunguje. Instrukce musí být poměrně složité a předem naplánované. Stroj se většinou dokáže vyhnout pouze několika překážkám, které lze snadno obletět. V případě složitějšího problému si však sám nedokáže poradit. Úroveň 5 tedy v číselném podání představuje úplnou autonomii, ale zde ještě nejsme a dlouhou dobu nebudeme (Nawaz, 2024). Dnes se tak pohybují na pomezí 3–4. Pro plné dosažení bude potřeba ještě dlouhý vývoj a rozvolnění legislativy. Nejúspěšnější prototypy a systémy jsou v omezeném vojenském a průmyslovém nasazení na uzavřeném prostoru. V otevřené civilní dopravě tak nasazeny nejsou.

Autonomní drony nejsou zatím schopny bezpečného provozu v otevřeném prostředí bez lidského dohledu. Fungují spíše v uzavřených nebo kontrolovaných prostorách, kde jsou předem naprogramovány ke splnění specifických úkolů. Mají však stále omezenou variabilitu. Z výše uvedeného je jasné, že dosažení plné autonomie v civilním provozu je zatím spíše vizionářskou myšlenkou než realitou. Přesto však vývoj v oblasti senzorů, výpočetní techniky a umělé inteligence posouvá hranice směrem k úrovním 4 a 5.

2 ANALÝZA VYUŽITÍ DRONŮ V LOGISTICE

Druhá hlavní kapitola této práce se věnuje praktickému využití dronů v oblasti logistiky. Nejprve se zaměřuje na evropskou a českou legislativu, která definuje pravidla pro bezpečný a efektivní provoz UAV, který se dá aplikovat i ve spojení s logistickými úkony. Dále kapitola rozebírá konkrétní příklady využití dronů při doručování na poslední míli, kde představuje průkopnické projekty Amazon Prime Air a Google Wing. Jako další následuje analýza humanitární logistiky prostřednictvím dronů, s důrazem na reálné nasazení v Africe skrze firmy Zipline a Swoop Aero. Nechybí ani využití v inventarizaci a skladových operacích. Celkově kapitola ukazuje široké spektrum možností, jak mohou UAV zefektivnit logistické procesy v běžném i krizovém provozu.

2.1 Legislativa

Rychlý rozvoj technologie UAV a jejich systémů znamenal výzvu jak pro jednotlivé státy, tak i celé společenství. Bylo potřeba jasně reagovat prostřednictvím přijetí legislativních opatření pro jejich fungování. Smyslem je zajistit co největší efektivitu, plynulost a hlavně bezpečnost prostoru, obzvláště pak veřejného a letového. Evropská unie má svá nařízení vydanými Agenturou Evropské unie pro bezpečnost letectví. Vzhledem k tomu, že Česká republika je členem Evropské unie, musí aplikovat její předpisy, které má doplněné o vlastní opatření a specifika. Tato kapitola obsahuje přehled současného práva bezpilotních prostředků v Evropě společně s českými specifiky.

2.1.1 Evropská legislativa



Obrázek 39 Evropská unie je instituce odpovědná za tvorbu a harmonizaci legislativy v oblasti provozu dronů v rámci členských států (EUR-Lex, 2019).






Evropská legislativa (viz. Obr. 39) k provozu UAV je strukturována do tří kategorií podle míry rizika: otevřená, specifická a certifikovaná. Tento rámec stanovuje technické, provozní i administrativní požadavky a nařízení na evropské úrovni.

Dříve byla legislativa týkající se bezpilotních letadel řešena samostatně v rámci jednotlivých států. K větším dronům se často přistupovalo podobně jako k letadlům

pilotovaných člověkem, u menších se pro změnu legislativa neřešila. Od konce roku 2020 platí v celé Evropské unii jednotná pravidla pro provoz dronů, která nahradila dřívější roztráštěné předpisy národních států (EASA, 2024). Jde hlavně o ustanovené prováděcí nařízení EASA 2019/947 a delegované nařízení 2019/945 jenž společně harmonizují požadavky na bezpečné využití civilních dronů ve všech členských státech Evropské Unie. Vytyčil se cíl, zvýšení bezpečnosti a přehlednosti provozu bezpilotních letadel. Došlo také k uvolnění komerčního využití což dalo vznik inovativním službám. Může se jednat například o doručování zásilek či přepravu krizového materiálu drony. Nové předpisy se tak vztahují na všechna civilní letadla bez pilota na palubě, a to zahrnuje i modely (EUR-Lex, 2019).

Evropská legislativa zavedla tři kategorie provozu podle míry rizika. Patří sem otevřená, specifická a certifikovaná. Každá z těchto kategorií má jinou úroveň regulace. To zahrnuje odlišné technologické či dokonce administrativní požadavky na dron, provozovatele a pilota (Ministerstvo dopravy ČR, 2023). Zavádí tak povinnou registraci pro většinu provozovatelů dronů. Existuje však výjimka pro nejmenší drony do 250 g bez kamery a hračky pro děti na které se povinná registrace nevztahuje (EASA, 2024). Každý provozovatel se tak musí registrovat u svého národního úřadu v konkrétní zemi a označit všechny své drony identifikačním číslem které mu bylo přiděleno. Registrace dronu v jedné zemi platí pro celou Evropskou Unii, registrovaný uživatel může létat ve všech členských zemích za stejných podmínek (Droneinfo, 2023).

WHAT TYPE OF DRONE CAN I FLY?

Operation			Drone Operator / pilot			
C-Class	Max Take off mass	Subcategory	Operational restrictions	Drone Operator registration?	Remote pilot qualifications	Remote pilot minimum age
Privately build	<250g 	A1 Not over assemblies of people (can also fly in subcategory A3)	Operational restrictions on the drone's use apply (follow the QR code below)	Yes No if toy or not fitted with camera/sensor 	Read user's manual	No minimum age (certain conditions apply)
legacy < 250g						
C0						
C1	<900g 					
C2	<4kg 	A2 Fly close to people (can also fly in subcategory A3)				
C3	<25kg 	A3 Fly far from people				
C4						
Privately build Legacy drones (art 20)						

Obrázek 40 Tato tabulka znázorňuje přehled toho, jaký typ dronu je možné provozovat v otevřené kategorii dle hmotnosti a technické třídy (EASA, 2024)

Tato klasifikace umožňuje spravedlivěji určovat kdo má jaká práva a povinnosti při různém využití dronů. Ten, kdo si chce jen rekreačně létat se musí řídit podle trochu jiných pravidel, než někdo, kdo chce například provádět složité logistické operace.

Do nejvolnější části legislativy patří otevřená kategorie. Pokrývá lety s nižším rizikem a nevyžaduje předem povolení od úřadů. Patří sem většina dronů, které používají nadšenci pro rekreaci ve volném čase. Mohou sloužit i k jednodušším komerčním účelům. Aby mohli patřit do otevřené kategorie, jejich vzletová hmotnost nesmí přesahovat 25 kg (viz. Obr. 40) (UAV Coach, 2023; EASA, 2024). Lze je provozovat, avšak člověk musí stále splňovat určitá pravidla. Létat musí jen ve vizuálním dohledu pilota, což znamená že dron musí reálně fyzicky vidět, nestačí mít jen obraz z kamery. Jeho maximální výška nad zemí nesmí překročit 120 m mimo zónu letišť a dalších zvláštních oblastí. Dříve to mohlo být až do 300 metrů, ale došlo ke změně. také určitá omezení letu v blízkosti osob. Nesmí se létat nad davem osob při akci, ani provádět lety v blízkosti jednotlivců. Výjimku mají pouze drony do 250 g, u kterých se nepředpokládá že by někoho zranily (Alza.cz, 2024; EASA, 2024c). Dále jsou drony v otevřené kategorii rozděleny do podkategorií A1, A2, A3 (viz. Obr. 40). Též jsou rozděleny do tříd C0–C4 (viz. Obr. 40) podle rozmezí jejich technických parametrů. Tyto údaje mohou obsahovat, jak blízko ostatních lidí se může létat s konkrétním dronem a jaké nároky musí pilot splňovat



Obrázek 41 EASA je agentura která vytváří a dohlíží na legislativní rámec pro provoz dronů v EU (EASA, 2024)

(EASA, 2024; EUR-Lex, 2019). Například drony třídy C0, které váží méně než 250 g, mohou létat nad nezúčastněnými osobami. Těžší drony tříd C3 a C4 musí dodržovat vzdálenost alespoň 150 m od obytných, rekreačních a průmyslových objektů (EASA, 2024). Komerční logistické nasazení dronů, například doručování balíčků, se v otevřené kategorii moc nevidí, protože otevřená kategorie nepovoluje lety mimo dohled. Není povoleno ani shazování předmětů, a proto je tato kategorie pro tyto účely nedostatečná.

Další v pořadí je specifická kategorie určená pro pokročilejší operace, jenž nesou vyšší riziko a na které už pravidla pro otevřenou kategorii nestačí (UAV Coach, 2023). Patří sem letecké práce i logistické operace, jako jsou lety mimo vizuální dohled (BVLOS), přeprava nákladu na delší vzdálenosti, lety ve městech a hustě obydlenými oblastmi. Provoz ve specifické kategorii už požaduje povolení od národního leteckého úřadu pro posouzení rizik konkrétní operace. Pro každou plánovanou činnost musí provozovatel provést analýzu rizik, ideálně metodikou SORA. Podle toho musí provozovatel zavést odpovídající bezpečnostní opatření, která úřad posoudí (EUR-Lex, 2022). Pokud operace splňuje standardizovaný scénář schválený EASA (viz. Obr. 41), může postačit pouze ohlášení úřadu místo individuálního povolení. Od roku 2024 jsou k tomu připraveny dva standardní scénáře STS–01 a STS–02 pro předem definované typy misí. K naplnění těchto scénářů odpovídají vyšší technické třídy dronů C5 a C6, které jim umožňují zjednodušenou administrativu (EASA, 2024). Ve specifické kategorii je také od 2024 též povinná přímá dálková identifikace, více známá jako Remote ID. Je důležité, aby byl dron během letu elektronicky identifikovatelný orgány dozoru (EASA, 2024). Logistické operace, včetně doručování zásilek a zdravotnického materiálu, jsou většinou prováděny právě pod specifickou kategorií. Rámec EU tyto služby konkrétním provozovatelům povolí až v momentě, kdy jsou splněny uvedené podmínky bezpečnosti. To se provádí ve chvíli, kdy jde o originální použití a není splněn klasický scénář (EASA, 2024c). EASA (viz. Obr. 41) už v roce 2020 publikovala první regulační rámec pro dronové doručovací služby, který určuje parametry pro provoz bezpilotních prostředků ve městech při střední míře rizika, a zajišťuje že zásobování přes drony je možné bezpečně provozovat. Tehdy to vzniklo jako nouzové řešení,

pro využití při krizi jako byl například Covid-19 který vývoj urychlil, pro bezpečné a veřejnosti přijatelné řešení doručování léků a vakcín do krizových míst. Nakonec byl využit v praxi a osvědčil se jako užitečné řešení (EASA, 2020).

Na úplném vrcholu je Certifikovaná kategorie, jenž je vyhrazena pro nejrizikovější využití. Vyžaduje se u nich perfektní přístup podobný jako u běžných pilotovaných letadel. Tato kategorie je značné míry vizionářskou legislativní přípravou pro budoucí scénář, kdy ve vzdušném prostoru budou běžně létat velké drony přepravující osoby nebo nebezpečný náklad případně budou provádět přelety nad velkými shromážděními plných lidí. V certifikované kategorii je pod drobnohledem přes certifikaci nejen samotný dron a jeho způsobilost k letu, ale i jeho provozovatel i pilot který jej řídí dálkově (EASA, 2024). Provoz stroje do certifikované kategorie musí být vždy zařazen, pokud platí alespoň jedna z těchto stěžejních podmínek. Mezi takové podmínky patří například to kdy rozpětí či velikost dronu přesahuje 3 metry, letí nad shromážděním osob, které například tvoří dav, přepravuje osoby na své palubě, nebo veze nebezpečný náklad který by v případě nehody znamenal významné riziko (EASA, 2024). V případech popsaných výše se na bezpilotní prostředek i provozní postupy pohlíží podobně jako u klasických letových případů a vyžaduje plnou certifikaci podle nařízení EASA. Zatím to však pro běžné doručovací logistické lety není potřeba. Certifikovaná kategorie bude více zastoupena až v budoucnu s příchodem velkých nákladních dronů či případných variant air taxi pro přepravu osob (EASA, 2024).

Nová evropská legislativa určuje i sjednocené technické požadavky na drony. Výrobci musí uvést certifikaci dronů pomocí štítků tříd C0–C6. Ty hlavně definují maximální hmotnost, úroveň hluku, způsob dálkové identifikace a systém omezovače výšky. Všechny tyto parametry jsou důležité pro bezpečný provoz (EUR-Lex, 2019). Od 1.1.2024 smějí být v otevřené kategorii provozovány jen drony opatřené štítkem příslušné třídy C0–C4. Starší drony bez štítku, mohou být nadále používány, ale od roku 2024 pro ně platí tvrdší omezení. Všechny neštítkované drony těžší než 250 g smějí létat jen v podkategorii A3, daleko od lidí a výstavby (EASA, 2024). Tímto krokem Evropská unie motivuje přechod na modernější certifikované stroje. Dále je u určitých výkonnějších dronů, které jsou často ve specifické kategorii, kladen důraz na bezpečnostní prvky jako už zmíněná dálková identifikace, a ještě nezmíněna geo-awareness, jenž je databáze zakázaných zón v navigačním softwaru (EASA, 2024). Také je

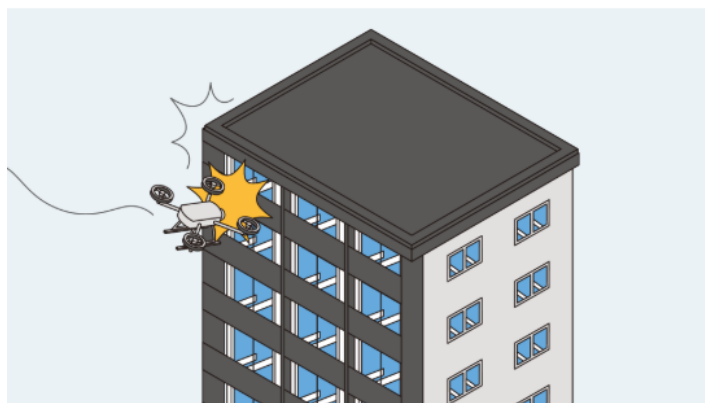
důležité zmínit že drony přesahující hmotnost 20 kg nebo při komerčním využití vyžadují pojištění odpovědnosti (viz. Obr. 42) podobně jako u provozu letadel, ačkoliv bývá samozřejmě levnější (EASA, 2024). Všechny tyto technické a provozní standardy jsou sjednoceny po celém území EU tak, aby byl zajištěn volný pohyb dronů v celém společném trhu. Mohou tak být provozovány stejně na celém území EU, s výjimkou mírných národních odchylek.

Pro umožnění širšího využití dronů v náročnějších oblastech, jako je například logistika, doprava nebo inspekce infrastruktury, zavedla Evropská unie koncepci U-space. Jde o zvláště definované vzdušné prostory, které jsou vymezovány členskými státy podle jejich potřeb a umožňují provoz bezpilotních systémů i tam, kde by běžně nebyly povoleny. Jakou příklad můžeme uvést lety nad městskými tepnami nebo letištními oblastmi. Cílem je vytvořit prostředí, kde mohou drony bezpečně sdílet vzdušný prostor s ostatními účastníky leteckého provozu, včetně pilotovaných letadel (SESAR, 2019; Evropská komise, 2023).

System U-space zavádí digitální řízení provozu dronů, které zahrnuje automatizované služby jako jsou autorizace letu, sledování pozice, geo-awareness a síťová identifikace. Tyto služby mají zajistit, že i při vyšší hustotě provozu zůstane vše bezpečné, efektivní a přehledné. Celý rámec je upraven implementačním nařízením Komise (EU) 2021/664, které představuje základní právní předpis pro zřizování a správu U-space zón v EU (EASA, 2024).

2.1.2 Specifika v České legislativě

Česká Legislativa je silně ovlivněna a řízena jednotnou evropskou legislativou. Jako jeden z několika členských států zůstává Česká republika odpovědná za její zavedení a dohled nad jejím dodržováním. U nás tuto roli vnitrostátně zastává Úřad pro civilní letectví (viz. Obr. 44 a 43) (ÚCL), který společná pravidla uvádí do praxe a stanovuje svá specifika jež jsou hlavní náplní této části práce.



Obrázek 42 Havárie dronu při nárazu do budovy jako ilustrace možného rizika, které je důvodem pro zavedení povinného pojištění odpovědnosti provozovatele (EASA, 2024).



Obrázek 43 Vlajka ČR (Vlajky.eu, 2024)

ÚCL je tak konkrétně v ČR hlavním výkonným orgánem pro oblast dronů a bezpilotního létání. Má na starosti implementaci evropské legislativy. Od 31.12. 2020 v ČR platí jednotný evropský rámec pravidel pro provoz UAS. ÚCL je tak nejvyšší autoritou a dohlíží na dodržení těchto pravidel. Neexistuje samostatný český zákon, který by evropská nařízení mohl nějak nahradit. Místo toho ale ÚCL vydává metodické pokyny, doporučení a zajišťuje zkoušky pro piloty. Podle mluvčího ÚCL se role Úřadu ani s novými unijními předpisy nezměnila, protože nadále vykonává státní správu v oblasti civilního letectví tak i provoz dronů. Vše běží na jeho vlastním systému, kde dochází i k registraci dronů (Úřad pro civilní letectví, 2020).

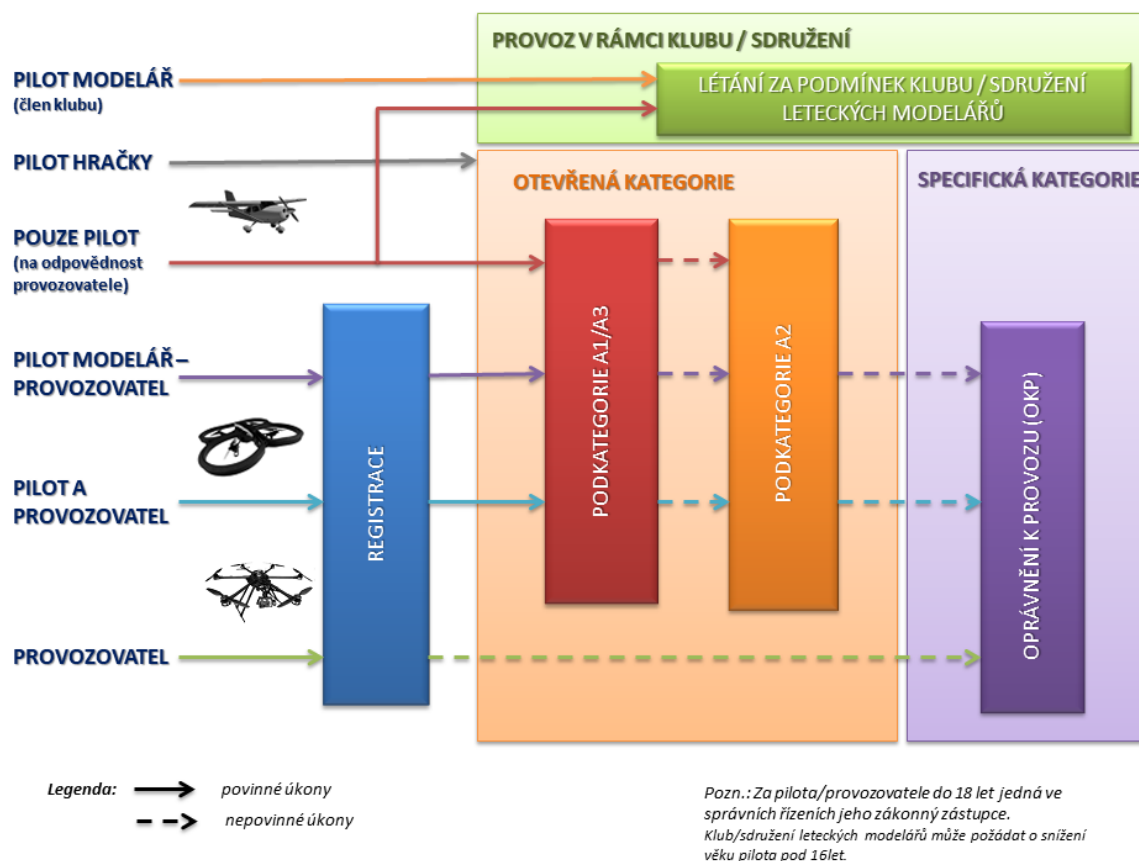
Registrace provozovatelů dronů probíhá výhradně online přes oficiální web ÚCL. Ministerstvo dopravy ani EASA nevytvořily jednotný portál. Čeští uživatelé se registrují na webu dron.caa.cz, jež má na starosti právě ÚCL (Úřad pro civilní letectví, 2020). Přihlášení do systému vyžaduje ověření identity občana ČR skrze elektronickou identifikaci. Dá se k tomu použít například eObčanka, mobilní klíč eGovernmentu, službu mojeID nebo Bankovní identitu (Ministerstvo vnitra ČR, 2025). Tato podmínka, kterou zavedl ÚCL, má zajistit registraci pouze skutečným osobám s ověřenou identitou. V jiných státech EU může být postup jiný. V ČR je ale registrace centrálně řízena přes národní portál ÚCL. Každému provozovateli stačí jen jedna registrace bez ohledu na to, o jaký počet dronů se jedná. Poté získá unikátní registrační číslo platné ve všech zemích EU (DronPro, 2024).

Česká republika má vlastní systém online zkoušení a testů. To zahrnuje hlavně otevřenou kategorii provozu, která má podkategorie A1, A2, A3 (viz. Obr. 45). Pro úspěšné složení zkoušky pro provozování a pilotování dronu v těchto kategoriích, je tak nutné jít na ÚCL web. Zde jsou k dispozici všechna pravidla a studijní materiály se kterými by se měl každý žadatel seznámit pro úspěšné složení zkoušky. Teoretická zkouška probíhá plně elektronicky na portálu dron.caa.cz. Účastník vyplní online test který se běžně skládá z 40 otázek kde má vybírat z několika odpovědí tu správnou. Pro úspěšné dokončení zkoušky je třeba mít alespoň 75 % správných odpovědí v časovém limitu 60 minut. Test se dá v případě neuspění opakovat a celý systém je pro uživatele zdarma. Po úspěšném složení zkoušky je automaticky uživateli vystaven certifikát o absolvování online výcviku, který je mu zaslán elektronicky na e-mail.



Obrázek 44 Úřad pro civilní letectví, který v České republice dohlíží na provoz bezpilotních systémů a implementaci evropských pravidel. (Úřad pro civilní letectví, 2025)

ÚCL si tak eviduje nejenom registrace, ale i výsledky zkoušek (Úřad pro civilní letectví, 2020). Vedle systému registrace a zkoušek pro otevřenou kategorii provozu je Úřad pro civilní letectví také oprávněn vydávat provozní povolení pro specifickou kategorii. Ta se vztahuje na složitější provoz s vyšší mírou rizika, například lety mimo vizuální dohled pilota nebo provoz v oblastech s vyšší hustotou osob. V těchto případech provozovatel předkládá žádost o schválení konkrétního



Obrázek 45 Schéma znázorňující rozdělení rolí pilotů a provozovatelů bezpilotních systémů a jejich přiřazení k jednotlivým provozním kategoriím. (Úřad pro civilní letectví, 2020)

provozu (Úřad pro civilní letectví, 2020). Součástí žádosti bývá zpravidla také analýza rizik dle evropské metodiky SORA, kterou ÚCL akceptuje jako základní nástroj pro posouzení bezpečnosti. Alternativně je možné využít i standardní scénáře schválené EASA. Povolení je v těchto případech vydáváno individuálně a podléhá posouzení konkrétních parametrů provozu a provozovatele (Úřad pro civilní letectví, 2020). Certifikovaná kategorie je v české legislativě oficiálně definována jako nejpřísnější režim provozu bezpilotních letadel a jejich systémů. Vyžaduje certifikaci samotného dronu, osvědčení způsobilosti pilota a individuální schválení

Tabulka 2 Shrnutí provozů dronů v ČR, podle kategorií

Kategorie	Požadavky na provozovatele	Požadavky na dron	Povolení ÚCL	Využití v praxi ČR
Otevřená (Open)	Registrace na webu ÚCL, úspěšné absolvování online zkoušky (A1–A3)	Bez zvláštní certifikace, postačí technické splnění základních požadavků	Není potřeba, pokud jsou splněny podmínky a pilot má certifikaci	Ano, běžně
Specifická (Specific)	Individuální žádost o provozní povolení včetně rizikové analýzy (SORA) nebo využití standardních scénářů	Musí odpovídat provoznímu scénáři, parametry posuzovány individuálně	Povinné, vydává se individuálně na základě posouzení žádosti	Ano, ale jen pro specifické mise
Certifikovaná (Certified)	Individuální schválení provozovatele, osvědčení pilota, kompletní certifikace dronu	Povinná certifikace bezpilotního systému dle nejprísnějších standardů	Povinné, kategorie vyžaduje komplexní povolení od ÚCL	Zatím ne, regulační rámec je v přípravě

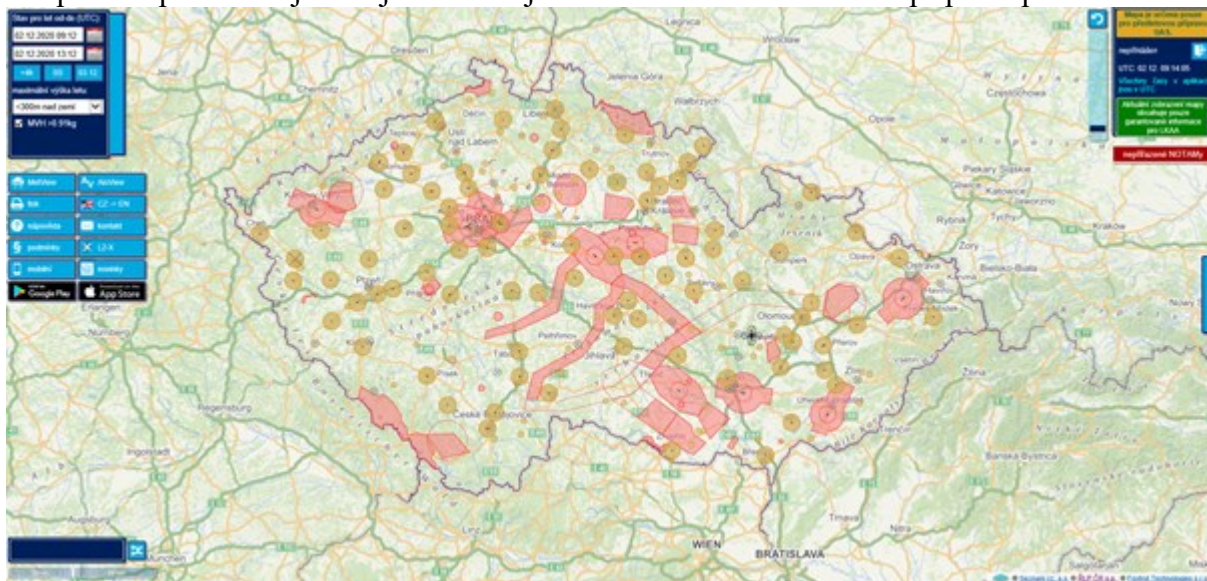
Zdroj: (Úřad pro civilní letectví, 2020)

provozovatele UCL. Tato kategorie se vztahuje na vysoce rizikové provozy, které nelze pokrýt otevřenou ani specifickou kategorií. V praxi však zatím není v České republice aktivně využívána. Podle vyjádření ÚCL je regulační rámec pro její zavedení stále v přípravě (Úřad pro civilní letectví, 2020). Podobně jsou na tom i ostatní členské státy na národní úrovni, jako je

například Německo a Polsko. Certifikovaná úroveň tak zatím reálně existuje jen na celoevropské úrovni EASA.

Provoz dronů v Česku je omezen geografickými zónami, které zohledňují bezpečnost letového provozu, ochranu lidí i citlivých míst (Úřad pro civilní letectví, 2021). Mapový portál DronView přehledně zobrazuje letové prostory pro drony, což ukazuje, kde se mohou a také nemohou pohybovat. Jedná se o mapový nástroj provozovaný státním podnikem Řízení letového provozu České republiky. Jsou zde přítomny aktuální informace o omezení letových činností ve vzdušném prostoru. Zobrazuje geografické vrstvy vzdušného prostoru, které jsou relevantní pro běžný letový provoz i pro bezpilotní systémy. Mezi zobrazené prostory (viz. Obr. 46) patří například řízené okrsky letišť (CTR), letištní provozní zóny (ATZ), zakázané prostory (P), omezené prostory (R), nebezpečné prostory (D) a také dočasně vyhrazené (TSA) a rezervované prostory (TRA). Tyto zóny slouží k předletové přípravě pilotů. Díky napojení mapového portálu na údaje publikované Úřadem pro civilní letectví a jeho provozu pod Řízením letového provozu ČR si mohou piloti dronů snadno ověřit, zda je plánovaný let v souladu s aktuálně platnými omezeními (Řízení letového provozu ČR, 2021). Příkladem může posloužit Praha, kde většina jeho území spadá do omezeného prostoru LKR9 a nad památkovou oblastí centra, jako je Pražský hrad a Karlův most, platí zakázaný prostor LKP1 (AIM RLP, 2025).

Tato nařízení v provozování dronů nemůže nikdo brát na lehkou váhu. Jestliže se již nejedná o opravdu malý dron, musí se dle dané úrovně registrovat, případně uživatel musí mít průkaz pilota. Nejhorší je samozřejmě let v zakázané zóně. V případě porušení tak ÚCL



Obrázek 46 Mapový výstup z portálu DronView zobrazující červeně zakázané, omezené nebo nebezpečné prostory ve kterých je létání bez získání povolení zakázáno (ŘLP ČR, 2025)

vymáhá předpisy v oblasti provozu dronů v rámci správního řízení dozoru podle zákona č. 49/1997 Sb., o civilním letectví. Porušení povinností stanovených evropskými předpisy je klasifikováno jako přestupek dle tohoto zákona. Výše pokut se odvíjí podle závažnosti překročení zákona a právního postavení pachatele. U fyzických osob je pokuta nižší a může dosáhnout maximálně 1 000 000 Kč. Pro právnické osoby a podnikatelé se může pokuta vyšplhat až na 5 000 000 Kč. V praxi nejčastěji ÚCL uděluje pokuty v rozmezí několika desítek až stovek tisíc korun. ÚCL může zahájit správní řízení a uložit sankce, například za neprovedenou registraci, nedodržování bezpečných vzdáleností nebo letu do zakázaných zón. Postihy se tak uplatňují hlavně na porušení přímo použitelné evropské legislativy. Česká specifika spočívají především v organizaci dozoru a výši sankcí stanovené národními předpisy (Parlament ČR, 1997; Policie ČR, červen 2023)

2.2 Doručování na poslední míli pomocí UAV

Tato část práce se zaměřuje na využití dronů v doručování zásilek na poslední míli. Představuje dva průkopnické projekty jako je Amazon Prime Air a Google Wing, které demonstrují praktické nasazení UAV v městském prostředí. Oba modely využívají autonomní technologii pro rychlé, bezkontaktní i ekologičtější doručování. Ukazují tak alternativní způsob doručování, který se s největší pravděpodobností bude do budoucna nadále rozšiřovat.

2.2.1 Amazon Prime Air

Amazon Prime Air představuje jeden z nejambicióznějších pokusů o využití bezpilotních prostředků v doručovací logistice. Projekt, oficiálně představený v roce 2013, má za cíl radikálně zrychlit doručování malých zásilek pomocí autonomních dronů. Amazon plánuje využívat stroje schopné unést náklad do 2 kg, což dle interních údajů pokrývá až 90 % objednávek běžných zákazníků. Drony by měly přistupovat k doručování přímo z logistických uzlů do rezidenčních oblastí, čímž by výrazně snížily dobu doručení i ekologickou zátěž způsobenou tradiční dopravou (Wang, 2023).

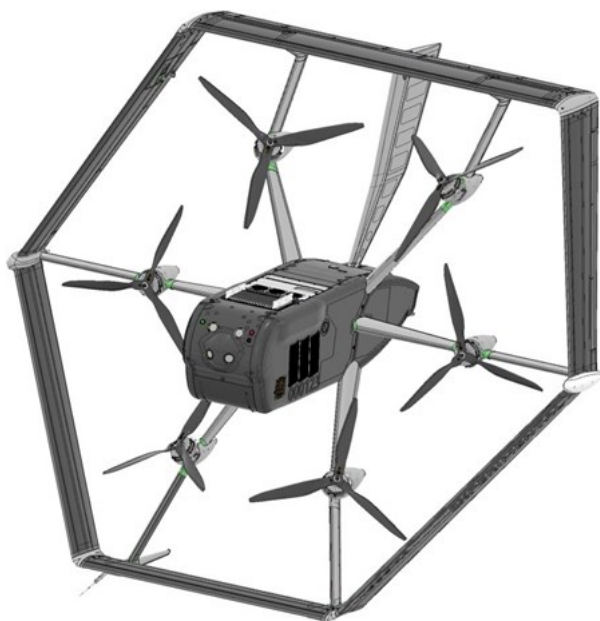
Z technologického hlediska je tento projekt příkladem dvojitě inovace. Reaguje totiž na poptávku zákazníků po co nejrychlejšímu doručení, zároveň však proaktivně zavádí nové technologie, které mají posílit konkurenceschopnost Amazonu na poli doručovacích služeb. Amazon usiluje o vytvoření dominantního designu ve svém segmentu autonomního doručování. První generace jeho octokoptérových dronů ovlivnila konstrukci konkurenčních dronů napříč odvětvím. Tyto drony jsou navrženy pro přepravu malých zásilek, což pokrývá většinu běžných objednávek zákazníků. I když se projekt dostal do fáze certifikace FAA, implementace čelí řadě bariér a zpoždění, které vedly k tomu, že v roce 2022 projekt stále

nedosáhl plného nasazení, přestože byl původně plánován ke spuštění do pěti let od představení. Hlavní problémy tohoto projektu zahrnují obavy o bezpečnost, nedostatečnou připravenost infrastruktury a vysoké provozní náklady. Celková investice do projektu již překročila 2 miliardy dolarů, což ukazuje, jak náročné a komplexní jsou operace spojené s masovým nasazením autonomního doručování.

Zajímavým aspektem je způsob řízení projektu. Amazon původně zvažoval spolupráci s externími výrobci, například s firmou FACC Aerospace, ale nakonec se rozhodl pro strategii vertikální integrace. To znamená, že vývoj, výroba i certifikace probíhá hlavně interně. Amazon využívá vysoce výkonné výpočetní simulace na platformě Amazon Web Services, ve spolupráci se Siemensem, což zajišťuje rychlé testování a vylepšování designu dronů. Toto ale vede k určitým rizikům, například k ztrátě know-how během personálních reorganizací. V letech 2020–2021 došlo k hromadnému propouštění vývojářů v Evropě, což negativně ovlivnilo kontinuitu projektu. Vzhledem k této strategii je projekt Prime Air pod značným tlakem, jelikož musí současně zvládat technologické inovace i organizační výzvy.

Prvním oficiálním testovacím místem služby Amazon Prime Air ve Spojených státech se stal Lockeford v Kalifornii, menší město s přibližně 3 500 obyvateli. Tato lokalita byla zvolena díky nízké hustotě osídlení, otevřenému terénu a příznivým meteorologickým podmínkám, které umožňují bezpečné testování autonomního leteckého provozu. Lockeford zároveň reprezentuje typické americké předměstí, kde lze reálně ověřit funkčnost systému doručování „na poslední míli“ v prostředí, které se blíží budoucí komerční realitě. Projekt získal pozornost nejen díky testování nové technologie, ale i proto, že šlo o první dronovou doručovací službu v USA s environmentálním posouzením schváleným FAA. Lockeford se stal tak modelovým případem pro expanzi služby Prime Air do dalších regionů (Federal Aviation Administration, 2022).

Systém doručování Amazon Prime Air je navržen tak, aby byl maximálně efektivní, ekologický a bezpečný. Po přípravě zásilky v Prime Air Drone Delivery Center (PADDC) je balíček připraven k přepravě. Drony, konkrétně typu MK27-2 (viz obr 47), mají maximální vzletovou hmotnost přibližně 42 kg a mohou unést balíčky o hmotnosti dokonce až 2,3 kg, což je více než původní plán 2 kg a pokrývá tak většinu běžných spotřebitelských objednávek. Po naložení dronu, který je plně automatizován, začíná proces doručení. Dron vzlétne automaticky z PADDC, přičemž se naviguje k zákazníkovi pomocí GPS a pokročilých senzorů, které zajišťují přesnou orientaci. Systém OpenSky, vyvinutý Amazonem, zajišťuje bezpečnou koordinaci mezi drony a umožňuje jim vyhnout se kolizím s jinými letadly a drony, což je zvláště důležité v okolí městských oblastí.



Obrázek 47 Amazon Prime Air MK27-2((Federal Aviation Administration, 2022)., 2022)

Drony operují v okruhu 6,4 km kolem PADDC, což je rozdělena do čtyř sektorů, přičemž každý sektor umožňuje až 50 letů denně. Jakmile dron dorazí do cílové oblasti, začne proces samotného doručení. Dron se zastaví ve výšce několika metrů nad místem určení, které je označeno tzv. „*delivery markerem*“, neboli značeným místem. Tento marker obvykle označuje oblast na zemi, typicky v blízkosti domu zákazníka. Po dosažení požadované výšky a místní orientace pomocí GPS, dron bezpečně spustí balíček na lanko. Tento proces probíhá automatizovaně pomocí elektrického navijáku, který pomalu spustí balíček k zákazníkovi. Dron se během tohoto procesu nezastaví ani nepřistane, což zajišťuje efektivní a bezkontaktní doručení (Federal Aviation Administration, 2022).

Jakmile je balíček úspěšně doručen a bezpečně umístěn na zemi, dron automaticky navine lanko zpět a připraví se na návrat. Dron následně odlétá zpět na základnu, aniž by přistál, čímž je celý proces doručení dokončen. Proces doručení je řízen pokročilými senzory, které monitorují okolní prostředí a v reálném čase přizpůsobují letovou dráhu, aby se vyhnuly překážkám, a to jak ve vzduchu, tak na zemi. Tato technologie zajišťuje, že doručování probíhá nejen efektivně, ale také bezpečně, čímž minimalizuje riziko kolizí a jiné nebezpečné situace. V současné fázi testování je provoz veden v režimu vizuálního dohledu, což znamená, že operátor je schopen v případě potřeby manuálně dohlížet na let a přinejhorším zasáhnout. Nicméně Amazon plánuje přechod na mimo vizuální dohled, který využívá pokročilé senzory

jako radar, ADS-B a optickou detekci pro bezpečné navigování dronů bez potřeby lidského zásahu během letu.

Maximální letová výška dronů nepřekračuje 122 metrů nad terénem, čímž se omezuje hluk a zaručuje bezpečnost letového provozu. Drony operují pouze v příznivých meteorologických podmínkách, což zajišťuje stabilitu a bezpečnost při doručování. Projekt Prime Air je jedno z nejpropracovanějších řešení pro doručování na poslední míli pomocí dronů. Tento model slouží nejen jako test technologie, ale také jako reálný model pro budoucí expanzi služby do dalších měst v USA i ve světě včetně Evropy. Zkušenosti z testování v Lockefordu a dalších lokalitách mohou posloužit jako základ pro šíření služby Prime Air do dalších regionů, čímž se otevírá cesta pro širší nasazení autonomního doručování v městské logistice (Wang, 2023).

2.2.2 Google Wing

Wing je dceřinou společností technologického gigantu Alphabet, která byla původně založena jako projekt laboratoře Google X v roce 2012. Od svého vzniku se profiluje jako lídr v oblasti autonomního doručování zásilek na poslední míli. Je tedy dalším průkopníkem konceptu „last-mile delivery“, konkrétně v doručování malých zásilek zákazníkům v městských i příměstských oblastech pomocí dronů. Hlavním cílem Wing je nabídnout rychlé, tiché a ekologicky šetrné doručování běžných spotřebitelských položek, jako jsou jídlo, káva, léky nebo drobné domácí potřeby. V roce 2021 firma realizovala více než 100 000 doručení, přičemž více než polovina z nich probíhla v australském městě Logan, což ukazuje na efektivitu a rozsah operací v konkrétních lokalitách (Zenz a Powles, 2024).

Wing se zaměřuje na minimalizaci potřeby fyzické infrastruktury a personálu. Jejich autonomní doručovací systém je vysoce automatizovaný a bezkontaktní, což výrazně snižuje náklady na provoz a eliminuje nutnost lidského zásahu v mnoha fázích procesu. Drony jsou vybaveny technologií AutoLoader, která umožňuje automatizované nakládání zásilek na dron bez potřeby lidské obsluhy. Tento systém nejen že zrychluje celý proces, ale také výrazně zvyšuje efektivitu a udržitelnost celkového doručovacího modelu. AutoLoader umožňuje rychlé připojení nákladu, což urychluje přípravu dronů na vzlet a minimalizuje fyzický zásah.

Po vzletu navigují drony k zákazníkovi pomocí GPS a senzorů, přičemž řízení letového provozu je zajištěno pomocí platformy OpenSky, kterou Wing vyvinul pro správu bezpilotního letového provozu. Tento systém zajišťuje bezpečnou koordinaci mezi drony a předchází kolizím s jinými letadly a drony. Po dosažení cílového místa dron spustí balíček na lanku k zákazníkovi, což je efektivní a bezpečný způsob doručení. Dron se zastaví ve výšce několika

metrů nad zákazníkem a pomocí elektrického navijáku spustí balíček na lanku přímo k zákazníkovi. Tento systém zaručuje bezpečné doručení bez potřeby přistání dronu.

Wing působí v Austrálii, USA, Finsku a Irsku, přičemž klíčové testovací oblasti se nacházejí v australských lokalitách, jako jsou Bonython, Googong, Royalla a Logan. Logan se ukázal jako optimální pro realizaci dronového doručování díky podpoře místních obyvatel a pozitivním provozním výsledkům. Naopak v Bonythonu, předměstí Canberry, projekt čelil silnému odporu kvůli hluku a narušení soukromí, což vedlo k jeho ukončení v roce 2023. Tento případ ukazuje, jak zásadní je veřejné přijetí nové technologie. Zkušební testy probíhají také v USA, Finsku a Irsku, přičemž v USA je pilotní projekt realizován ve státě Virginia a ve Finsku v okolí Helsinek. Tyto zkušenosti ukazují, jak projekt reaguje na různé místní podmínky a zdůrazňují význam efektivní komunikace s komunitami.

Systém Wing přináší několik výhod, mezi něž patří především rychlost doručení, kdy zásilky mohou být doručeny do několika minut od objednání. Tento model doručování se vyhýbá zácpám a snižuje potřebu tradiční dopravy, což vede k nižším emisím a menšímu dopadu na životní prostředí. Drony představují pohodlnější způsob doručování, jelikož eliminují potřebu lidské obsluhy, a navíc snižují ekologickou zátěž ve srovnání s doručováním pomocí aut. V době pandemie se prokázal přínos bezkontaktního doručování, které pomáhá snižovat riziko nákazy. Projekt čelí i výzvám, které zahrnují hluk dronů a obavy obyvatel o soukromí. V některých oblastech, jako je Bonython, vedl hluk a obavy o soukromí k silné občanské opozici. To ukazuje, že samotná technická proveditelnost systému nestačí k jeho dlouhodobému úspěchu. Kromě technologických inovací je klíčová i sociální akceptace, transparentní komunikace s veřejností a ochota reagovat na obavy komunit. Technologie musí být implementována citlivě na místní podmínky, což umožní úspěšné zavedení systému do reálného prostředí (Zenz a Powles, 2024).

2.3 Humanitární Logistika s využitím UAV

Tato kapitola se věnuje využití dronů v oblasti humanitární logistiky, někdy též známé jako zdravotnické nebo krizové logistiky. Zaměřuje se na projekty Zipline a Swoop Aero, které zajišťují doručování krve, léků a vzorků v těžko dostupných regionech. Obě společnosti využívají autonomní UAV systémy s vysokou provozní spolehlivostí. Představují tak efektivní řešení tam, kde selhává klasická doprava a pozemní infrastruktura.

2.3.1 Zipline

Zipline představuje plně autonomní zdravotnický logistický systém postavený na technologii pevnokřídých dronů. Společnost zajišťuje urgentní dodávky krve, vakcín a léků

převážně v těžko dostupných oblastech Rwandy a Ghany pomocí centralizovaných distribučních center a pokročilé logistiky just-in-time. Logistický model společnosti je postaven na třech pilířích: digitální objednávkový systém, centralizované sklady a katapultované drony s přesným vypouštěním zásilek (Amaechi a spol., 2021; Gangwal, Jain a Mohanta, 2019).

Zdravotnická zařízení objednávají zásilky prostřednictvím telefonu, SMS, WhatsApp nebo webového formuláře. Po obdržení objednávky zaměstnanci distribučního centra odeberou příslušné zboží ze skladu, zabalí jej do tepelně izolovaného obalu a připraví k naložení. Distribuční centra Zipline slouží jako sklady, balicí stanice a odpalovací stanice. V každém centru je přítomno přibližně 15 dronů, přičemž celkem je v Rwandě a Ghaně provozováno minimálně 6 center. Drony jsou typu pevné křídlo a mají maximální nosnost 1,8 kg, což pokrývá zásoby krve, vakcín a dalších citlivých produktů. Po zabalení je zásilka vložena do pevného kontejneru a naložena do dronu. Drony Zipline startují z katapultu (viz obr. 48), který jim udělí počáteční rychlost 100 km/h během cca. 0,3 sekundy. Po odpalu se dron navede na předem naprogramovanou trasu v okruhu až 80 km od základny. Rychlost letu je přibližně 100 km/h, běžná délka letu 15–45 minut, přičemž kompletní reakce na objednávku, od příjmu po odpal, trvá 5–7 minut. Drony letí autonomně a komunikují s centrálním řízením letového provozu v Kigali, které může dron přesměrovat nebo odvolat.

V cílové oblasti sestoupí dron do výšky cca 10–15 metrů a uvolní zásilku pomocí padáku, aniž by přistál. Cílové místo nevyžaduje žádnou infrastrukturu a zásilka tak může být doručena i do otevřeného terénu nebo před budovu zdravotnického zařízení. Po doručení dron okamžitě vrací zpět do distribučního centra, kde přistává automaticky pomocí systému zachycení lana. Pokud se zachycení nezdaří (cca 10 % případů), dron zvýší tah a opakuje přistávací manévr.



Obrázek 48 dron společnosti Zipline připravený na start z katapultu během návštěvy představitelů Muhanze (Rwanda) (Zipline, 2016).

Drony Zipline jsou konstrukčně řešeny jako letouny s pevným křídlem, což umožňuje dlouhé lety s nízkou spotřebou energie. Tělo letounu je vyrobeno z karbonových částí, což zajišťuje vysokou pevnost při zachování nízké hmotnosti. Celková hmotnost dronu činí přibližně 10 kg, přičemž baterie tvoří přibližně polovinu této hmotnosti. Křídla mají rozpětí 3 metry a jsou navržena pro stabilní let i při vysoké zátěži a proměnlivém terénu. Výroba dronů probíhá ve dvou zemích. Letadla se tedy sestavují v Kalifornii, zatímco baterie se vyrábějí v Rwandě, což podporuje místní zaměstnanost a udržitelný dodavatelský řetězec. Letouny obvykle operují ve výškách 30 až 150 metrů nad zemí, v závislosti na reliéfu a počasí.

Drony jsou vybaveny vyměnitelnými bateriemi s integrovaným GPS modulem, což zrychluje připojení k satelitům a zajišťuje stabilní přenos dat. Baterie také uchovávají telemetrická data, která jsou automaticky odeslána na servery Zipline k analýze, optimalizaci tras a prediktivní údržbě. Předletová kontrola se provádí prostřednictvím mobilní aplikace, která skenuje QR kódy na jednotlivých komponentech dronu a provádí automatizovaný test všech pohyblivých částí. Drony jsou vybaveny redundantními kritickými komponentami, včetně dvou řídicích jednotek, dvou elektromotorů a dvou párů servopohonů. Tato redundance zajišťuje bezpečný provoz i v případě poruchy jedné z částí (Amaechi a spol., 2021; Gangwal, Jain a Mohanta, 2019).

2.3.2 Swoop Aero

Swoop Aero provozuje integrovaný letecký logistický systém určený k doručování zdravotnických zásilek v oblastech se špatnou pozemní infrastrukturou. V rámci projektu nasazeného v Malawi fungoval tento systém jako plnohodnotný dopravní most mezi zdravotnickými zařízeními, laboratořemi a distribučním centrem, a to na základě denního pravidelného rozvozu i urgentních dodávek (Swoop Aero, 2021).

Celý proces začíná objednávkou zdravotnického personálu, který zadá požadavek na přepravu materiálu. prostřednictvím digitální platformy napojené na národní zdravotnický systém. Jde například o vakcíny, laboratorní vzorky nebo léky. Po přijetí požadavku je zásilka připravena ve sběrném bodě a převezena na dronový operační bod, v tomto případě hub, kde probíhá registrace, balení, chlazení a předletová kontrola. Po registraci zásilka putuje do předem určeného letového plánu (viz obr.49) Systém Swoop Aero funguje ve dvojitým směrem



Obrázek 49 dokumentuje doručení vakcín pomocí dronů v projektu realizovaném společností Swoop Aero na Vanuatu. Můžeme vidět přistání dronu, vindání nákladu a jeho bezpečné uchování do chladu. (Swoop Aero, 2019)

režimu, což znamená, že drony nejen rozvázejí zdravotnický materiál, ale současně převázejí zpět biologické vzorky. Proto i reálně přistávají na místě určení, aby mohla proběhnout výměna vezeného obsahu. Materiál tak na rozdíl od Amazonu nespouští ani lankem, ani jej neshazuje pomocí padáku. Může jít o vzorek HIV, tuberkulózy nebo malárie. Drony jsou integrovány do sítě tak, aby zkrátily dobu přepravy z desítek hodin na jednotky minut. Swoop Aero využívá vlastní platformu Kookaburra, což je VTOL dron s hybridním pohonem. Ten může vzlétnout i přistát vertikálně bez potřeby letištní infrastruktury, přičemž se během letu mění na horizontální režim s pevným, čímž zvyšuje efektivitu letu na delší vzdálenosti (to je v této práci blíže vysvětleno v kapitole o konstrukci). Letoun tak dosahuje doletu až 130 km. Maximální rychlost

je přibližně 115 km/h. Dosahuje nosnosti 3 kg a průměrné výdrže na baterii kolem 2 hodin v provozním režimu (Swoop Aero, 2021).

Drony jsou navrženy pro provoz v tropickém podnebí s vysokou spolehlivostí i při vyšší vlhkosti a teplotě. Každý let je autonomně řízen softwarem Swoop Aero a monitorován v reálném čase z dálkového operačního centra. Letadla létají v předem definovaných letových koridorech a využívají automatické záložní přistání při ztrátě spojení.

V rámci projektu ve státě Malawi dosáhl systém až 98 % provozní dostupnosti. Každý operační uzel byl schopen odbavit až 40 letů denně, včetně zpátečně doručených vzorků. Průměrná doba doručení byla 20–30 minut, což ve srovnání s pozemní dopravou, která mohla v nepřístupných regionech trvat až 8 hodin, představovalo zásadní zkrácení doby. Drony v tomto případě přepravily chlazené vakcíny v souladu s teplotními standardy. Také nesly HIV testy a krevní vzorky. A pro dosažení léčby nesly samozřejmě i antimalarika, antibiotika, oxytocin a další urgentní zdravotnické prostředky při výpadku dodávek v důsledku povodní. Distribuční síť zahrnovala centrální laboratoř, tři zdravotnické kliniky a mobilní tým, čímž umožnila komplexní obsluhu celého regionu s minimální závislostí na silniční infrastruktuře (Swoop Aero, 2021).

2.4 Inventarizační logistika pomocí UAV

Kapitola se zaměřuje na využití autonomních dronů při inventarizaci zásob ve skladech. Představuje pokročilý systém firmy Verity, který automatizuje sledování zboží bez zásahu člověka a bez potřeby přestavby skladu. Dále je zde výzkumný projekt z Ekvádoru, jenž ukazuje, že efektivní řešení lze vytvořit i s minimálním rozpočtem. To tvoří kontrast řešení mezi profesionálním a amatérským systémem.

2.4.1 Verity

Švýcarská společnost Verity se specializuje na vývoj autonomních dronových systémů určených k automatizaci inventarizace ve skladech (viz. Obr. 50). Na rozdíl od tradiční robotizace buduje řešení, které nevyžaduje žádné zásahy do původního skladu, čímž umožňuje zavedení vysoké úrovně automatizace i ve starších či smíšených logistických centrech (Verity, 2022).

Systém Verity se skládá z flotily malých, lehkých dronů s kvadrokoptérovou konstrukcí, které operují z předem stanovených takzvaných „docking“ stanic umístěných uvnitř skladu.



Obrázek 50 dron společnosti Verity provádí inventarizaci zboží ve skladu bez nutnosti lidského zásahu. (Verity, 2022)

Tyto drony fungují zcela autonomně, bez nutnosti lidské asistence během letu. Každý dron je vybaven kamerami a environmentálními senzory, pomocí kterých skenuje čárové nebo RFID kódy umístěné na paletách, regálech nebo kontejnerech. Skenovaná data jsou v reálném čase přenášena do skladového informačního systému, čímž dochází k okamžité synchronizaci inventurních dat.

Drony se během provozu pohybují mezi regály i ve výškách několika metrů, přičemž zachovávají vysokou přesnost lokalizace i čtení identifikátorů u daných produktů. Navigace probíhá na základě vlastní technologie zvané „Kedge™“, která umožňuje lokalizaci v prostředí bez přístupu ke klasickému GPS signálu. Tento systém využívá kombinaci inerciálních měřících jednotek, vizuálních orientačních bodů a mapování prostoru. Díky tomu mohou drony operovat i v prostředích s kovovými regály, úzkými uličkami nebo dynamicky se měnící konfigurací skladového prostoru.

System Verity je navržen tak, aby fungoval v době nestandardního provozu skladu, když na pracovišti není tolik zaměstnanců. Typicky to probíhá v nočních hodinách nebo o víkendech. Drony automaticky startují z nabíjecích stanic, provedou let podle předem definované trasy, načtou datové body a vrací se zpět k dobití. Po návratu jsou data automaticky zpracována a validována. Celý cyklus přitom probíhá zcela bez obsluhy. Celkově pak proces přináší významné časové úspory, snižuje potřebu ruční práce a minimalizuje chybovost v soupisu evidovaných zásob (Verity, 2022).

Jedním z hlavních benefitů je také možnost jejich provozu bez nutnosti instalování nadbytečné infrastruktury. Drony totiž nevyžadují speciální osvětlení, přímé vidění mezi body

ani upravené regály. Díky tomu je jejich zavedení rychlé, škálovatelné i nákladově efektivní také pro menší logistická centra. Z hlediska bezpečnosti jsou drony vybaveny „fail-safe“ funkcemi, které v případě ztráty orientace nebo kolize způsobí přerušení letu a následně bezpečně přistanou bez větších škod.

Své řešení úspěšně nasadily již ve více než 70 skladech po různých částech světa. Těto moderní služby využívají v poměrně velkém měřítku i známe firmy jako IKEA, Maersk nebo DSV. Každý sklad může být obsluhován několika jednotkami těchto úplně autonomních létajících strojů, což se může zdát neuvěřitelné, ale je to tak. Celkový počet provozovaných dronů může přesahovat 250 kusů na jeden sklad. Společnost sází na myšlenku, že autonomní letecká inventarizace je logickým krokem ke zvýšení spolehlivosti, bezpečnosti a efektivity v prostředí, kde běžná automatizace často naráží na limity rozpočtu nebo slučitelnost různých systémů.

Tato firma tak pomocí těchto malých dronů definuje nový standard pro „drop-in“ automatizaci. To jsou systémy, které lze přidat do již existujících provozů bez jejich přestavby. Tyto drony tak umožňují firmám zvýšit přesnost skladové evidence, zkrátit dobu inventur z týdnů na hodiny a zároveň omezit nutnost vstupu pracovníků do rizikových zón vysokých regálů nebo úzkých prostor (Verity, 2022).

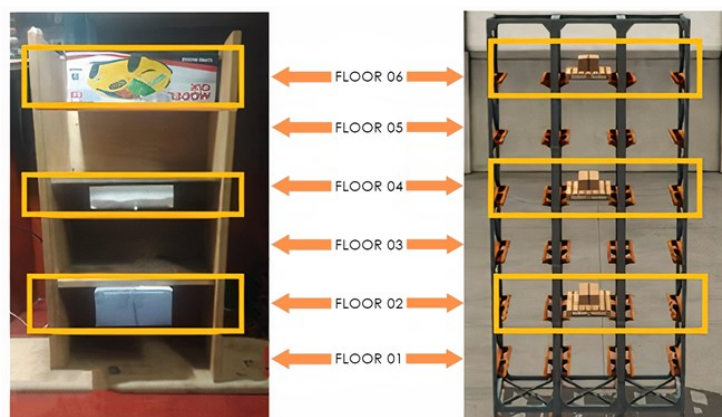
2.4.2 Experimentální model inventarizace skladu

V Ekvádoru byl realizován výzkumný projekt s názvem Inventory Management System. Ten testoval, zda by bylo možné ve skladu nahradit ruční inventuru malým autonomním dronem. Autoři projektu vytvořili zmenšený model skladu, který připomínal prostředí běžného logistického centra DHL. Na něm ověřovali, jak by mohl dron pravidelně kontrolovat, kde je zboží a kde ne (Salazar a spol., 2023).

Základ systému tvořil malý dron vážící 249 g, který vývojáři skutečně sestavili a používali při testech (viz. Obr 51). Tento dron byl naprogramovaný tak, aby každých pět minut vzlétl, proletěl kolem regálů, a pomocí jednoduchého světelného infračerveného senzoru zjistil, které pozice jsou obsazené. Každá pozice v regálu byla vybavena malým vysílačem, který vyslal paprsek. Pokud ho dron zachytil, poznal, že je na daném místě zboží. Pokud paprsek nedetekoval, označil místo jako prázdné. Po dokončení obletu se dron vrátil zpět na svou základnu. Let byl předem naprogramovaný, dron tak věděl, kam má letět, co má zkontrolovat a kdy se má vrátit. V průběhu testování se pohyboval mezi šesti úrovněmi regálu, což odpovídá běžné výšce skladových systémů (Salazar a spol., 2023).



Obrázek 52 Provizorní složený dron (Salazar a spol., 2023)



Obrázek 51 Provizorní reálný regál který simuluje v programu reálný 6 patrový. (Salazar a spol., 2023)

Kromě dronu byl součástí projektu i počítačový program LabVIEW, který shromažďoval a zobrazoval výsledky měření. Data z dronu se přenášela do vizualizačního programu, kde se vytvořila jednoduchá mapa skladu. Operátor tak mohl na obrazovce vidět, které pozice jsou zaplněné a které prázdné. Zajímavostí je, že celý systém byl propojen s virtuálním skladem Factory I/O, kde běžel simulátor pohybu zboží, dopravníků a dalších procesů. Takže zatímco reálný dron kontroloval fyzický model regálu, všechny jeho výsledky se okamžitě promítaly do digitálního skladu na obrazovce. Spojení probíhalo tak, že reálný dron byl propojen s virtuálním skladem pomocí OPC serveru, který zajišťoval výměnu dat mezi měřicím programem LabView a simulačním prostředím Factory I/O (viz. Obr 52).

I když šlo o výzkumný projekt v menším měřítku, ukázal se tento přístup jako slibný. Použití malého dronu, jednoduché elektroniky a běžně dostupného softwaru umožnilo vytvořit levný a funkční model inventarizace, který by mohl najít využití v menších skladech, školách nebo vývojových centrech. Na konci projektu ještě vývojáři navrhli několik úprav, které by bylo dobré do reálného provozu zařadit. Například šlo o použití kamery místo senzoru, které by umožnilo čtení čárových kódů, což by zvýšilo přesnost čtení. Takže by se nezjistilo, jestli tam zboží je, nebo není, ale dosáhlo by se konkrétnějšího výsledku. Také doporučili zlepšit stabilitu letu pomocí lepšího řízení pohybu, což by pomohlo v prostředí s úzkými uličkami nebo nerovným prostorem. Projekt tím ukázal, že automatizace inventarizace pomocí dronů nemusí být nutně drahá nebo složitá. Stačí mít i trochu technického zázemí a s chytrým návrhem lze dosáhnout velmi zajímavých výsledků navzdory omezeným prostředkům (Salazar a spol., 2023).

3 NÁVRHY NA DALŠÍ ROZVOJ VYUŽITÍ DRONŮ

Tato kapitola se věnuje možným směrům rozvoje dronových technologií a jejich širšího uplatnění v dopravě a logistice. Představuje inovativní koncepty městské letecké mobility, jako jsou VoloCity a EHang, i překážky, které brání jejich realizaci v praxi. Věnuje se také návrhům, jak tyto technologické, legislativní i společenské bariéry překonat. Cílem je ukázat, co je potřeba změnit, aby se drony staly běžnou součástí moderní logistiky.

3.1 Technologie dronů budoucnosti

V této části práce jsou představeny dva pokročilé projekty v oblasti městské letecké mobility, VoloCity a EHang. Oba koncepty ukazují, jak by mohla vypadat budoucnost autonomní přepravy osob ve městech prostřednictvím eVTOL technologií. Zatímco VoloCity staví na pilotované fázi a evropské integraci do dopravního systému, EHang představuje první plně autonomní systém s oficiální certifikací. Kapitola tak zachycuje posun od futuristických vizí k reálnému testování i prvním formám komerčního nasazení.

3.1.1 Volocopter VoloCity

Hlavním příkladem Air mobility neboli air taxi byl v této práci zvolen projekt VoloCity. Jedná se o německý projekt elektrického letadla s vertikálním vzletem a přistáním (eVTOL), který se stal jedním z nejdále pokročilých konceptů městské letecké dopravy v Evropě. Za jeho vývojem stojí společnost Volocopter GmbH, která se od roku 2011 zaměřuje na vytváření zcela nové vrstvy mobility nad městy. Jde o konkrétně o nízko letovou městskou vzdušnou dopravu. Zatímco mnoho jiných projektů zůstalo v laboratorní fázi, tento se dostal až k reálným testům ve městech jako jsou Stuttgart, Dubaj nebo Singapur a získal podporu jak ze soukromého sektoru, tak i od evropských regulačních úřadů (Volocopter, 2021).

Součástí širšího portfolia společnosti Volocopter je také logistický projekt VoloDrone. Tento bezpilotní nákladní dron je založen na stejné technologické platformě jako VoloCity a je určen k přepravě nákladu o hmotnosti až 200 kilogramů na vzdálenost přibližně 40 kilometrů. VoloDrone je navržen pro využití v městském prostředí, kde má zajišťovat přepravu zásilek v rámci logistických řetězců, ať už mezi sklady, nebo přímo ke koncovým zákazníkům. Stejně jako VoloCity má využívat vertiporty a fungovat jako součást integrovaného dopravního systému (Volocopter, 2021).

Základní myšlenka VoloCity vychází z toho, že městské dopravní systémy dosahují svých kapacit a není již kde stavět další silnice či koleje. Proto navrhuje využít volný prostor v nízké vzdušné vrstvě nad městem. Zde se provozovali malé flotily leteckých taxíků, které by



Obrázek 53 Na obrázku jsou dva typy letounů od společnosti Volocopter: vlevo VoloCity, určený pro přepravu osob jako městské letecké taxi, a vpravo VoloDrone, navržený pro logistiku se středním dosahem ve městském prostředí.

přepravovaly jednotlivce či malé skupiny cestujících na předem vybraných trasách. Tato služba má být zajištěna v reálném čase, na vyžádání, prostřednictvím běžné mobilní aplikace.

Z praktického hlediska by měl systém fungovat následovně: cestující si přes aplikaci zarezervuje spoj z jednoho městského bodu do druhého, například z obchodního centra k letišti. V předem určeném čase se dostaví na takzvaný „*vertiport*“ neboli malou přistávací plochu umístěnou například na střeše parkovacího domu. Tam proběhne jednoduchý nástupní proces, bez potřeby rozsáhlých bezpečnostních kontrol, a poté již následuje samotný let. Vzhledem k tomu, že dron startuje i přistává vertikálně, nepotřebuje žádnou běžnou ranvej a dokáže se tak velmi efektivně zapojit do stávající městské infrastruktury. Jednotlivé lety jsou plánovány v přímých liniích a mají standardní délku přibližně 15 až 30 kilometrů. Alespoň taková je tedy myšlenka.

Samotné letadlo má pak velmi specifickou konstrukci, která je přizpůsobena právě městskému prostředí. Stroj je zatím dvojmístný, to znamená že je zde místo jen pro jednoho cestujícího a jednoho pilota. Projekt ale počítá s tím, že do budoucna přejde na plně autonomní režim, kde bude možné využít obě místa pro zákazníky. Konstrukčně je řešen jako multikoptéra a má celkem 18 rotorů. Ty jsou napájeny devíti výměnnými bateriovými jednotkami. Tento systém zajišťuje nejen vysokou míru bezpečnosti, protože v případě selhání několika rotorů je možné pokračovat v letu, ale také má velmi tichý provoz, který je zásadní pro možné přijetí ve městech (Volocopter, 2021).

Co se týče technických parametrů, má v plánu mít maximální vzletovou hmotnost 900 kilogramů a unést užitečné zatížení až 200 kilogramů. Jeho maximální rychlost by činila 110 km/h a dolet na jedno nabití by se pohyboval okolo 35 kilometrů, což plně odpovídá

plánovanému využití pro krátké městské spoje. Celkový průměr konstrukce včetně rotorů je zatím 11 metrů, přičemž stroj dosahuje výšky 2,5 metru. Z hlediska hlasitosti tak dron ve výšce 75 metrů vytváří hluk o intenzitě přibližně 65 decibelů, což je srovnatelné s běžným městským šumem a výrazně tišší než klasické vrtulníky.

Tato technická jednoduchost a kompaktnost dělají z VoloCity možného kandidáta pro první reálné nasazení městského leteckého taxi. Společnost Volocopter navíc plánuje celý systém integrovat do stávající mobility, například navázáním na platformy typu Uber nebo Grab, či propojením s veřejnou dopravou. Konečným cílem je, aby si uživatel mohl jednoduše v jedné aplikaci naplánovat celý svůj pohyb po městě, od cesty z domova na vertiport, přes samotný let až po závěrečný prostor, kam měl namířeno. Výsledkem má být výrazné zkrácení cestovního času, zejména na trasách, kde běžná pozemní doprava selhává (Volocopter, 2021).

Projekt Volocopter je byl jako jeden z nejrealističtějších projektů v oblasti UAM (Urban air mobility). Jeho certifikace probíhala v úzké spolupráci s evropskou agenturou EASA a testovací lety v několika evropských i asijských městech ukazovali, že z technického hlediska je teoreticky připraven k nasazení. Společnost Volocopter původně plánovala zahájit komerční provoz svého letounu VoloCity už během Letních olympijských her v Paříži v roce 2024, kde měly stroje sloužit jako letecké taxi mezi letištěm Charles de Gaulle a centrem města. Ke skutečnému spuštění přepravy cestujících však nedošlo a proběhly pouze demonstrační lety bez pasažérů. Projekt se potýkal se zpožděním, již zmíněného certifikačního procesu u evropské agentury EASA a byl terčem kritiky ze strany veřejnosti kvůli hluku a omezené přístupnosti služby. Na konci roku 2024 vyhlásila firma z finančních důvodů insolvenční řízení a v březnu 2025 byla převzata společností Diamond Aircraft, která navázala na vývoj a pokračuje v procesu certifikace. Cílem nového vlastníka je dokončit schvalovací řízení a co nejdříve spustit omezený provoz ve Francii (Reuters, 2024; Composites World, 2025).

3.1.2 EHang EH216

Mezi nejdále dotažené systémy autonomní letecké přepravy osob patří EHang EH216, dvoumístné elektrické letadlo s možností kolmého startu a přistání. Projekt pochází z Číny, kde jej vyvíjí společnost EHang Holdings Limited, jež se od svého založení profiluje jako průkopník autonomního letectví v civilním prostoru. Na rozdíl od jiných firem, které počítají s přítomností pilota v prvních fázích provozu, EHang od začátku staví celý koncept výhradně na plně bezpilotním řízení, čímž si vytyčil vlastní směr v rámci městské mobility (Marzouk, 2022; Yang a spol., 2024).

Stroj EH216 má kabinu pro dva cestující, ale žádné ovládací prvky pro člověka. Celý průběh letu, včetně vzletu, navigace a přistání, je řízen pokročilým autonomním systémem, jenž je napojený na pozemní dohledový systém. Cestující do stroje pouze nastoupí a let proběhne automaticky. Tento model byl již představen a testován v několika světových metropolích, mezi kterými jsou Soul, Daegu, Kanton, Okinawa nebo v emirátu Ras Al Khaimah, kde dokonce sloužil k veřejným ukázkám a zkušebním letům s figurínami.

Konstrukce letounu využívá šestnáct rotorů, rozložených na osmi ramenech. Vzletová hmotnost stroje je maximálně 600 kilogramů a užitečné zatížení dosahuje 240 kilogramů. Při provozu se může pohybovat rychlostí až 130 km/h, přičemž jeho dolet na jedno nabití nepřesahuje 35 kilometrů. Tyto hodnoty ukazují, že systém je optimalizován na krátké městské úseky, nikoli pro delší meziměstské přelety (Marzouk, 2022; Yang a spol., 2024).

Nejvýznamnějším milníkem projektu se stal rok 2023, kdy EH216 získal jako první autonomní letecké taxi na světě oficiální certifikaci svého typu od čínského úřadu civilního letectví. Tato certifikace přišla po rozsáhlých zkušebních letech. Podle údajů EHang jich proběhlo více než 30 000. Získání certifikace tak umožnilo nasazení tohoto systému v rámci omezeného komerčního provozu na čínském území. Projekt se tak stal symbolem toho, že autonomní vzdušná přeprava osob se už nevztahuje jen k vizím, ale může fungovat i v praxi.

3.2 Překážky a výzvy dalšího rozvoje dronů v logistice

Tato část se věnuje hlavním bariérám, které brání širšímu nasazení dronů v logistice. Analyzuje legislativní, technické, společenské i ekonomické překážky a jejich dopady na praxi. Ukazuje, že plný potenciál UAV není zatím možný bez změny regulací, větší důvěry veřejnosti a technologického pokroku. Přes nadšení tak zůstává masová dronová logistika zatím na hranici mezi vizí a realitou.

3.2.1 Legislativní překážky

Jednou z nejvýznamnějších překážek pro širší nasazení dronů nejen v logistice jsou legislativní omezení a pravidla zónování vzdušného prostoru. I když se evropský regulační rámec sjednotil a nabyl platnosti v roce 2020, v praxi čelí provozovatelé dronů řadě byrokratických a provozních komplikací. Nejzásadnějším faktorem je právě omezení provozu mimo vizuální dohled pilota (BLOS dohled), který je klíčový pro většinu logistických aplikací, obzvláště pak doručování. Právě těchto typů letů se však legislativa obává nejvíce, a tak pro jejich realizaci vyžaduje zvláštní schválení, individuální řízení rizik a dodatečné pojištění.

Další překážka spočívá v samotném rozčlenění vzdušného prostoru. Nad městy a v blízkosti letišť či jiných strategických oblastí je zónování obvykle velmi komplikované, což

provozovatelům brání v hladkém nasazení doručovacích služeb. Například v Českém prostředí je provoz dronů koordinován nástrojem DronView, který zobrazuje zakázané, omezené a nebezpečné zóny. Let ve špatně určené zóně může být sankcionován a provozovatel riskuje pokutu a ztrátu licence. Specifickým problémem je také vymezení odpovědnosti v případě nehody. Legislativní rámec často neurčuje jasné pravidlo, kdo je zodpovědný v případě škody na majetku nebo zdraví, což vytváří prostor pro právní nejistotu. Navíc výše pojistného se často stává další bariérou, zejména pro menší firmy.

Z hlediska celoevropské perspektivy se ukazuje, že ačkoliv byl základní rámec nastaven, jeho praktické uplatnění v jednotlivých zemích se liší. V praxi to znamená, že zatímco jedna země podporuje pilotní projekty ve městské oblasti, jiná vyžaduje například řadu administrativních kroků, které projekt oddálí o mnoho měsíců.

Závěrem se dá říct, že bez jednotné, srozumitelné, aplikovatelné, a hlavně přiměřené legislativy nebude možné dosáhnout plného potenciálu dronů, obzvláště pak na veřejném prostoru. Současný stav české i evropské regulace tedy představuje spíše brzdu než akcelérátor pokroku. Z tohoto důvodu se tak paradoxně v tomto směru může lépe dařit ostatním zemím, včetně těch z třetího světa, kde tato legislativa buď neexistuje, není tak přísná nebo vymahatelná.

3.2.2 Technická omezení

Navzdory tomu, že drony představují rychle se rozvíjející technologii s širokým spektrem využití v logistice, stále čelí řadě technických omezení, která brání jejich plnému nasazení v běžném komerčním provozu. Tato omezení se netýkají pouze jednotlivých dílů, ale zasahují celý systém od pohonu přes komunikaci až po integraci do širších logistických sítí.

Jedním z nejzásadnějších limitů je omezená výdrž baterie. Většina současných komerčních UAV využívá lithium-polymerové baterie, které poskytují energii v řádu desítek minut letu. I přes pokroky v energetické hustotě se doba provozu většiny dronů pohybuje mezi 20 až 60 minutami na jedno nabití (Palossi a spol., 2019). Tento časový úsek výrazně omezuje provozní dosah i množství zásilek, které lze doručit v rámci jedné mise. Přestože výzkum směřuje k vývoji lehčích a výkonnějších baterií, větší průlom v této oblasti zatím nepřišel.

Dalším limitem je nosnost. Drony určené pro logistiku na poslední míli dokážou běžně přepravit 1 až 5 kg nákladu, což postačuje pouze pro drobné zboží. Větší nákladní drony existují, ale jejich nasazení je spojeno s vyššími provozními nároky a legislativními omezeními. Vývoj hybridních konstrukcí VTOL a systémů s pevným křídlem sice slibuje zlepšení poměru

mezi dosahem a užitečným zatížením, jde však stále o technologii v rané fázi, na které je co zlepšovat. (Dündar a spol., 2020).

Zásadní technickou překážkou je rovněž omezená spolehlivost navigace v městském prostředí. GPS signál může být ve vyšší zástavbě nestabilní nebo rušený, což komplikuje přesné řízení a přistávání. Tuto situaci částečně řeší kombinace senzorů LIDAR, optických kamer a ultrazvuku, které dronu umožňují částečně vidět své okolí. I přesto však přetrvává problém s plně autonomním rozhodováním v reálném čase, například při nečekaných překážkách nebo kolizích (Elmokadem a Savkin, 2021).

Další výzvou je provozní spolehlivost a odolnost vůči počasí. Silný vítr, déšť, sníh nebo extrémní teploty významně ovlivňují stabilitu letu, výdrž i bezpečnost. Současné drony jsou často citlivé na povětrnostní podmínky, což limituje jejich nasazení ve většině zemí a ročních období. Experimenty v tropickém nebo arktickém klimatu ukazují, že odolnost vůči vlhkosti, vysokým teplotám a poruchám motorů je zatím slabým místem konstrukcí (Swoop Aero, 2021).

V neposlední řadě je zde otázka standardizace a kompatibility. Vzhledem k rozmanitosti výrobců, platforem a řídicích systémů dosud neexistují jednotné technické normy pro propojení dronů s logistickými softwary a sklady. Tato rozštěpenost brzdí jejich integraci do širší infrastruktury. Zatímco některé firmy vyvíjejí vlastní řešení (například Amazon nebo Zipline), menší provozovatelé se často potýkají s problémy připojení ke stávajícím systémům. Technická omezení tedy nejsou pouze otázkou nedokonalých technologií, ale jde o komplexní výzvu, která vyžaduje inovace v pohonu, umělé inteligence a sensoriky. Plné nasazení dronů v logistice bude možné až v momentě, kdy tyto díly dosáhnou dostatečné úrovně vyspělosti a spolehlivosti.

3.2.3 Společenská výzva

Jednou z často přehlížených, přesto zásadních překážek dalšího rozvoje logistiky pomocí dronů, je její společenské přijetí veřejností. Technologická vyspělost sama o sobě totiž nezaručuje úspěšné nasazení, pokud obyvatelstvo nebude ochotné drony ve svém okolí tolerovat. Obavy se přitom netýkají pouze bezpečnosti, ale i soukromí, hluku a celkového narušení veřejného prostoru.

Nejvýraznějším rizikem v očích veřejnosti je určitě bezpečnost. Přestože většina komerčních dronů má vícenásobné zálohování systémů a automatické nouzové přistání, každá zpráva o pádu dronu, byť jen s minimální škodou, výrazně posiluje obavy veřejnosti (Çıkmak a spol., 2023). Klíčovou výzvou do budoucna zůstává zajištění dostatečné míry spolehlivosti a důvěryhodnosti, která by se mohla blížit bezpečnostním standardům běžné letecké dopravy.

Další neméně častou výtkou je narušování soukromí. Lidé se obávají, že drony mohou pořizovat nelegální záznamy z jejich pozemků nebo bytů, hlavně pokud létají nízko nad obytnými oblastmi. Přestože provozovatelé často argumentují technickými limity kamer nebo přísnými pravidly, pocit z cizího nepříjemného sledování bývá nepříjemný a přetrvávající, i když může být paranoidní.

Významným problémem je také hluk. I malé drony mohou při delším přeletu vydávat bzučivý zvuk, který je pro mnoho lidí rušivý, v podobné míře jako běžných letadel. Ukazuje se také, že vnímaná hlučnost dronů je často vyšší než u automobilů, přestože je zvuk, který vydávají objektivně nižší (Tadić a spol., 2023). To může v některých komunitách vést až k občanskému odporu, jak ukázaly případy v Austrálii.

Společenské přijetí tedy není pouze otázkou dobrého PR firem, ale je třeba hlubší propojení mezi technologickým vývojem, legislativou a lidským faktorem. V případě že se toto nedokáže správně vyvážit hrozí, že i nejpokročilejší systémy zůstanou nevyužité, ne však kvůli technice, ale z důvodu nedostatku důvěry veřejnosti.

3.2.4 Ekonomická udržitelnost

Ekonomická stránka využití dronů v logistice je z důvodu euforie a prvotního nadšení někdy podceňovaná, přesto však hraje klíčovou roli v rozhodování o jejich reálném nasazení. Zatímco technologické možnosti se rychle rozvíjejí, mnoho projektů zůstává ve fázi pilotních testů právě kvůli nejisté návratnosti investic (to je i případ VoloCity).

Prvotní náklady na pořízení dronů, jejich vybavení a potřebné infrastruktury mohou být vysoké. Zahrnuje to často i dobíjecí stanice, řídicí systémy a školení operátorů, což může být drahé, zejména pro menší firmy bez externího kapitálu. Dále je třeba počítat s náklady na údržbu, legislativní soulad a pojištění, které jsou často podmínkou pro provoz ve veřejném prostoru. Zásadní otázkou zůstává, zda jsou drony schopny přinést dostatečné úspory nebo nové hodnoty, které tyto náklady ospravedlní. V některých oblastech, jako je urgentní doručování léčiv nebo zásobování obtížně dostupných lokalit, se efekt již prokazuje. Ve standardním městském prostředí je však model ekonomické soběstačnosti stále otázkou nejistoty.

Z vývoje lze ale vyvodit jistý obecný trend. Jakmile dojde ke zlevnění technologií, standardizaci a širšímu přijetí ze strany zákazníků, ekonomika provozu se může výrazně zlepšit a může dojít k jejich masovějšímu nasazení. Do té doby bude ale většina projektů záviset na dotacích, grantech nebo strategických investorech, kteří jsou ochotni riskovat do nových inovací s vidinou na dlouhodobý zisk. Dronová logistika však zatím není levná alternativa. Je to investice do budoucnosti, která se vyplatí jen tam, kde zároveň snižuje náklady, zvyšuje

rychlost, nebo přináší konkurenční výhodu, kterou jiné možnosti nemohou nabídnout. Úspěšným příkladem dle autora může být Zipline.

ZÁVĚR

V této bakalářské práci jsme se podrobně zabývali využitím bezpilotních leteckých prostředků, známých jako drony, se zaměřením na logistiku. Cílem bylo ukázat, že nejde jen o trend nebo dočasný výstřelek technologických firem, ale o skutečně funkční nástroj, který dokáže za správných podmínek proměnit způsob, jakým přemýšlíme o pohybu zboží v čase a prostoru. Práce tak shrnuje vývoj této technologie, popsala aktuální legislativní rámce, provedla analýzu konkrétních případů z praxe a zaměřila se na výzvy, které je třeba překonat pro masovější uplatnění v logistice.

Z historického pohledu jsme si ukázali, že bezpilotní prostředky mají své kořeny hluboko v minulosti. Nejprve od čínských draků a válečných experimentů až po moderní průzkumné a útočné systémy. Tato technologická evoluce postupně vedla k rozmachu civilních UAV, které dnes nacházejí uplatnění daleko za hranicemi vojenského sektoru. Vysvětlili jsme rozdíly mezi pojmy jako UAV, UAS a RPAS, a popsali jsme jednotlivé konstrukční typy, úroveň autonomie i hmotnostní kategorie. Tento teoretický rámec je klíčový pro porozumění tomu, jak různé typy dronů vyhovují různým úkolům. V oblasti logistiky se totiž nehodí jedno univerzální řešení pro všechny úkoly. Každá konkrétní činnost vyžaduje jiný typ zařízení s odlišnou konstrukcí, velikostí a sadou funkcí. I z tohoto důvodu se nasazení dronů výrazně liší od běžných modelů doručování, které nepočítají s takovou mírou variabilnosti a přizpůsobení.

Ve druhé části práce jsme se zaměřili na konkrétní využití dronů v logistice. Představili jsme moderní systémy doručování na poslední míli, jako jsou Amazon Prime Air a Wing od Googlu, které se snaží změnit způsob distribuce zboží v městském prostředí. Rovněž jsme analyzovali případy humanitární logistiky v Africe, kde projekty jako Zipline nebo Swoop Aero pomáhají zachraňovat životy díky rychlému doručování zdravotnického materiálu do odlehlých oblastí. Třetím případem bylo využití dronů pro automatizovanou inventarizaci ve skladech, kde jsme si ukázali, že i ve zdánlivě uzavřeném prostoru může mít UAV své opodstatnění. Tato technologie se přitom osvědčuje jak ve velkých korporacích s dostatkem zdrojů, tak i v nízkonákladových experimentech, které hledají nové a efektivnější způsoby řízení zásob pro menší firmy.

V závěrečné kapitole jsme se zaměřili na možné budoucí projekty, které vycházejí z principů bezpilotních technologií. Zároveň jsme pojmenovali hlavní překážky, jež dnes brání širšímu rozšíření dronů v logistice. Patří sem především složitá legislativa, technická omezení, nedůvěra veřejnosti a otázka ekonomické návratnosti. Přestože samotná technologie už ušla dlouhou cestu, její plné využití stále závisí na tom, jak dobře se podaří sladit různé oblasti. Od

problematiky právních rámců přes společenské přijetí až po funkční infrastrukturu a dlouhodobě udržitelný ekonomický model. Nejde totiž jen o budoucí vize, které dnes mohou znít jako „sci-fi“, ale i o praktické vylepšení současných řešení, aby vydržela déle, byla spolehlivější a dokázala pokrýt širší spektrum využití.

Z výsledků této práce vyplývá, že dronová logistika má své pevné místo v budoucnosti dopravy a skladování. Především v oblastech, kde tradiční metody selhávají nebo kde je klíčová rychlost a flexibilita. Věříme, že s dalším pokrokem v oblasti autonomie, výdrže baterií a regulačních rámců se bude tato technologie nadále rozšiřovat a postupně se přiblíží běžnému praktickému využití. Zároveň je však zřejmé, že tato změna nepřijde přes noc a vývoj ještě nějaký čas potrvá.

Sám autor byl při psaní této práce zpočátku nadšený tím, jak široké možnosti drony nabízejí. Kladl si tak otázku, proč se nevyužívají častěji. Postupně se ale s každou další kapitolou setkával i s jejich technickými limity, náročností provozu a vysokými náklady. Jeho pohled se tak přirozeně proměnil, od bezbřehého optimismu k umírněnému realismu a místy až ke zdravému skepticizmu. V některých případech totiž drony přinášejí více komplikací než užitku. Klíčovou výzvou do budoucna zůstává najít rovnováhu mezi tím, co drony dokážou, a tím, kde dávají skutečný smysl.

Autor také věří, že tato práce může přispět k hlubšímu porozumění problematice a podnítit další výzkum v oblasti využití dronů v logistice. Vzhledem k širší tématu zůstává řada oblastí, které by si zasloužily větší pozornost. Jde například o porovnání legislativy v sousedních zemích, analýza amerického přístupu, využití dronů v podpůrných logistických operacích nebo jejich environmentální dopady a přínosy z hlediska udržitelnosti.

POUŽITÁ LITERATURA

AABID, Abdul, PARVEEZ, Bisma, PARVEEN, Nagma, KHAN, Sher Afghan, RAHEMAN, Md Abdul, ZAYAN, Jalal Mohamed a SHABBIR, Omar. . 2022 Reviews on Design and Development of Unmanned Aerial Vehicle (Drone) for Different Applications. *Journal of Mechanical Engineering Research and Developments*, ISSN 1024-1752. [cit. 2025-06-13]. Dostupné z :

https://www.researchgate.net/publication/360210389_Reviews_on_Design_and_Development_of_Unmanned_Aerial_Vehicle_Drone_for_Different_Applications

ADIĆ, Snežana, Ljubica RADOVANOVIĆ a Miloš VELJOVIĆ. 2023.

Study of barriers for the use of drones in the last mile logistics. In: Proceedings of the International Conference on Advances in Traffic and Communication Technologies. Sarajevo: ATCT, Dostupné z:

https://www.researchgate.net/publication/376191352_Study_of_barriers_for_the_use_of_drones_in_the_last_mile_logistics

AFAHC. *Unmanned Aircraft Systems: Cold War.* Air Force Academy Braşov [online]. [cit. 2025-06-06]. Dostupné z:

https://www.afahc.ro/ro/erasmus/DDHE/Courses/Unmanned%20Aircraft%20Systems/cold_war.html

AGENTURA EVROPSKÉ UNIE PRO BEZPEČNOST LETECTVÍ. 2024 *Létání dronů blízko lidí.* Cologne: EASA,. [cit. 2025-06-17]. Dostupné z:

<https://www.easa.europa.eu/cs/light/topics/flying-drones-close-people>

AKBARI, Ghasem. 2023. Drone Use for Pesticide Application: A Legal Landscape in Flux. *Harvard Journal of Law & Technology Digest* [online]. [cit. 2025-06-07]. Dostupné z:

<https://jolt.law.harvard.edu/digest/drone-use-pesticide-application>

ALQUDSI, Yunes, Husam SULAIMAN a Eylül PEHLÜL. 2025 *A Comprehensive Review of VTOL UAVs: Design, Technologies, and Applications.* Preprints, [cit. 2025-06-17].

Dostupné z: <https://scity.org/articles/activity/10.20944/preprints202504.2524.v1>

ALZA.CZ. 2024 *Pravidla pro drony – legislativa.* Praha: Alza.cz,. [cit. 2025-06-16]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/pravidla-pro-drony-legislativa#:~:text=5,30%20m%20od%20nez%C3%BA%C4%8Dastn%C4%9Bn%C3%BDch%20osob>

AMAECHE, Modestus, Tea CIMINI, Mduuzi MHLANGA, Chinedum

NWAOGWUGWU a Anita McGAHAN. 2021 *From A to O-Positive: Blood Delivery Via Drones in Rwanda* [online]. Toronto: Reach Alliance, Munk School of Global Affairs & Public Policy, University of Toronto, [cit. 2025-06-24]. Dostupné z:

<https://reachalliance.org/wp-content/uploads/2021/04/Zipline-Rwanda-Final-June1-1.pdf>

ARMY-TECHNOLOGY.COM. *Skylark I-LEX Mini Unmanned Aircraft System (UAS)*

[online]. [cit. 2025-06-1]. Dostupné z: <https://www.army-technology.com/projects/skylark-i-lex-mini-unmanned-aircraft-system-uas/>

- AXON ENTERPRISES, INC.** *Loki MkII Tactical – Axon Sky Hero®* [online]. [cit. 2025-06-17]. Dostupné z: <https://www.axon.com/products/axon-sky-hero/loki>
- BAIRD MARITIME.** 2024 *Unmanned craft news roundup – March 11: Naval vessels in the US, Europe, Asia and the Middle East; small reef monitoring AUVs; and more.* Baird Maritime [online]. 11. 3. 2024 [cit. 2025-06-09]. Dostupné z: <https://www.bairdmaritime.com/unmanned/unmanned-craft-news-roundup-march-11-naval-vessels-in-the-us-europe-asia-and-the-middle-east-small-reef-monitoring-auvs-and-more>
- BARNHART, R. K. a spol. (eds.).** 2012. *Introduction to Unmanned Aircraft Systems.* CRC Press,
- BAYKAR.** *Bayraktar TB2 Breaks New Ground Once Again.* Baykar Technology. [online]. [cit. 2025-06-10]. Dostupné z: [BAYKAR Technology | BAYRAKTAR TB2 BREAKS NEW GROUND ONCE AGAIN](https://www.baykartech.com/en/uav/bayraktar-tb2/)
- BAYKAR.** *Bayraktar TB2.* Baykar Technology. [online]. [cit. 2025-06-10]. Dostupné z: <https://www.baykartech.com/en/uav/bayraktar-tb2/>
- BLÁHA, Lukáš, Ondřej SEVERA, Martin GOUBEJ, Tomáš MYSLIVEC a Jan REITINGER.** 2023 Automated Drone Battery Management System—Droneport: Technical Overview. *Drones* [online]., 7(4), 234. ISSN 2504-446X. [cit. 2025-06-14]. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/drones7040234>
- BLLOM, John David.** 2010. *Unmanned Aerial Systems: A Historical Perspective.* Combat Studies Institute Press, [cit. 2025-06-05] Dostupné z : [armyupress.army.mil/Portals/7/combat-studies-institute/csi-books/OP37.pdf](https://www.armyupress.army.mil/Portals/7/combat-studies-institute/csi-books/OP37.pdf)
- BORGONOVI, Paolo.** 2023. *Evidence of Aerial Warfare – Aerostats over Venice in 1849.* Mestre: University of Leisure "City of Mestre", Historical Studies Center of Mestre, Překlad F. Dörenberg.
- BROELMANN, Jobst.** 2002 *Intuition und Wissenschaft in der Kreiseltechnik: 1750 bis 1930.* München: Deutsches Museum, ISBN 3-924183-87-2.
- ÇIKMAK, Sinan, Gökhan KIRBAÇ a Buşra KESICI.** , 2023, *Analyzing the challenges to adoption of drones in the logistics sector using the Best–Worst Method.* Business and Economics Research Journal 14(2), s. 227–242. Dostupné z: <https://www.berjournal.com/wp-content/plugins/downloads-manager/upload/BERJ14223Article6p.227-242.pdf>
- CIVIL AVIATION AUTHORITY.** , 2020 *Základní informace ke změnám v regulaci dronů od 31.12.2020.* Praha: Úřad pro civilní letectví. [cit. 2025-06-18]. Dostupné z: <https://www.caa.cz/news/zakladni-informace-ke-zmenam-v-regulaci-dronu-od-31-12-2020/>
- CIVIL AVIATION AUTHORITY.** 2024 *Pilot bezpilotního systému.* Praha: Úřad pro civilní letectví. [cit. 2025-06-18]. Dostupné z: <https://www.caa.gov.cz/provoz/bezpilotni-letadla/pilot-bezpilotniho-systemu/>

- CIVIL AVIATION AUTHORITY.** 2024 *Mohu létat se svým dronem všude, kde chci?* Praha: Úřad pro civilní letectví, [cit. 2025-06-19]. Dostupné z: <https://www.caa.gov.cz/ufoqs/mohu-letat-se-svym-dronem-vsude-kde-chci/>
- CIVIL AVIATION AUTHORITY.** , 2024 *Certifikovaná kategorie (Certified)*. Praha: Úřad pro civilní letectví. [cit. 2025-06-19]. Dostupné z: <https://www.caa.gov.cz/provoz/bezpilotni-letadla/certifikovana-kategorie-certified/>
- CIVIL AVIATION AUTHORITY.** 2024 *Postupy a formuláře k agendě oprávnění k provozu*. Praha: Úřad pro civilní letectví,. [cit. 2025-06-18]. Dostupné z: <https://www.caa.gov.cz/provoz/bezpilotni-letadla/specificka-kategorie-specific/postupy-a-formulare-dokumentu-k-agende-opravneni-k-provozu/>
- CIVIL AVIATION AUTHORITY.** 2024 *Specifická kategorie (Specific)*. Praha: Úřad pro civilní letectví,. [cit. 2025-06-18]. Dostupné z: <https://www.caa.gov.cz/provoz/bezpilotni-letadla/specificka-kategorie-specific/>
- CIVIL AVIATION SAFETY AUTHORITY.** *CASR Part 101: Micro and Excluded Remotely Piloted Aircraft Operations – Plain English Guide*. Version 2.2. Canberra: CASA, December 2024. ISBN 978-1-76137-023-6. [cit. 2025-06-13]. dostupné z: <https://www.casa.gov.au/sites/default/files/2021-08/part-101-micro-excluded-rpa-operations-plain-english-guide.pdf>
- CLARK, Richard M.** 2000. *Evolution of Uninhabited Combat Aerial Vehicles (UCAV)*. Maxwell Air Force Base, Alabama: Air University Press, [cit. 2025-06-05]. Dostupné z: <http://www.jstor.com/stable/resrep13976.7>
- COMPOSITES WORLD.** 2025 *Diamond Aircraft acquires Volocopter after insolvency* [online]. St. Louis (MO): Composites World, [cit. 2025-06-26]. Dostupné z: <https://www.compositesworld.com/news/diamond-aircraft-acquires-volocopter-after-insolvency>
- DADRASS JAVAN, Farzaneh, SAMADZADEGAN, Farhad, TOOSI, Ahmad a MEIJDE, Mark van der.** 2025 *Unmanned Aerial Geophysical Remote Sensing: A Systematic Review*. *Remote Sensing.*, 17(1), 110 [cit. 2025-06-13].. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs17010110>.
- DALAMAGKIDIS, Konstantinos, PLAKIAS, Vasileios a VALAVANIS, Kimon P.** 2012. *On Integrating Unmanned Aircraft Systems into the National Airspace System*. Dordrecht: Springer, Intelligent Systems, Control and Automation: Science and Engineering, sv. 54. ISBN 978-94-007-2478-5.
- DEFENSE EXPRESS.** Norway Sends Thousands of Black Hornet Microdrones: A Unique Solution for High-Intensity Infantry Warfare [online]. 31. 7. 2023 [cit. 2025-06-11]. Dostupné z: [Norway Sends Thousands of Black Hornet Microdrones: a Unique Solution for High-Intensity Infantry Warfare | Defense Express](https://www.defenseexpress.com/news/norway-sends-thousands-of-black-hornet-microdrones-a-unique-solution-for-high-intensity-infantry-warfare/)
- DIBS, Hayder a Noora SALIM.** *A2023 Comprehensive Review on the Design and Development of Drones for Diverse Applications: Classifications, Applications, and Design*

Challenges [preprint]. SSRN [online].. [cit. 2025-06-10]. Dostupné z: <https://ssrn.com/abstract=5002521>

DINELLI, Chris, John RACETTE, Mario ESCARCEGA, Simon LOTERO, Jeffrey GORDON, James MONTOYA, aj. 2023 Configurations and Applications of Multi-Agent Hybrid Drone/Unmanned Ground Vehicle for Underground Environments: A Review. *Drones*. [cit. 2025-06-08]. DOI: [10.3390/drones7020136](https://doi.org/10.3390/drones7020136)

DRONE INDUSTRY INSIGHTS. 2019 *The 5 Levels of Drone Autonomy* [online]. Hamburg, [cit. 2025-06-17]. Dostupné z: <https://www.japcc.org/chapters/c-uas-introduction/>

DRONPRO. 2023. *Návod na registraci dronu a online test pro pilota dronu krok za krokem*. DronPro, [cit. 2025-06-18]. Dostupné z: <https://dronpro.cz/navod-na-registraci-dronu-a-online-test-pro-pilota-dronu-krok-za-krokem>

EL-ATAB, Nazek, MISHRA, Rishabh B., ALSHANBARI, Reem a HUSSAIN, Muhammad M. 2021. Solar Powered Small Unmanned Aerial Vehicles: A Review. *Energy Technology*. [cit. 2025-06-13]. DOI: <https://doi.org/10.1002/ente.202100587>.

ELMESEIRY, Nourhan, Nancy ALSHAER a Tawfik ISMAIL. 2021. *Detailed Survey and Future Directions of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) with Potential Applications*. *Aerospace* [online]. 8(12), 363. ISSN 2226-4310. [cit. 2025-06-10]. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/aerospace8120363>

ELMOKADEM, Taha a Andrey V. SAVKIN. 2021 Towards Fully Autonomous UAVs: A Survey. *Sensors* [online]., 21(18), 6223. ISSN 1424-8220. [cit. 2025-06-14]. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/s21186223>

ERITY. 2022 *Raff Military Textile & Verity: Delivering critical supplies via autonomous drones* [online]. Lausanne: Verity, [cit. 2025-06-25]. Dostupné z: <https://assets.verity.net/app/uploads/2022/02/17085634/RaffPDF.pdf>

EUROPEAN COMMISSION. 2017. *Commission sets out new plans to safely integrate drones into EU airspace*. Brussels: European Commission, [cit. 2025-06-18]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_17_1605

EUROPEAN COMMISSION. 2019 *Commission Delegated Regulation (EU) 2019/945 of 12 March 2019 on unmanned aircraft systems and on third-country operators of unmanned aircraft systems...* [cit. 2025-06-15]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32019R0945>

EUROPEAN COMMISSION. 2019. *Commission Implementing Regulation (EU) 2019/947 of 24 May 2019 on the rules and procedures for the operation of unmanned aircraft*. In: *EUR-Lex*. [cit. 2025-06-14]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32019R0947>

EUROPEAN COMMISSION. 2022 *Commission Staff Working Document – Drone Strategy 2.0: "A Drone Strategy 2.0 for a Smart and Sustainable Unmanned Aircraft Eco-System in Europe"*. Brussels: European Commission., [cit. 2025-06-16]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52022SC0366>

EUROPEAN UNION AVIATION SAFETY AGENCY 2024. *Operating a drone in the specific category (civil drones)*. Cologne: EASA,. [cit. 2025-06-16]. Dostupné z: <https://www.easa.europa.eu/en/domains/drones-air-mobility/operating-drone/specific-category-civil-drones>

EUROPEAN UNION AVIATION SAFETY AGENCY. 2023 *EASA publishes regulatory framework for drone service deliveries*. Cologne: EASA,. [cit. 2025-06-16]. Dostupné z: <https://www.easa.europa.eu/en/newsroom-and-events/press-releases/easa-publishes-regulatory-framework-drone-service-deliveries>

EUROPEAN UNION AVIATION SAFETY AGENCY. , 2024 *Standard Scenario STS: Operating a drone in the specific category*. Cologne: EASA. [cit. 2025-06-16]. Dostupné z: <https://www.easa.europa.eu/en/domains/drones-air-mobility/operating-drone/specific-category-civil-drones/standard-scenario-sts>

EUROPEAN UNION AVIATION SAFETY AGENCY. 2023 *Remote identification will become mandatory for drones across Europe*. Cologne: EASA,. [cit. 2025-06-16]. Dostupné z: <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/general-publications/remote-identification-will-become-mandatory-drones-across>

EUROPEAN UNION AVIATION SAFETY AGENCY. 2024 *Operating a drone in the certified category (civil drones)*. Cologne: EASA,. [cit. 2025-06-16]. Dostupné z: <https://www.easa.europa.eu/en/domains/drones-air-mobility/operating-drone/certified-category-civil-drones>

EUROPEAN UNION AVIATION SAFETY AGENCY. 2024 *Travelling with drones*. Cologne: EASA, [cit. 2025-06-15]. Dostupné z: <https://www.easa.europa.eu/en/light/topics/travelling-drones>

EUROPEAN UNION AVIATION SAFETY AGENCY. 2024. *Easy Access Rules for Unmanned Aircraft Systems*. Cologne: EASA, [cit. 2025-06-18]. Dostupné z: <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/easy-access-rules/online-publications/easy-access-rules-unmanned-aircraft-systems?page=4>

EUROPEAN UNION AVIATION SAFETY AGENCY. 2024. *Easy Access Rules for the U-space Regulation (EU) 2021/664*. Cologne: EASA, [cit. 2025-06-18]. Dostupné z: <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/easy-access-rules/easy-access-rules-u-space-regulation-eu-2021664>

EUROPEAN UNION AVIATION SAFETY AGENCY. 2024. *Operating a drone in the open category (low-risk civil drones)*. Cologne: EASA, [cit. 2025-06-15]. Dostupné z: <https://www.easa.europa.eu/en/domains/drones-air-mobility/operating-drone/open-category-low-risk-civil-drones>

EUROPEAN UNION AVIATION SAFETY AGENCY. 2024. *Rules and standards for drones and air mobility*. Cologne: EASA, [cit. 2025-06-14]. Dostupné z: <https://www.easa.europa.eu/en/domains/drones-air-mobility/rules-standards>

- EURO-SD.** 2024 Nano-UAV and Micro-UAV Developments. *European Security & Defence Online*. 15 April 2024. [cit. 2025-06-13]. Dostupné z: <https://euro-sd.com/2024/04/articles/37409/nano-uav-and-micro-uav-developments/>
- EVROPSKÁ KOMISE.** 2019 *Prováděcí nařízení Komise (EU) 2019/947* ze dne 24. května 2019 o pravidlech a postupech pro provoz bezpilotních letadel. *Úřední věstník Evropské unie.*, s. 45–71. ISSN 1977-0677. [cit. 2025-06-08]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A32019R0947>
- EVROPSKÝ PARLAMENT A RADA.** 2018 *Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/1139* ze dne 4. července 2018 o společných pravidlech v oblasti civilního letectví a o zřízení Agentury Evropské unie pro bezpečnost letectví a o zrušení nařízení (ES) č. 216/2008. *Úřední věstník Evropské unie.*, L 212, s. 1–122. ISSN 1977-0677. [cit. 2025-06-08]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A32018R1139>
- Fahlstrom, P. G., Gleason, T. J.** 2012. *Introduction to UAV Systems*. Wiley,
- Federal Aviation Administration.** 2019 *FAA makes major drone ID marking change* [online]. 13. 2. 2019 [cit. 2025-06-08]. Dostupné z: <https://www.faa.gov/newsroom/faa-makes-major-drone-id-marking-change>
- FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION.** 2022 Completed Programs and Partnerships – UAS in the Arctic. *faa.gov* [online]. [cit. 2025-06-07]. Dostupné z: https://www.faa.gov/uas/programs_partnerships/completed
- FOWLER, Mike.** 2014, The strategy of drone warfare. *Journal of Strategic Security* [online]. 7(4), 108–119 [cit. 2025-06-11].ISSN 1944-0472. Dostupné z: <https://doi.org/10.5038/1944-0472.7.4.8>
- GANGWAL, Adarsh, Akshika JAIN a Shreeja MOHANTA.** 2019 *Blood Delivery by Drones: A Case Study on Zipline* [online]. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, , roč. 8, č. 8 [cit. 2025-06-24]. Dostupné z: https://www.ijirset.com/upload/2019/august/63_Blood.PDF
- GARG, P. K.** 2022, [*Characterisation of Fixed-Wing Versus Multirotors UAVs/Drones*. *Journal of Geomatics*, cit. 2025-06-12]. DOI: <https://doi.org/10.58825/jog.2022.16.2.44>
- GERSTEIN,** 2002 *Molly. Al-Qaida Honcho Slain*. *Wired*, [online]. [cit. 2025-06-06].Dostupné z: <https://www.wired.com/2002/11/al-qaida-honcho-slain/>
- GHOLAMI, Alireza. ,** 2024 *Exploring drone classifications and applications: a review*. *International Journal of Engineering and Geosciences*, ISSN 2548-0960. [cit. 2025-06-09]. Dostupné z: <https://doi.org/10.26833/ijeg.1428724>
- GRANT, R.G.** 2007 *Flight: The Complete History of Aviation*. 1st ed. London: Dorling Kindersley,. ISBN 978-1-4053-1257-5.
- GÜNTÜRKÜN, Rüştü.** 2021. *The History and the Evolution of UAV's*. AJER,

- HERON** / *Machatz-1 Unmanned Aerial Vehicle (UAV)*. *Airforce-Technology.com*, [online]. [cit. 2025-06-06]. Dostupné z: <https://www.airforce-technology.com/projects/heron-uav/>
- HOEHN, John R., SAYLER, Kelley M. a DEVINE, Michael E.** 2022, Unmanned aircraft systems: roles, missions, and future concepts. *Congressional Research Service* [online]. 31 s. R47188. [cit. 2025-06-11]. Dostupné z: <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R47188>
- HOLLOWAY, James.** 2021 *Staaker BG-300 is a flying railway-inspection drone*. *New Atlas* [online]. 12. dubna 2021 [cit. 2025-06-08]. Dostupné z: <https://newatlas.com/drones/staaker-bg-300-railway-inspection-drone/>
- CHAMOLA, Vinay, KOTESH, Pavan, AGARWAL, Aayush, NAREN a GUPTA, Navneet.** *A 2021 Comprehensive Review of Unmanned Aerial Vehicle Attacks and Neutralization Techniques*. *Ad Hoc Networks*, ISSN 1570-8705. [cit. 2025-06-09]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2020.102324>
- CHATURVEDI, Sudhir Kumar, SEKHAR, Raj, BANERJEE, Saikat a KAMAL, Hutanshu.** 2019 *Comparative Review Study of Military and Civilian Unmanned Aerial Vehicles (UAVs)*. *INCAS BULLETIN*, , ISSN 2066-8201. [cit. 2025-06-09]. Dostupné z: <https://doi.org/10.13111/2066-8201.2019.11.3.16>
- CHRISTIE, Gordon, Adam SHOEMAKER, Kevin KOCHERSBERGER, Pratap TOKEKAR, Lance MCLEAN, aj.** 2017 *Radiation Search Operations using Scene Understanding with Autonomous UAV and UGV*. *Journal of Field Robotics*., Wiley. [cit. 2025-06-08]. Dostupné z: <https://arxiv.org/abs/1609.00017>
- INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION.** *Unmanned Aircraft Systems*. ICAO Circular 328 AN/190. Montreal: ICAO, 2011. ISBN 978-92-9231-751-5. [cit. 2025-06-08]. Dostupné z: https://www.icao.int/meetings/uas/documents/circular%20328_en.pdf
- JAFARBIGLU, Hamid a ALIREZA POURREZA.** 2022 *Remote sensing platforms based on their altitude and flight time*. In: *A comprehensive review of remote sensing platforms, sensors, and applications in nut crops* [online]. [cit. 2025-06-10]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.106844>
- JAFARBIGLU, Hamid a Alireza POURREZA.** *A 2022, comprehensive review of remote sensing platforms, sensors, and applications in nut crops*. *Computers and Electronics in Agriculture* [online]. 197, 106844. ISSN 0168-1699. [cit. 2025-06-10]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.106844>
- JARNOT, Charles.** 2012. *History*. In: Barnhart a spol. (eds.) *Introduction to Unmanned Aircraft Systems*. CRC Press, ISBN 978-1-4398-3521-0.
- KATARE, Pravin a Shantanu SAPRE.** 2019 *Review on Compatibility of Fixed Wing Vertical Take Off and Landing (FW-VTOL) UAV Systems for Real World Applications*. *International Journal of Research and Analytical Reviews (IJRAR)*. ISSN 2348-1269. [cit. 2025-06-12]. Dostupné z: <https://ijrar.org/papers/IJRAR19J5064.pdf>
- Keane, John F., CARR, Stephen S.** 2013 *A brief history of early unmanned aircraft*. *Johns Hopkins APL Technical Digest*., 32(3),

- KITES – ANCIENT CHINA.** Kites – Ancient China [cit. 2025-06-05]. Dostupné z: <https://ancientchinavirtualfieldtrip.weebly.com/kites.html>
- LINGOACE.** *The Art and Culture of Kites: Exploring the History and Craftsmanship of Traditional Chinese Kites* [online]. LingoAce Blog. [cit. 2025-06-05]. Dostupné z: <https://www.lingoace.com/blog/the-art-and-culture-of-kites-exploring-the-history-and-craftsmanship-of-traditional-chinese-kites-en/>
- MARZOUK, Osama A.** 2022. *Urban air mobility and flying cars: Overview, examples, prospects, drawbacks, and solutions* [online]. Open Engineering, , roč. 12., DOI: 10.1515/eng-2022-0379. ISSN 2391-5439 [cit. 2025-06-26]. Dostupné z: <https://www.degruyterbrill.com/document/doi/10.1515/eng-2022-0379/html>
- MINISTERSTVO DOPRAVY ČESKÉ REPUBLIKY.** 2023 *Nová pravidla pro bezpečnější používání dronů: Kategorie provozu.* Praha: MD ČR., [cit. 2025-06-15]. Dostupné z: <https://md.gov.cz/Media/Media-a-tiskove-zpravy/Nova-pravidla-pro-bezpecnejsi-pouzivani-dronu-Kat?lang=cs-CZ>
- MINISTERSTVO OBRANY ČR.** 2013 *Historie bezpilotních prostředků v AČR* [online]. [cit. 2025-06-07]. Dostupné z: <https://www.mo.gov.cz/scripts/detail.php?id=1389>
- MINISTERSTVO VNITRA ČR.** 2020 *GDPR: Obecné nařízení o ochraně osobních údajů.* Praha: Ministerstvo vnitra., [cit. 2025-06-18]. Dostupné z: <https://mv.gov.cz/gdpr/docDetail.aspx?docid=22315809&doctype=ART>
- MIRZA, Muhammad Nadeem, QAISRANI, Irfan Hasnain, ALI, Lubna Abid a NAQVI, Ahmad Ali.** 2016. *Unmanned Aerial Vehicles: A Revolution in the Making.* South Asian Studies, [cit. 2025-06-05]. Dostupné z: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3393296
- MOHSAN, Syed Agha Hassnain, Muhammad Asghar KHAN, Fazal NOOR, Insaf ULLAH a Mohammed H. ALSHARIF.** 2022 *Towards the Unmanned Aerial Vehicles (UAVs): A Comprehensive Review.* Drones [online]. [cit. 2025-06-12]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2504-446X/6/6/140>
- MUNASINGHE, Isuru, Asanka PERERA a Ravinesh C. DEO.** . 2024 *A Comprehensive Review of UAV-UGV Collaboration: Advancements and Challenges.* *Journal of Sensor and Actuator Networks*, MDPI. [cit. 2025-06-08]. DOI: [10.3390/jsan13060081](https://doi.org/10.3390/jsan13060081)
- MUZEUM LETECTVÍ KUNOVICE.** *Sojka III – TVM* [online]. Muzeum letectví Kunovice, [cit. 2025-06-07]. Dostupné z: <https://www.muzeum-kunovice.cz/sojka-iii-tvm/>
- NAWAZ, Samar Abbas.** 2024 *Regulating Autonomy in Civilian Drones: Towards a Spectral Approach.* *Journal of Intelligent & Robotic Systems* [online]., 110, 46. ISSN 1573-0409. [cit. 2025-06-14]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10846-024-02056-9>
- NONAMI, Kenzo.** 2018. *Research and Development of Drone and Roadmap to Evolution.* *Journal of Robotics and Mechatronics*, [cit. 2025-06-05]. Dostupné z : https://www.jstage.jst.go.jp/article/jrobomech/30/3/30_322/_article/-char/en

- PALIK, Matyas; NAGY, Mate.** 2019. *Brief History of UAV Development*. Repüléstudományi Közlemények, [cit. 2025-06-05]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/333584348_Brief_history_of_UAV_development
- PALOSSI, Daniele, Francesco CONTI a Luca BENINI.** 2019 *An Open Source and Open Hardware Deep Learning-powered Visual Navigation Engine for Autonomous Nano-UAVs* [online]. ETH Zürich, University of Bologna, [cit. 2025-06-14]. Dostupné z: <https://arxiv.org/abs/1905.04166>
- PEKSA, Janis a Dmytro MAMCHUR.** A 2024 Review on the State of the Art in Copter Drones and Flight Control Systems. *Sensors* [online]., **24**(11), 3349. ISSN 1424-8220. [cit. 2025-06-14]. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/s24113349>
- PRISACARIU, Vasile.** 2020 The Military Use of UAVs. *Journal of Defense Resources Management*, 11(2), s. 75–80. ISSN 2068-9403.
- RAMESH, P.S. a JEYAN, Muruga Lal.** 2020 *Mini Unmanned Aerial Systems (UAV) – A Review of the Parameters for Classification of a Mini UAV*. *International Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace*, ISSN 2374-6793. [cit. 2025-06-09]. Dostupné z: <https://doi.org/10.15394/ijaaa.2020.1503>
- ROBIN RADAR SYSTEMS.** 2021 Evolution of the Drone Threat – Part 3: Rise of the Consumer Drone. *RobinRadar.com* [online]. [cit. 2025-06-07]. Dostupné z: <https://www.robinradar.com/blog/evolution-of-the-drone-threat-part-3>
- ROGERS, Paul.** 2014 *Unmanned Air Systems: The Future of Air & Sea Power?* Focus stratégique č. 49. Paris: Institut français des relations internationales (IFRI),. ISBN 978-2-36567-247-4. [cit. 2025-06-10]. Dostupné z: <https://www.ifri.org/en/publications/etudes-de-lifri/focus-strategique/unmanned-air-systems-future-air-sea-power>
- ŘÍZENÍ LETOVÉHO PROVOZU ČESKÉ REPUBLIKY.** 2025 *DronView – Mapový portál pro provoz bezpilotních systémů* [online]. Praha: ŘLP ČR, [cit. 2025-06-18]. Dostupné z: <https://dronview.rlp.cz/>
- ŘLP ČR.** 2024. ENR 5.1 – Omezené, zakázané a nebezpečné prostory. AIM: Letecká informační služba, [cit. 2025-06-19]. Dostupné z: <https://aim.rlp.cz/eaip/html/eAIP/LK-ENR-5.1-cz-CZ.html>
- ŘLP ČR.** 2024. *Geografické zóny*. AIM: Letecká informační služba, [cit. 2025-06-19]. Dostupné z: <https://aim.rlp.cz/?lang=cz&p=uas-gz>
- ŘLP ČR.** 2024 *UAS – Drony*. AIM: Letecká informační služba, [cit. 2025-06-19]. Dostupné z: <https://aim.rlp.cz/?lang=cz&p=uas-drony>
- SALAZAR, Franklin, María Sofía MARTÍNEZ-GARCÍA, Ángel de CASTRO, Carla CHÁVEZ-FUENTES, María CAZORLA, Jeanette del Pilar UREÑA-AGUIRRE a Santiago ALTAMIRANO.** 2023 *UAVs for Business Adoptions in Smart City Environments: Inventory Management System* [online]. Basel: MDPI, , roč. 12, č. 9, čl. 2090. ISSN 2079-9292 [cit. 2025-06-25]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2079-9292/12/9/2090>

- SESAR JOINT UNDERTAKING.** *U-space blueprint*. Brussels: SESAR JU, 2017. [cit. 2025-06-18]. Dostupné z: <https://www.sesarju.eu/u-space-blueprint>
- SHAKHATREH, Hazim, Ahmad SAWALMEH, Ala AL-FUQAHA, Zuocho DOU, Eyad ALMAITA, Issa KHALIL, Noor S. OTHMAN, Abdallah KHREISHAH a Mohsen GUIZANI.** . 2018 *Unmanned Aerial Vehicles: A Survey on Civil Applications and Key Research Challenges*. arXiv preprint arXiv:1805.00881. [cit. 2025-06-12]. Dostupné z: <https://arxiv.org/abs/1805.00881>
- SIMONITE, Tom.** 2020 *You Can Now Buy Spot the Robot Dog – If You’ve Got \$74,500*. WIRED [online]. 16. 6. 2020 [cit. 2025-06-09]. Dostupné z: <https://www.wired.com/story/you-can-now-buy-spot-the-robot-dog/>
- SLIDEPLAYER.** 2019 *Systém velení a řízení ozbrojených sil* [online prezentace]. [cit. 2025-06-12]. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/15802016/>
- SOURCES AT REUTERS.** 2024 *German air taxi start-up Volocopter files for insolvency* [online]. London: Reuters, [cit. 2025-06-26]. Dostupné z: <https://www.reuters.com/business/aerospace-defense/german-air-taxi-start-up-volocopter-files-insolvency-2024-12-30/>
- sUAS NEWS. FAA** 2021. *Opens the Arctic to Commercial Small Unmanned Aircraft*. *sUAS News* [online]. 2013-07-10 [cit. 2025-06-07]. Dostupné z: [FAA Opens the Arctic to Commercial Small Unmanned Aircraft – sUAS News](#)
- sUAS NEWS. New FAA** 2016. *Rules for Small Unmanned Aircraft Systems Go Into Effect*. *sUAS News* [online]. 2016-08-29 [cit. 2025-06-08]. Dostupné z: [New FAA Rules for Small Unmanned Aircraft Systems Go Into Effect – sUAS News](#)
- SUKORUN.** 2024 *Intelligent Series 4-Wheels UGV Universal Chassis* [online]. [cit. 2025-06-09]. Dostupné z: <https://www.sukorun.com/product/intelligent-series-4-wheels-ugv-universal-chassis/>
- SWOOP AERO.** 2021 *Project Final Report: Strengthening equitable access to essential health products through drone delivery in Vanuatu* [online]. Melbourne: UNICEF Office of Innovation, [cit. 2025-06-24]. Dostupné z: https://www.unicef.org/innovation/media/11951/file/Reference%203.7.%20Project%20Final%20Report_SWOOP%20AERO.pdf
- ŠENKYPL, Ondřej.** 2023 *Češi otáčejí Grouponem*. CC.cz, [cit. 2025-06-13]. Dostupné z: <https://cc.cz/cesi-otaceji-grouponem-akcie-za-mesic-vyrostly-o-50-porad-na-nas-ceka-spoustu-prace-rika-senkypl/>
- TANAKA, Saori, Abner ASIGNACION, Toshiyuki NAKATA, Satoshi SUZUKI a Hao LIU.** 2022 *Review of Biomimetic Approaches for Drones*. Drones [online]. [cit. 2025-06-12]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/364761994_Review_of_Biomimetic_Approaches_for_Drones
- TECHTARGET.** 2024 *What is a Drone (UAV)? – Definition*. *TechTarget.com* [online]. [cit. 2025-06-07]. Dostupné z: <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/drone>

- TELEDYNE FLIR.** *Black Hornet 3 Personal Reconnaissance System* [online]. [cit. 2025-06-10]. Dostupné z: <https://www.flir.eu/products/black-hornet-3/?vertical=uas-norway&segment=uis>
- TILENNI, Giulia.** 2018 Tactical UAV requirements. *European Security & Defence*, 1(2018), s. . ISSN 1617-7983.
- TRANSPORT AND COMMUNICATIONS AGENCY TRAFICOM.** 2023 *EU drone regulation*. Helsinki: Traficom,. [cit. 2025-06-15]. Dostupné z: <https://www.droneinfo.fi/en/eu-drone-regulation>
- TSIAMIS, Nikolaos,** 2019. EFTHYMIYOU, Loukia a TSAGARAKIS, Konstantinos P. A Comparative Analysis of the Legislation Evolution for Drone Use in OECD Countries. *Drones*, , 3(4), 75. [cit. 2025-06-07]. DOI: <https://doi.org/10.3390/drones3040075>
- UAV COACH.**2023*Drone laws in the European Union: Specific Category*. Nashville: UAV Coach. [cit. 2025-06-16]. Dostupné z: <https://uavcoach.com/drone-laws-in-the-european-union/>
- UAV COACH.** 2023*Drone laws in the European Union: Open Category*. Nashville: UAV Coach,. [cit. 2025-06-16]. Dostupné z: <https://uavcoach.com/drone-laws-in-the-european-union/>
- UAV FOR DRONE.** 2024 *CHASING M2 Professional Industrial Underwater Drone Robot ROV* [online]. [cit. 2025-06-09].Dostupné z: <https://www.uavfordrone.com/product/chasing-m2-professional-industrial-underwater-drone-robot-rov/>
- UAV Research and Teaching Laboratory.** 2023 *Multicopter Configurations*. Northern Arizona University,. [cit. 2025-06-13]. Dostupné z: <https://uavrt.nau.edu/index.php/docs/vehicle/genback/>
- UKRSPECSYSTEMS.** *Shark UAS*. Ukrspecsystems.com [online]. [cit. 2025-06-10].Dostupné z: <https://ukrspecsystems.com/drones/shark-uas>
- UNITED NATIONS.** 2019 United Nations use of unmanned aircraft systems (UAS) capabilities. New York: Department of Peace Operations,. 16 s. Ref. 2019.05. [cit. 2025-06-11]. dostupné z: <https://annualghac.com/images/presentations/original/2019/10/5db0600f45c1e69677712.pdf>
- UNITED STATES AIR FORCE.** 2014 *MQ-1B Predator* [online]. U.S. Air Force, [cit. 2025-06-16]. Dostupné z: <https://www.af.mil/About-Us/Fact-Sheets/Display/Article/104469/mq-1b-predator/>
- UNITED STATES COAST GUARD.** 2023*Unmanned systems strategic plan* [online]. Washington, D.C.: Deputy Commandant for Operations,. [cit. 2025-06-11]. Dostupné z: [https://media.defense.gov/2025/May/12/2003708249/-1/-1/0/USCG-DCO-UNMANNED-SYSTEMS-STRATEGIC-PLAN-V\(2025-03-20\)-508-COMPLIANT.PDF](https://media.defense.gov/2025/May/12/2003708249/-1/-1/0/USCG-DCO-UNMANNED-SYSTEMS-STRATEGIC-PLAN-V(2025-03-20)-508-COMPLIANT.PDF)
- UNITED STATES.** 2022. Federal Aviation Administration. *Draft Environmental Assessment for Amazon Prime Air – Lockeford, CA*. Washington, D.C.: U.S. Department of

Transportation, [cit. 2025-06-20] Dostupné z: https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/2022-09/EA-Amazon-Prime-Air_Lockeford-CA_9-8-22_508.pdf

ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ. 2025 *Často kladené dotazy k provozu bezpilotních letadel (FAQ UAS)* [PDF dokument]. Praha: ÚCL, [cit. 2025-06-16]. Dostupné z: https://www.caa.gov.cz/wp-content/uploads/2025/03/FAQ-UAS_CS.pdf

VALKA.CZ. Sojka III 2004. – *bezpilotní prostředek české armády* [online]. Diskuzní fórum Valka.cz, [cit. 2025-06-07]. Dostupné z: <https://www.valka.cz/Sojka-t41677>

VLAJKY.EU. 2024 *Vlajka ČR – česká státní vlajka* [online]. [cit. 2025-06-18]. Dostupné z: <https://www.vlajky.eu/vlajka-cr/>

VOGLER, Andreas a Thomas HUGHES. 2017 *Anything but 'drone': Why Naming Matters*. Policy Brief. Kingston: Centre for International and Defence Policy, Queen's University, , vol. 3, issue 2. [cit. 2025-06-08]. Dostupné z: https://www.queensu.ca/cidp/sites/cidpwww/files/uploaded_files/3-2%20CIDP_PB_Spring17_Vogler_Hughes%20FINAL_0.pdf

VOLOCOPTER. 2021 *THE ROADMAP to scalable urban air mobility* [online]. [s. l.]: [s. v.], [cit. 2025-06-26]. Dostupné z: <https://db.shujubang.com/uploads/20210624/fd0537b9a1eeef5d1f4dc849a24ccb4f.pdf>

WANG, Na. 2023. A Case Analysis on Amazon Delivery Drones Taking over Traditional Delivery Method. *International Journal of Economic Behavior and Organization* [online]. [cit. 2025-06-07]. Dostupné [A Case Analysis on Amazon Delivery Drones Taking over Traditional Delivery Method, International Journal of Economic Behavior and Organization, Science Publishing Group](#)

WATTS, Adam C., AMBROSIA, Vincent G. a HINKLEY, Everett A. ,2012 *Unmanned Aircraft Systems in Remote Sensing and Scientific Research: Classification and Considerations of Use*. Remote Sensing, . ISSN 2072-4292. [cit. 2025-06-09]. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/rs4061671>

WAVESHARE. 2024 *UGV Beast – Programmable tracked robot chassis for ROS and Jetson platforms* [online]. [cit. 2025-06-09]. Dostupné z: <https://www.waveshare.com/ugv-beast.htm>

WIKIPEDIA. 2024 V-1 flying bomb [online]. Wikipedia, The Free Encyclopedia, [cit. 2025-06-06]. . Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/V-1_flying_bomb

WIKIPÉDIE. 2025 *Tadiran Mastiff* [online]. [cit. 2025-06-07]. Dostupné z: https://fr.wikipedia.org/wiki/Tadiran_Mastiff

YANG, Yannian, Yu LIANG, Stefan PRÖBSTING, Pengyu LI, Haoyu ZHANG, Benxu HUANG, Chaofan LIU, Hailong PEI a Bernd R. NOACK. 2024, *Sizing of Multicopter Air Taxis—Weight, Endurance, and Range* [online]. Aerospace, roč. 11, č. 3, čl. 200. DOI: 10.3390/aerospace11030200. ISSN 2226-4310 [cit. 2025-06-26]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2226-4310/11/3/200>

Z historie dronů: 1. Neprávem zapomenutý konstruktér. 2021. Droneweb.cz [online]. [cit. 2025-06-06]. Dostupné z: <http://www.droneweb.cz/vojenske-drony/item/71-historie-hans-boykow>

ZÁKONY PRO LIDI. 2024 *Zákon č. 49/1997 Sb., o civilním letectví. Zákony pro lidi.* [cit. 2025-06-19]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-49>

Zenz, A. & Powles, J. (2024). *Resisting technological inevitability: Google Wing's delivery drones and the fight for our skies.* [cit. 2025-06-20] Dostupné z: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4866385

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1	Přehled hmotnostních kategorií civilních dronů	41
Tabulka 2	Shrnutí provozů dronů v ČR, podle kategorií	55

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1	Rekonstrukce starověkého čínského bojového draka (Kites – Ancient China, 2023)	12
Obrázek 2	Rakouské bombardovací balóny nad Benátkami v roce 1849 (Borgonovi, 2023)	13
Obrázek 3	Bezpilotní letoun Kettering Bug připravovaný ke startu v USA, 1918 (Palik a Nagy, 2019).....	14
Obrázek 4	Německá střela V-1 připravovaná k odpálení během druhé světové války, 1944(Wikipedia, 2024)	15
Obrázek 5	Bezpilotní letoun Queen Bee, vyvinutý ve Velké Británii pro dálkově řízený výcvik, 1935(Nonami, 2018)	15
Obrázek 6	Průzkumný bezpilotní prostředek Ryan AQM-34 Firebee na mobilním přepravním podvozku. (AFAHC, 2025) Upraveno	16
Obrázek 7	Americký bezpilotní letoun MQ-1 Predator během odpálení střely AGM-114 Hellfire (Güntürkün, 2021)	17
Obrázek 8	Izraelský bezpilotní letoun Tadiran Mastiff v Muzeu (FR Wikipédia, 2025)	17
Obrázek 9	Český bezpilotní průzkumný prostředek Sojka III TVM ve sbírce Muzea letectví Kunovice. (Muzeum Kunovice, 2025).....	19
Obrázek 10	Prototyp doručovacího dronu Amazon Prime Air, koncept doručení zásilek do 30 minut, představený v roce 2013.(Robin Radar, 2021)	20
Obrázek 11	Parrot AR.Drone, první komerčně dostupný dron ovládaný pomocí smartphonu, uvedený na trh v roce 2010. (Robin Radar, 2021)	20
Obrázek 12	Hybridní dron se čtyřmi koly a šesti rotory pro pohyb na zemi i ve vzduchu (Dinelli a spol., 2023).....	22
Obrázek 13	Hybridní inspekční dron Staaker BG-300 určený pro jízdu po kolejích a let (Holloway, 2021)	22
Obrázek 14	Hladionvý dron určený pro dálkový dohled bez přítomnosti posádky(Baird Maritime, 2024)	24
Obrázek 15	Pozemní dron s pásovým podvozkem, vybavený senzorovou hlavicí (Waveshare, 2024)	24
Obrázek 16	Čtyřnohý pozemní robot pro v členitém terénu (Simonite, 2020)	24
Obrázek 17	Pozemní dron se čtyřmi koly (Sukorun, 2024)	24
Obrázek 18	ROV vybavený pro technické záasahy pod hladinou. (UAV for Drone, 2024) ..	25
Obrázek 19	AUV pro sledování mořského dna. (Baird Maritime, 2024)	25
Obrázek 20	Dron americké výroby Global Hawk, verze NASA (Watts a spol., 2012)	26

Obrázek 21 Graf znázorňující rozdělení UAV podle výšky letu a doby výdrže (HALE, MALE LALE, SUAV) (Jafarbiglu a Pourreza (2022)	26
Obrázek 22 Bayraktar TB2, bezpilotní letoun turecké výroby (Baykar, 2025)	27
Obrázek 23 bezpilotní letoun Shark od ukrajinského výrobce Ukrspecsystems. (Ukrspecsystems, nedatováno).....	28
Obrázek 24 Ručně držený taktický dron belgické výroby Loki MkII Tactical (Axon, bez data)	29
Obrázek 25 Ruční odhoz izraelského dronu Skylark I-LEX (Army-Technology.com, 2015)	29
Obrázek 26 Miniaturní norský průzkumný dron Black Hornet 3 (Teledyne FLIR, bez data)	31
Obrázek 27 Ilustrace strategické úrovně dronu (autor, 2025)	32
Obrázek 28 Armádní hierarchie velení. Každá z nich odpovídá jiné hloubce a způsobu nasazení dronů (SlidePlayer, 2019)	32
Obrázek 29 Ilustrace taktické úrovně dronu (autor, 2025).....	33
Obrázek 30 Ilustrace taktické úrovně dronu (autor, 2025).....	33
Obrázek 31 Schéma různých typů multikoptér podle počtu a uspořádání rotorů (UAV Research and Teaching Lab, 2023)	36
Obrázek 32 Jedno rotorový dron s vyrovnávacím ocasním rotorem (Dinelli a spol., 2023)...	37
Obrázek 33 Dron s pevným křídlem (Mohsan a spol., 2022).....	37
Obrázek 34 přehled různých konstrukčních konfigurací VTOL dronů. (Alqudsi a spol., 2025)	38
Obrázek 35 Schéma znázorňuje jednotlivé fáze letu VTOL, od vertikálního vzletu, přes přechod do horizontálního režimu a následného letu, až po přechod zpět do viseného letu a vertikální přistání (Alqudsi a kol., 2025).....	39
Obrázek 36 Hmyzí dron Českého vědce Matěje Karáska inspirovaný motýlem. (CC.cz, 2023)	40
Obrázek 37 Drony konstrukčně inspirované jestřábem(vpravo) a holubem(vlevo) (Tanaka a spol., 2022).....	40
Obrázek 38 Přehled pěti úrovní autonomie dronů od čistě manuálního řízení až po plně autonomní systém (Drone Industry Insights, 2019).....	44
Obrázek 39 Evropská unie je instituce odpovědná za tvorbu a harmonizaci legislativy v oblasti provozu dronů v rámci členských států (EUR-Lex, 2019).	47
Obrázek 40 Tato tabulka znázorňuje přehled toho, jaký typ dronu je možné provozovat v otevřené kategorii dle hmotnosti a technické třídy (EASA, 2024)	49
Obrázek 41 EASA je agentura která vytváří a dohlíží na legislativní rámec pro provoz dronů v EU (EASA, 2024)	50

Obrázek 42 Havárie dronu při nárazu do budovy jako ilustrace možného rizika, které je důvodem pro zavedení povinného pojištění odpovědnosti provozovatele (EASA, 2024).	52
Obrázek 43 Vlajka ČR (Vlajky.eu, 2024)	52
Obrázek 44 Úřad pro civilní letectví, který v České republice dohlíží na provoz bezpilotních systémů a implementaci evropských pravidel. (Úřad pro civilní letectví, 2025) 53	
Obrázek 45 Schéma znázorňující rozdělení rolí pilotů a provozovatelů bezpilotních systémů a jejich přiřazení k jednotlivým provozním kategoriím. (Úřad pro civilní letectví, 2020)	54
Obrázek 46 Mapový výstup z portálu DronView zobrazující červeně zakázané, omezené nebo nebezpečné prostory ve kterých je létání bez získání povolení zakázáno (ŘLP ČR, 2025)	56
Obrázek 47 Amazon Prime Air MK27-2((Federal Aviation Administration, 2022)., 2022)59	
Obrázek 48 dron společnosti Zipline připravený na start z katapultu během návštěvy představitelů Muhanze (Rwanda) (Zipline, 2016).	63
Obrázek 49 dokumentuje doručení vakcín pomocí dronů v projektu realizovaném společností Swoop Aero na Vanuatu. Můžeme vidět přistání dronu, vindání nákladu a jeho bezpečné uchování do chladu. (Swoop Aero, 2019).....	65
Obrázek 50 dron společnosti Verity provádí inventarizaci zboží ve skladu bez nutnosti lidského zásahu. (Verity, 2022)	67
Obrázek 51 Provizorní reálný regál který simuluje v programu reálný 6 patrový. (Salazar a spol., 2023).....	69
Obrázek 52 Provizorní složený dron (Salazar a spol., 2023)	69
Obrázek 53 Na obrázku jsou dva typy letounů od společnosti Volocopter: vlevo VoloCity, určený pro přepravu osob jako městské letecké taxi, a vpravo VoloDrone, navržený pro logistiku se středním dosahem ve městském prostředí.	71

SEZNAM ZKRATEK

AGM	Air-to-Ground Missile Střela vzduch-země
AI	Artificial Intelligence Umělá inteligence
ATZ	Aerodrome Traffic ZONE Letištní provozní zóna
AUV	Autonomous Underwater Vehicle Autonomní podvodní vozidlo
BLOS	Beyond Line of Sight Spojení Mimo přímou viditelnost
BVLOS	Beyond Visual Line of Sight Let mimo vizuální dohled
CTR	Control Traffic Region Řízený okrsek letiště
D	Control Traffic Region Nebezpečný prostor
EASA	European Union Aviation Safety Agency Agentura Evropské unie pro bezpečnost letectví
EU	Evropská unie
eVTOL	Electric Vertical Take-Off and Landing Elektrické letadlo s vertikálním startem a přistáním
FAA	Federal Aviation Administration
GPS	Global Positioning System Globální poziční systém
HALE	High Altitude Long Endurance Vysokoletové drony s dlouhou vytrvalostí letu
HD	High Definition Vysoké rozlišení
ICAO	International Civil Aviation Organization Mezinárodní organizace pro civilní letectví

IMU	Inertial Measurement Unit Inerciální měřicí jednotka
LALE	Low Altitude Long Endurance Nízkoletové drony s dlouhou vytrvalostí letu
LIDAR	Light Detection and Ranging Laserové detekování a určování vzdálenosti
LOS	Line of Sight Přímá viditelnost (přímé rádiové spojení)
MALE	Medium Altitude Long Endurance Středně výškové drony s dlouhou vytrvalostí letu
OPC	OLE for Process Control Standard pro výměnu dat v automatizaci
P	Prohibited Area Zakázaný prostor
PADDC	Prime Air Drone Delivery Center Centrum pro doručování drony Prime Air
QR	Quick Response kód pro rychlou odezvu
R	Restricted Area Omezený prostor
Remote ID	Remote Identification Dálková identifikace
RFID	Radio-Frequency Identification Identifikace pomocí rádiových vln
ROV	Remotely Operated Vehicle Dálkově ovládané vozidlo (podvodní robot)
RPA	Remotely Piloted Aircraft Dálkově pilotované letadlo
RPAS	Remotely Piloted Aircraft System Systém dálkově pilotovaného letadla
SAE	Society of Automotive Engineers Společnost automobilových inženýrů

SMS	Short Message Service Služba krátkých textových zpráv
SORA	Specific Operations Risk Assessment Metodika specifického posouzení rizik operace
STS	Standard Scenario Standardní scénář
SUAV	Small Unmanned Aerial Vehicle Malý bezpilotní letecký prostředek
TRA	Temporary Reserved Area Dočasně rezervovaný prostor
TSA	Temporary Segregated Area Dočasně vyhrazený prostor
UA	Unmanned Aircraft Bezpilotní letadlo
UAM	Urban Air Mobility Městská letecká mobilita
UAS	Unmanned Aircraft System Bezpilotní letecký systém
UAV	Unmanned Aerial Vehicle Bezpilotní letecký prostředek
ÚCL	Úřad pro civilní letectví
UGV	Unmanned Ground Vehicle Bezposádkové pozemní vozidlo
USV	Unmanned Surface Vehicle Bezposádkové hladinové plavidlo
UUV	Unmanned Underwater Vehicle Bezposádkové podvodní vozidlo
VTOL	Vertical Take-Off and Landing Vertikální vzlet a přistání

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A