



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

KRISTÝNA ČMIELOVÁ

STUDIE HELIPORTU PRO VTOL LETADLA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2019



K621 **Ústav letecké dopravy**

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Kristýna Čmielová

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – LED – Letecká doprava

Název tématu (česky): **Studie heliportu pro VTOL letadla**

Název tématu (anglicky): Study of Vertiport for VTOL Aircrafts

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Současné legislativní požadavky na heliport
- Příklad současného heliportu a jeho analýza
- Letadla nové generace - VTOL letadla
- Studie návrhu heliportu nové generace

- Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího bakalářské práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Letecký předpis L 14 H - Heliporty
Letecká informační příručka AIP
VFR příručka ČR

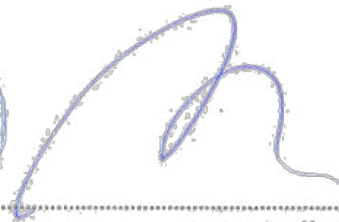
Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jakub Kraus, Ph.D.**
Ing. Tomáš Kapoun

Datum zadání bakalářské práce: **19. října 2018**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **26. srpna 2019**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia



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



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

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.



Kristýna Čmielová
jméno a podpis studenta

V Praze dne 19. října 2018

Prohlášení

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

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

V Praze dne 26. srpna 2019



podpis

Poděkování

Touto cestou bych chtěla poděkovat vedoucím své bakalářské práce, kteří mi poskytli cenné podklady a odborné konzultace. Jmenovitě děkuji Ing. Lukáši Matějkovi za vedení a rady poskytované v průběhu tvorby práce. A děkuji i Ing. Tomáši Kapounovi (ze společnosti Zuri) za vedení, rady a především toto zajímavé téma závěrečné práce. V neposlední řadě je mou milou povinností poděkovat rodině a blízkým, kteří mě po celou dobu studia podporovali.

Autor: Kristýna Čmielová
Název: Studie heliportu pro VTOL letadla
Instituce: České Vysoké Učení Technické v Praze, Fakulta dopravní
Obor: Letecká doprava
Rok: 2019

Abstrakt:

Tato bakalářská práce je studií heliportu pro letadla s vertikálním vzletem a přistáním, se speciálním zaměřením na letadla s elektrickým pohonem (eVTOL). První část práce přibližuje nově se rodící trh letadel s vertikálním startem a přistáním a shrnuje jejich přínos. V další části se práce zabývá legislativními požadavky na heliporty se zaměřením na technické vybavení, nastiňuje rozdíly mezi heliporty schválenými pouze pro provoz dle pravidel VFR a pro provoz dle IFR. V práci je jako vzor uveden jeden ze současných heliportů. V poslední části je provedena rešerše současných návrhů podoby heliportů pro VTOL letadla ze zahraničí a jsou zde shrnuty nezbytné požadavky na heliport nové generace a jeho zabezpečení.

Klíčová slova:

heliport, (e)VTOL letadla, budoucnost, legislativa, návrh heliportu, analýza heliportu, provoz heliportu, vertiport

Author: Kristýna Čmielová
Title: Study of Vertiport for VTOL Aircraft
Institution: Czech Technical University in Prague,
Faculty of Transportation Sciences
Study Program: Air Transport
Academic Year: 2019

Abstract:

This bachelor thesis is a study of a heliport for vertical take-off and landing aircraft with special focus on electric powered aircraft (eVTOL). The first part of the thesis introduces newly emerging markets with these aircraft and summarizes their contribution.

The following part deals with the legislative requirements for heliports with a focus on a technical equipment and differences between VFR and IFR operation of heliports. One of the current heliports is presented as an example. In the final part, there is a survey of current designs of heliports for VTOL aircraft from abroad and also includes a summary of necessary requirements for a new generation heliport and its security.

Keywords:

A heliport, (e)VTOL aircraft, future, a legislation, a design of heliport, analysis of heliport, an operation of heliport, a vertiport

Obsah

Seznam použitých zkratké.....	10
1 Úvod.....	12
2 Současné legislativní požadavky na heliport	13
2.1 Vlastnosti heliportu	14
2.2 Překážkové plochy a ochranná pásma	17
2.2.1 Překážkové plochy	17
2.2.2 Ochranná pásma	20
2.3 Vybavení heliportu	20
2.4 Odlišnosti v americké legislativě	23
2.4.1 Vlastnosti heliportu	23
2.4.2 Vybavení heliportu.....	24
3 Příklad současného heliportu a jeho analýza.....	26
3.1 Konkrétní heliport	26
3.2 Analýza.....	27
3.3 Transformace na heliport podporující IFR.....	29
4 Letadla nové generace – VTOL letouny.....	32
4.1 Technické parametry letounů.....	32
4.2 Mise letadla	34
4.2.1 Uber	35
4.2.2 Zuri.....	36
4.3 Důvody postupu cestou VTOL letadel.....	38
5 Studie návrhu heliportu nové generace	41
5.1 Budoucí podoba heliportů.....	41
5.1.1 Návrhy heliportů pro společnost Uber.....	42
5.1.2 Ostatní návrhy heliportů.....	45
5.2 Návrh heliportu nové generace.....	47
5.2.1 Umístění heliportu	47

5.2.2	Security heliportu.....	49
5.2.3	Prostory pro cestující a jejich odbavení	51
5.2.4	Technické a provozní zabezpečení navrhovaného heliportu.....	51
6	Závěr.....	54
	Seznam použité literatury.....	55
	Seznam tabulek.....	57
	Seznam příloh.....	57
	Seznam obrázků.....	57

Seznam použitých zkratek

Zkratka	Anglický význam	Český význam
AFIS	Aerodrome Flight Information Service	Letištní letová informační služba
AMSL	Above Mean Sea Level	Nad úrovní střední hladiny moře
D	Diameter, Helicopter largest over-all dimension	Průměr, celkový největší rozměr vrtulníku
EASA	European Union Aviation Safety Agency	Evropská agentura pro bezpečnost letectví
eVTOL	Electric Vertical Take-off and Landing	Vertikální vzlet a přistání na elektrický pohon
FAA	Federal Aviation Administration	Federální letecká správa
FATO	Final Approach and Take-off Area	Plocha konečného přiblížení a vzletu
FIR	Flight Information Region	Letová informační oblast
FL	Flight Level	Cestovní hladina
GA	General Aviation	Všeobecné letectví
ICAO	International Civil Aviation Organization	Mezinárodní organizace pro civilní letectví
IFR	Instrument Flight Rules	Pravidla pro let podle přístrojů
ILS	Instrument Landing System	System pro přesné přiblížení a přistání
IMC	Instrument Meteorological Conditions	Meteorologické podmínky pro let podle přístrojů
MSL	Mean Sea Level	Střední hladina moře
MTOM	Maximum Take-off Mass	Maximální vzletová hmotnost
MTOW	Maximum Take-off Weight	Maximální vzletová hmotnost
PinS	Point-in-Space approach	Přiblížení na bod v prostoru
RMZ	Radio Mandatory Zone	Oblast s povinným rádiovým spojením
RWY	Runway	Dráha
SA	Safety Area	Bezpečnostní plocha

STOL	Short Take-off and Landing	Krátký vzlet a přistání
TLOF	Touchdown and Lift-off Area	Prostor dotyku a odpoutání vrtulníku
VFR	Visual Flight Rules	Pravidla pro let za viditelnosti
VTOL	Vertical Take-off and Landing	Vertikální vzlet a přistání

1 Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá heliporty, v některých zdrojích nazývaných vertiporty. Heliporty jsou nezbytnou součástí infrastruktury nově se rodící kategorie letadel - letounů eVTOL. Tyto letouny můžeme nazvat letadly nové generace. Nejsou to totiž ani klasické letouny, ani vrtulníky. Tento koncept letadel se snaží čerpat z obojího to nejlepší. Z letounů to je vysoká efektivita v dopředném letu, což je dáno využitím křídla, které generuje vztlak a z VTOL letadel jsou to rotory, které umožňují vertikální vzlet a také přistání. Další nezanedbatelnou výhodou eVTOL letadel, jak je patrné z názvu, je jejich elektrický pohon. Vyznačuje se sníženou hlučností, nižším ekologickým znečištěním ovzduší apod.

Klasický letoun s pevným křídlem je charakteristický tím, že pro svůj provoz potřebuje vzletovou a přistávací dráhu. Na výstavbu takové dráhy jsou kladeny velké nároky a to jak z hlediska finančního, tak i z hlediska záboru množství půdy, která může být využita jinak. Například jako prostor pro výstavbu parkovacích domů, technického zázemí, zázemí pro posádky a salonky pro cestující, či může najít mnohé další využití.

Letouny nové generace - se schopností VTOL, počítají s nedostatkem prostorů a míst pro stavbu drah, přizpůsobila se tak svou schopností vzletu a přistání na menší plochy – heliporty. Heliporty mohou být umístěny i v centru měst např. na střeše patrové budovy. Zároveň se tak snaží odstranit často zdlouhavou cestu z a na letiště, jelikož jsou schopna přistát i na heliportu v centru města.

Na této bakalářské práci spolupracuji s českou společností Zuri, která právě vyvíjí letoun s vertikálním vzletem a přistáním na elektrický pohon. Studie heliportu pro tuto kategorii letadel je důležitou oblastí, která může ovlivnit budoucí podobu této stavby a ovlivnit tak budoucnost cestování.

2 Současné legislativní požadavky na heliport

Tato kapitola se zabývá legislativními požadavky na heliporty. Požadavky v rámci ČR definuje Letecký předpis L 14 H. V zahraničí pak například americká FAA oběžníkem č. 150/5390-2C, nebo mezinárodní organizace ICAO v jedné ze svých příloh k Chicagské úmluvě – Annex 14, Volume II. Tato příloha je však převzata do české legislativy právě jako předpis L 14 H, který nám definuje heliporty takto: „*Letiště nebo vymezená plocha na konstrukci určená zcela nebo zčásti pro přilety, odlety a pozemní pohyby vrtulníků.*“ [1] Americká definice zní velice obdobně, avšak zahrnuje do pojmu heliport i budovy a zařízení, které k tomuto příslušejí. [2]

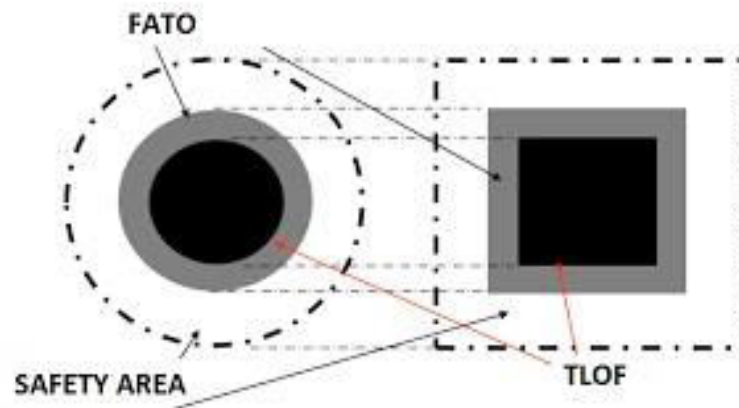
V poslední době se však objevuje pojem vertiport. Vertiport je možné dle dostupných zdrojů charakterizovat jako plochu pro VTOL nejen vrtulníků, ale i například letadel koptérového typu či letounů s pevným křídlem, které jsou schopné VTOL. Naproti tomu heliport je jak v České republice, tak i v ostatních zemích světa primárně určen pro vrtulníky, jak to vyplývá z definice. Avšak jak je uvedeno výše, vrtulník je pouze jedním z několika letadel, které umožňují vertikální vzlet a přistání (VTOL). Proto je zaváděn pojem vertiport, který se vztahuje na všechna VTOL letadla.

Současná legislativa se především zaměřuje na heliporty. Dokumenty o vertiportech sice existují, nicméně jsou poměrně obecné a nezabývají se problémem detailněji, jedná se spíše o marketingové studie než o dokumenty, které se zabývají detailnějšími technickými a legislativními řešeními. Z tohoto důvodu jsou v této práci používány dokumenty týkající se legislativní úpravy heliportů, konkrétně technického vybavení a zabezpečení provozu.

Nedílnou součástí výstavby heliportu je jeho samotný návrh. V první fázi je nezbytné si uvědomit, jaká je výkonnost takového letadla. A podle toho se zabývat vlastnostmi heliportu. Tím se především rozumí rozměry ploch – FATO (plocha konečného přiblížení a vzletu), bezpečnostní plochy, apod. Technické vybavení heliportu se odvíjí od toho, zda se létá podle VFR (pravidel pro let za viditelnosti) nebo IFR (pravidel pro let podle přístrojů). Obecně jsou kladeny vyšší požadavky na létání podle IFR, pilot se musí spoléhat z velké části na přístroje a vybavení letiště/heliportu. Vybavením se zde rozumí například značení a světla.

2.1 Vlastnosti heliportu

Heliport se skládá ze třech základních ploch, těmi jsou: TLOF (Touchdown and Lift-off Area), FATO (Final Approach and Take-off Area) a SA (Safety Area). Tyto plochy mohou být jak kruhové, tak čtvercové (viz Obrázek 1). Jejich tvar především závisí na stavebních možnostech, ale například i na zvyklostech země/regionu. Každá, z těchto ploch, má stanovené rozměry dle legislativy platné na daném území. Obecně jsou však tyto plochy definované následovně.



Obrázek 1 Plochy heliportu [3]

TLOF (Touchdown and Lift-off Area) je prostor dotyku a odpoutání vrtulníku, zahrnuje nejmenší část plochy heliportu. Je umístěna uprostřed, a jak již napovídá název, tato plocha je určena pro dosednutí/odpoutání vrtulníku. Poznáme ji podle značení – zejména kruhového, které má uvnitř písmeno H, tuto plochu také ohraničují světelná zařízení.

FATO (Final Approach and Take-off Area), nebo-li plocha konečného přiblížení a vzletu, přesně kopíruje plochu TLOF. Rozměry jsou však větší, než je tomu u prostoru dotyku a odpoutání, což je samozřejmé, když tuto plochu zahrnuje. FATO je určená ke konečnému přiblížení do visení anebo k přistání/k zahájení vzletového manévru. Pokud se FATO používá pro provoz vrtulníků první třídy výkonnosti, zahrnuje i prostor přerušového vzletu. Jestliže rozpoznáme značení ohraničující plochu TLOF, pak další značení nám definuje hranice plochy FATO.

SA (Safety Area) je bezpečnostní plocha, která obklopuje FATO, na rozdíl od předchozích ploch nemusí být tato plocha zpevněná. A zároveň může obsahovat překážky, které narušují ochrannou rovinu, ta se rozprostírá ze stran bezpečnostní plochy se stoupáním pod úhlem 45°. Překážky jsou však regulované – mohou být pouze na jedné straně FATO. [1]

Důležitým parametrem pro stanovení rozměrů daných ploch je „D“. Což odpovídá v zásadě největšímu rozměru vrtulníku, co se délky tyče. V americkém oběžníku č. 150/5390-2C působí i „RD“, to je hodnota průměru rotoru, která se zde používá k odhadu hodnoty D, pokud ji neznáme. Pomocí následujícího jednoduchého vztahu $D = 1.2 RD$ (nebo také $RD = 0.83 D$) zjistíme kritický rozměr vrtulníku. Hodnota „0.83 D“ se objevuje také v českém předpisu L 14 H, to může znamenat, že české (nebo i evropské - Annex 14, Volume II) a americké legislativní požadavky na heliport nejsou příliš odlišné.

Dalším krokem je dle českých předpisů nutné stanovení třídy výkonnosti vrtulníku. Výkonnost se zde posuzuje na základě schopnosti vynuceného přistání a pokračování v letu, jestliže dojde k vysazení motoru. Dělení dle kategorie výkonnosti je následující [1]:

Vrtulník 1. třídy výkonnosti znamená, že jeho výkonnost mu umožňuje při vysazení motoru přistát v prostoru přerušeno vzletu nebo bezpečně pokračovat v letu do příslušného prostoru přistání. [1]

Vrtulník 2. třídy výkonnosti je takový vrtulník, kterému jeho výkonnost umožňuje při vysazení motoru bezpečně pokračovat v letu vyjma případu, že k vysazení dojde před definovaným bodem po vzletu nebo za definovaným bodem před přistáním. V těchto případech může být nutné vynucené přistání. [1]

Vrtulník 3. třídy výkonnosti je vrtulník o výkonnosti umožňující v případě vysazení motoru v kterémkoliv bodě dráhy letu provést vynucené přistání. [1]

V neposlední řadě musíme podle předpisu L 14 H znát maximální vzletovou hmotnost (MTOM/MTOW) vrtulníku. MTOW je stanovena výrobcem a uvedena v letové příručce (AFM). Nepřekračování této hmotnosti je základem pro bezpečný vzlet a následující let. V tomto předpisu se dělí na letadla s maximální vzletovou hmotností větší než 3175 kg a MTOW menší nebo rovnou 3175 kg. Podle toho se odvíjí rozměry FATO. [1]

Podle českého předpisu L 14 H musíme znát 3 parametry, abychom určili rozměr plochy konečného přiblížení a vzletu (FATO), další plochy se odvíjí právě od jejich rozměrů. Nezbytnými parametry jsou, jak již bylo zmiňováno, celkový největší rozměr vrtulníku (D), třída výkonnosti vrtulníku (1. / 2. / 3.) a také maximální povolená vzletová hmotnost (MTOW). Kdežto dle amerického oběžníku č. 150/5390-2C nám postačí znát hodnotu průměru rotoru (RD), ze které následně odvodíme přibližnou hodnotu D. A hodnotu MTOW kvůli statickému zatížení konstrukce.

Stanovení rozměrů plochy konečného přiblížení a vzletu (FATO) je prvním a tedy nejdůležitějším krokem k úspěšnému návrhu heliportu. V této práci se předpokládá, že se jedná o úrovnový heliport, ten však má jistá omezení, jedná-li se o souběžný provoz vrtulníků. Mezi FATO musí být oddělovací vzdálenosti, které budou zohledňovat například sestupný proud rotoru a jednotlivé letové dráhy. Předpis L 14 H řeší rozměry FATO následovně:

„Pro rozměry FATO musí platit:

a) kde je určena pro použití vrtulníky 1. třídy výkonnosti, musí rozměry odpovídat údajům uvedeným v letové příručce vrtulníku (HFM), kromě případu, kdy tento údaj chybí, v takovém případě šířka nesmí být menší než největší celkový rozměr (D) největšího vrtulníku, kterému má FATO sloužit.

b) kde je určena pro použití vrtulníky 2. nebo 3. třídy výkonnosti, musí mít takové rozměry a tvar, aby do ní mohla být vepsána kružnice o průměru nejméně:

i) $1 D$ největšího vrtulníku, pokud maximální vzletová hmotnost (MTOM) vrtulníků, kterým má FATO sloužit, je větší než $3\,175\text{ kg}$,

ii) $0,83 D$ největšího vrtulníku, pokud MTOM vrtulníků, kterým má FATO sloužit, je rovna nebo menší než $3\,175\text{ kg}$.“

Nicméně kvůli bezpečnosti by měla být pro všechny kategorie výkonnosti vrtulníku uvažována kružnice o průměru nejméně $1 D$. U heliportů určené pro provoz vrtulníků 1. třídy výkonnosti je nezbytné zřízení předpolí za koncem plochy konečného přiblížení a vzletu (FATO). Šířka takového předpolí by neměla být menší než šířka přilehlé bezpečnostní plochy. Z bezpečnostních důvodů je nutné se zaměřit na objekty umístěné v předpolí, které by mohly ohrozit vrtulníky ve vzduchu. [1]

Dalším krokem je stanovení rozměrů prostoru dotyku a odpoutání vrtulníku (TLOF), který se nachází uvnitř FATO. Pro rozměry TLOF platí dle L 14 H:

„TLOF musí mít takové rozměry, aby do něj mohla být vepsána kružnice o průměru alespoň $0,83 D$ největšího vrtulníku, kterému má prostor sloužit.“

Dále platí, že jestliže je TLOF umístěn v takové FATO, která pojme kružnici o průměru větším než D , pak musí být střed TLOF umístěn dále než $0,5 D$ od hrany FATO. [1]

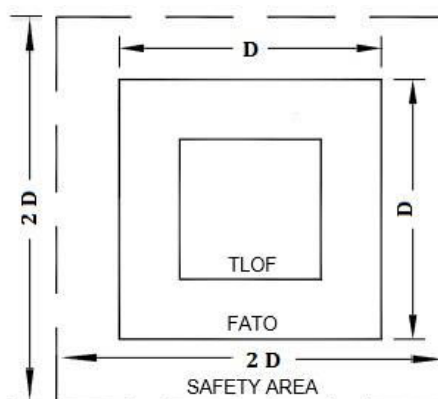
V neposlední řadě nesmí chybět bezpečnostní plocha (SA), ta obklopuje FATO a rozprostírá se ven od jejího okraje. Vzdálenost, kam až sahá SA, je stanovena na nejméně 3 m nebo $0,25 D$ podle toho, která hodnota je větší.

Zároveň musí platit, že:

„a) délka každé vnější strany bezpečnostní plochy musí být alespoň $2 D$ tam, kde je FATO čtyřúhelníková; nebo

b) vnější průměr bezpečnostní plochy musí být alespoň $2 D$ tam, kde je FATO kruhová.“

Je-li bezpečnostní plocha (SA) zpevněná, přestože být nemusí, pak jsou určeny další podmínky, které upravují její podobu. [1]



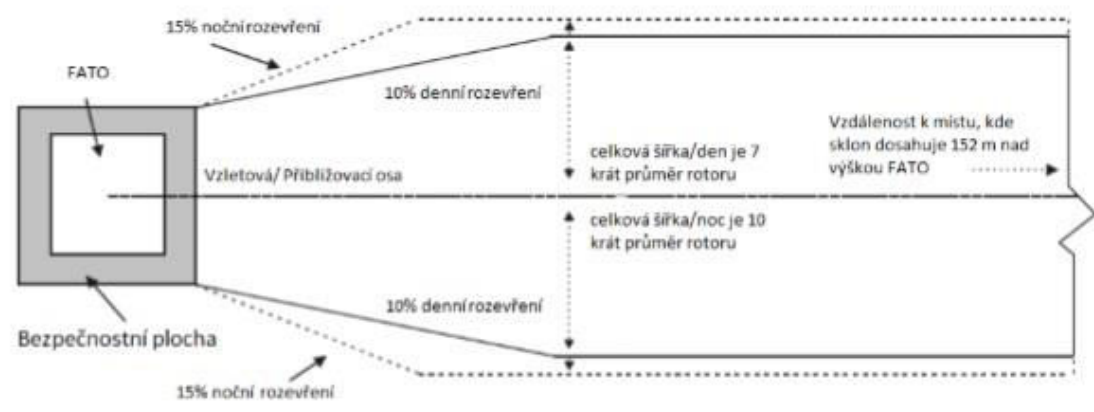
Obrázek 2 Minimální rozměry ploch heliportu ([2], upraveno)

2.2 Překážkové plochy a ochranná pásma

Stejně, jako v blízkosti letiště, tak i v blízkosti heliportů je nezbytné definovat prostory, které slouží díky legislativě k zajištění bezpečného provozu vrtulníků. Určují se tedy překážkové plochy a ochranná pásma. Pomocí popisu vzdušného prostoru v okolí heliportů, a zamezení vzniku a růstu překážek, můžeme v konečném důsledku předejít až nepoužitelnosti heliportu nebo leteckému incidentu či nehodě.

2.2.1 Překážkové plochy

V těchto plochách jsou stanovené maximální výšky, kterých mohou objekty na heliportu a v jeho okolí dosahovat. Pro plochu konečného přiblížení a vzletu (FATO) jsou stanoveny následující překážkové plochy: vzletová, přiblížovací a přechodová. Přičemž jsou určeny na heliportech s postupem přiblížení na bod v prostoru, což je postup založený na nepřesném přístrojovém přiblížení s využitím GNSS pro vrtulníky, kdy musí být umožněno následné vizuální manévrování. Žádné objekty nesmí narušit překážkovou plochu vzletovou, přiblížovací, ani přechodovou, a omezit tak provoz heliportu. Pokud je daný heliport využíván kromě denního provozu také v noci, pak se překážková plocha pro vzlet a přiblížení dle českých (a evropských) předpisů zvětší. Je to především z důvodu zhoršených dohlednostních podmínek (viz Obrázek 3).



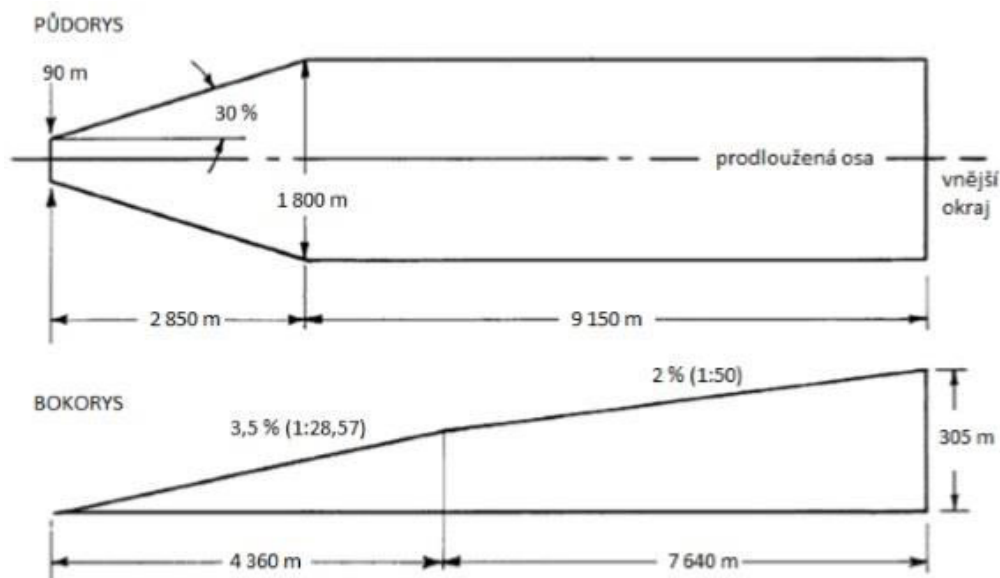
Obrázek 3 Rozevření vzletové/přiblížovací plochy [1]

Letecký předpis týkající se heliportů (L 14 H) uvažuje odstranění stávajících objektů nebo nepovolení budování nových/rozšiřování stávajících objektů, které se vyskytují nad jakoukoliv z překážkových ploch. Avšak je možné žádat o výjimku, kdy příslušný úřad podle vypracované letecko-provozní studie usoudí, že objekt nebude mít nepříznivý vliv na bezpečnost nebo nebude moci výrazně ovlivnit pravidelnost provozu vrtulníků. Výjimka vzniká i v případě, pokud jsou takové objekty stíněny stávajícím pevným (neodstranitelným) objektem. [1]

Heliport musí mít alespoň jednu přiblížovací a vzletovou plochu, jestliže je zřízena právě jedna, musí úřad zpracovat letecko-provozní studii s ohledem na různé faktory. Z důvodu zvýšení bezpečnosti je doporučeno zřízení alespoň dvou těchto ploch, tím se zabrání vlivu povětrnostních podmínek, minimalizuje boční vítr a také je umožněno vykonat postup přerušeno přistání.

Přiblížovací plocha (viz Příloha č. 1) je klesající rovina/soustava rovin, která patří mezi plochy s požadavkem na omezení překážek. Tato rovina se rozevívá od konce bezpečnostní plochy ve stanoveném poměru až do stanovené konečné šířky. Rozevření je souměrné vzhledem k ose, která prochází středem FATO. Vnější okraj leží ve stanovené výšce nad výškou FATO nad mořem. Rozměry a sklony pro přístrojovou FATO s přesným přiblížením se stanovují podle úhlu přiblížení - 3° a 6°. [1]

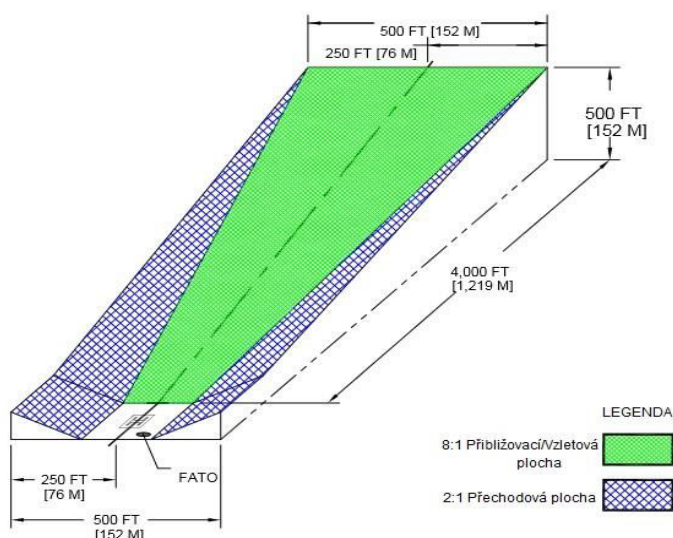
Vzletová plocha (viz Obrázek 4) je obdobná jako plocha přiblížovací. Rozprostírá se od konce bezpečnostní plochy a rozevření je taktéž souměrné vzhledem k ose, která prochází středem FATO. Pokud je však zřízeno předpolí, tak nadmořská výška vnitřního okraje vzletové plochy musí být umístěna na vnějším okraji předpolí, v nejvyšším bodě na zemi na ose předpolí. [1]



Obrázek 4 Vzletová plocha pro přesné přístrojové přiblížení [1]

Přechodová plocha je poslední z řady překážkových ploch. Jedná se o složenou plochu podél okraje bezpečnostní plochy a okraje přiblížovací/vzletové plochy. Tato rovina stoupá vzhůru a vně do stanovené výšky. U přechodové plochy se při přesném přístrojovém přiblížení nerozlišuje, zda se jedná o přiblížení pod úhlem 3° nebo 6°. Vždy je stanoven sklon 14,3 % a výška 45 m. [1]

V předpisu FAA jsou požadavky na překážkové plochy (viz Obrázek 5) vztaženy na provoz podle VFR. Hodnoty délky, výšky a sklonů překážkových ploch, na rozdíl od těch stanovených podle L 14 H, nezávisí na druhu přiblížení a úhlu sestupu. Stejně tak, jako to bylo dle české legislativy, i zde lze udělit výjimky ohledně překážek v rámci těchto ploch. Děje se tak na základě letecké studie FAA.



Obrázek 5 Překážkové plochy ([2], upraveno)

2.2.2 Ochranná pásma

Tato pásma, stejně jako u letišť, se stanovují z důvodu zajištění bezpečnosti při provozu. Ochranná pásma v blízkosti (nebo přímo na) heliportu se zřizují za účelem omezení pozemních staveb a také světelných zařízení, která by mohla ovlivňovat vrtulníky na přistání, či při přiblížení. A to bez ohledu na směr. Patří sem pásma: s výškovým omezením staveb, se zákazem staveb, s omezením staveb vzdušných vedení, proti nebezpečným a klamavým světlům.

Ochranná pásma s výškovým omezením staveb jsou spjata s přechodovými plochami, vzletovými a přiblížovacími prostory. Zde nesmí být zřizovány takové stavby a zařízení, popřípadě vysazovány porosty, které by narušily roviny překážkových ploch. Ochranná pásma se zákazem staveb se vztahují na provozní plochy heliportu. Platí zde zákaz zřizování staveb sloužících neleteckému provozu, vysazování stromů, keřů, jiných výškových porostů apod. Avšak je zde umožněno dočasné umístění těchto objektů po dohodě s ÚCL. [1]

Kvůli bezpečnosti provozu je dále nezbytné zajistit dostatečnou vzdálenost letadel od staveb vzdušného vedení. Vymezuje se proto obdélníkové ochranné pásmo kolem vzletových a přiblížovacích prostorů. Umístění nových vedení vysokého napětí je možné pouze se souhlasem úřadu. Ochranná pásma proti nebezpečným a klamavým světlům se taktéž zřizují kolem vzletových a přiblížovacích prostorů, ve tvaru obdélníku. Jedná se o zabránění jasnému nepochopení leteckých světel či uvedení pilota v omyl. Z tohoto důvodu musí být veškerá světla, která by k tomuto mohla vést, odstraněna, nebo alespoň odstíněna. Platí zde zákaz umístování nových světel, která by podle letecko-provozního posouzení mohla být nebezpečná nebo klamavá. [1]

2.3 Vybavení heliportu

Mezi vybavení heliportu patří obecně ukazatele, značky (a značení) a návěstidla. Bez tohoto se žádný heliport neobejde. Je tedy nezbytné správně zvolit použitá zařízení, jejich správné umístění, apod. Jinak by se mohlo stát, že daný heliport nebude uzpůsoben provozu, zpravidla z důvodu bezpečnosti. V následujících tabulkách je uvedeno vybavení a nutnost jeho zřízení pro určitý typ heliportu dle předpisu L 14 H.

Tabulka 1 Vybavení heliportu – ukazatele, značky a značení
[sestavil autor s využitím zdroje 1]

Typ heliportu: VFR den, VFR noc, IFR		
	Vybavení	Poznámka
Ukazatele	ukazatel směru větru	Musí být osvětlen v případě provozu dle VFR noc, IFR.
	poznávací značení heliportu	
Značky a značení	značení maximální povolené hmotnosti	Nemusí být zřizováno. Pouze doporučeno. ¹
	značení hodnoty D	Nemusí být zřizováno. Pouze doporučeno, pokud se jedná o vrtulníky 2. nebo 3. třídy výkonnosti.
	značení rozměrů FATO	Nemusí být zřizováno. Pouze doporučeno.
	obvodové značení nebo značky FATO	Zřizováno, pokud není zřejmý rozsah této plochy.
	poznávací značení FATO	Nemusí být zřizováno. Pouze doporučeno.
	značení zaměřovacího bodu	Zřizováno tam, kde pilot provádí přiblížení do určitého bodu nad FATO a poté teprve pokračuje na TLOF.
	obvodové značení TLOF	Zřizováno, pokud není zřejmý rozsah této plochy.
	značení dosednutí/umístění	Zřizováno tam, kde je potřebné, aby vrtulník dosednul a/nebo byl přesně umístěn pilotem.
	identifikační značení heliportu	Zřizováno, pokud nejsou dostatečně zajištěny prostředky pro vizuální identifikaci. Musí být osvětleno v případě provozu dle VFR noc, IFR.

Mezi další značky a značení patří: značky a značení pozemních pojezdových drah pro vrtulníky, dráhy pro pojíždění vrtulníku za letu, značení stání vrtulníku a také značení osového vedení trajektorie letu.

¹ Pouze doporučeno. = Zřízení je vhodné, z důvodu zvýšení bezpečnosti.

Tabulka 2 Vybavení heliportu – návěstidla
[sestavil autor s využitím zdroje 1]

Typ heliportu: VFR noc, IFR		
	Vybavení	Poznámka
Návěstidla	maják heliportu	Nemusí být zřizován. Pouze doporučeno.
	přibližovací světelná soustava	Zřizována, pokud je to proveditelné, za účelem vyznačení přednostního směru přiblížení.
	soustava návěstidel osového vedení trajektorie letu	Zřizována, pokud je žádoucí a účelné znázornit směry přiblížení a/nebo trajektorie letu.
	vizuální soustava pro osově vedení	Zřízení je doporučeno u IFR heliportu. U VFR noc za platnosti alespoň jedné podmínky uvedené v 5.3.5.1, L 14 H.
	světelná sestupová soustava pro vizuální přiblížení	Zřizována u IFR. U VFR noc za platnosti alespoň jedné podmínky uvedené v 5.3.6.1, L 14 H.
	soustava návěstidel FATO	Zřizována vyjma případů, kdy FATO a TLOF jsou shodné nebo FATO je zřejmá.
	návěstidla zaměřovacího bodu	
	světelná soustava TLOF	

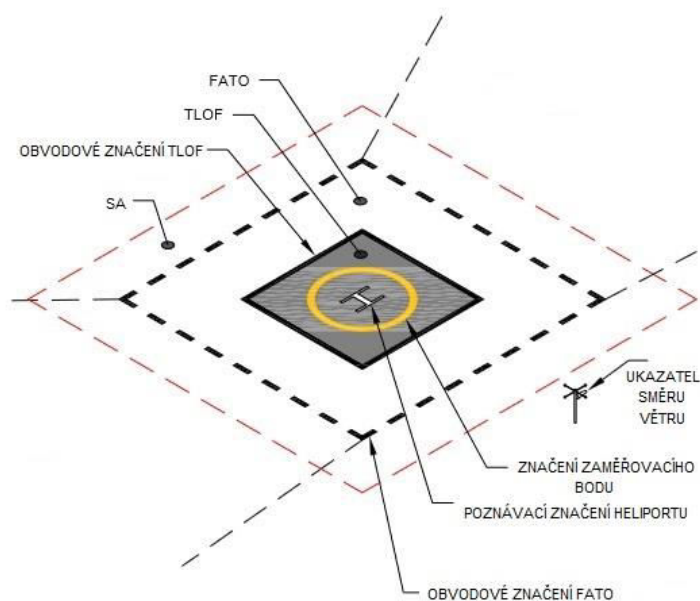
Mezi další návěstidla patří: návěstidla pojezdových drah, vizuální prostředky pro značení překážek, plošné osvětlení překážek.

2.4 Odlišnosti v americké legislativě

Jak již bylo zmiňováno, české letecké předpisy jsou převzaty z příloh Chicagské úmluvy, ICAO. V České republice, jelikož je součástí Evropské unie, jsou však platné také předpisy a dokumenty týkající se letectví, které vydává EASA. Ta převážně přejímá předpisy od FAA. Z tohoto důvodu je zřejmé, že česká a americká letecká legislativa nebude příliš odlišná. Avšak i zde se mohou vyskytnout rozdíly, které je nezbytné vzít v úvahu. A to především kvůli tomu, že není stále jisté, čemu přesně budou v budoucnu podléhat takzvané vertiporty.

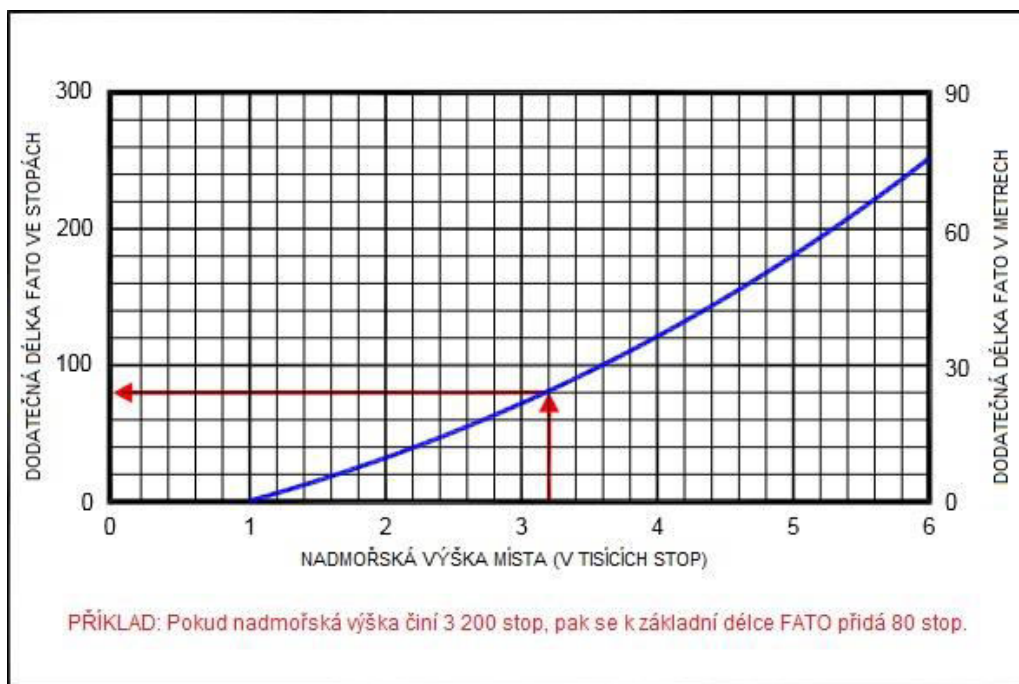
2.4.1 Vlastnosti heliportu

V této práci se předpokládá, že se jedná o heliport určený pro tzv. všeobecné letectví (General Aviation, GA). Na následujícím obrázku je zobrazena právě jeho podoba podle oběžníku č. 150/5390-2C.



Obrázek 6 Plochy heliportu se značením ([2], upraveno)

Stanovení rozměrů plochy konečného přiblížení a vzletu (FATO) je dle FAA, na rozdíl od českého předpisu odlišné především tím, že minimální délka nebo průměr FATO se musí rovnat alespoň $1.5 D$ největšího vrtulníku. Pokud heliport leží ve výšce 1000 stop nad úrovní střední hladiny moře (Above Mean Sea Level, AMSL), pak je nezbytné, aby FATO byla delší, obdélníková (ne čtvercová), viz Obrázek 7. Je to z důvodu zajištění větší bezpečnostní rezervy a provozní flexibility. Minimální vzdálenost obvodu FATO od obvodu prostoru dotyku a odpoutání vrtulníku (TLOF) musí být rovna alespoň $\frac{3}{4} D$ nebo $\frac{1}{2} RD$. Při souběžném provozu vrtulníků platí, že jsou FATO od sebe vzdálené alespoň 200 stop. [2]



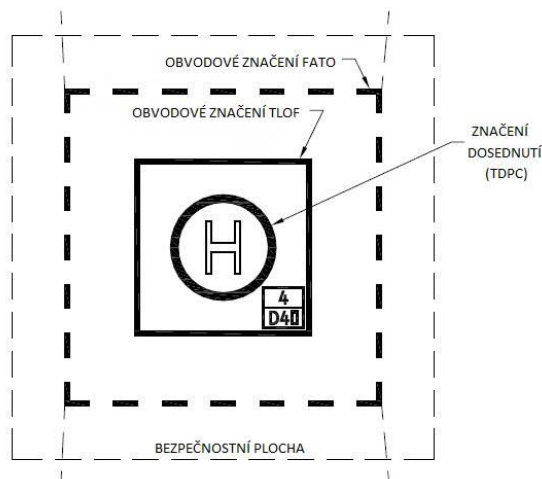
Obrázek 7 Závislost nadmořské výšky na přidané délce FATO ([2], upraveno)

Ani zde nesmí chybět bezpečnostní plocha (SA), která obklopuje FATO a rozprostírá se ven od jejího okraje. Vzdálenost, kam až sahá SA, je stanovena na nejméně $1/3 RD$, avšak nesmí to být méně než 6 m. Zde jsou pravidla přísnější než podle předpisu L 14 H, kde se vybíralo maximum z hodnot $0.25 D$ a 3 m. Objekty, které jsou umístěny na SA, nesmí přesahovat nad výšku FATO. S výjimkou pro světelná značení, která mohou vyčnívat až do výšky 5 cm. [2]

2.4.2 Vybavení heliportu

Značení a značky jsou stejné jako dle české legislativy. Zde se však pro nátěr nedoporučují kontrastní barvy, nýbrž přímo reflexní. Jenže ty mohou piloty při odrazu světla oslňovat, z toho důvodu je doporučeno vyhýbat se nadměrnému používání reflexního materiálu.

Pokud má TLOF hmotnostní omezení, označuje se hodnotou MTOW kritického vrtulníku ve stovkách liber. Jestliže omezenou hmotnost nemá, rámeček, do kterého se píše tato hodnota, je diagonálně proškrtnut. Dalším údajem, který se nachází v rámečku, je velikostní omezení. To je odvozeno z rozměru D kritického vrtulníku, proto se značení skládá z „D“ a následuje hodnota ve stopách. Podle FAA je nezbytné uvádět hodnoty v anglosaských jednotkách. [2]



Obrázek 8 Schéma značení heliportu dle FAA ([2], upraveno)

Světlomety zatím nebyly FAA vyhodnoceny z hlediska efektivity získávání vizuální informace o heliportu. Avšak pokud má jeho provozovatel za to, že značení pro noční provoz není dostatečně viditelné, je možné použít světlomety k osvětlení TLOF, FATO, a/nebo parkovací plochy. Jestliže je to možné, umisťují se na okolní budovy, aby se předešlo potřebě vysokých sloupů a nevznikla tím překážka. [2]

3 Příklad současného heliportu a jeho analýza

Součástí této bakalářské práce je taktéž analýza některého ze současných heliportů. Cílem je zjistit, zda je možné budovat heliporty budoucnosti stávajícím způsobem a opatřovat je totožným technickým vybavením, přestože mají sloužit k jinému účelu.

Doposud slouží heliporty v České republice především pro potřeby Letecké záchranné služby (HEMS), je jich více než 50. Avšak pro tyto heliporty platí specifická pravidla, zejména jejich provoz, který může být uskutečňován pouze podle VFR. Naproti tomu existují neveřejné heliporty, kterých je v ČR poměrně málo – 10. Většina byla konstruována na provoz podle VFR, VFR noc umožňují jen 3 z nich, přičemž 2 vlastní ta samá společnost. IFR v současné době neumožňuje žádný z heliportů. [4]

Budování heliportů podporující IFR bylo pro soukromníky zřejmě prozatím bezdůvodné. Jenže s nástupem VTOL letounů určených pro přepravu cestujících, je vhodné se začít zabývat i touto variantou provozu. Pro ekonomiku takové společnosti by bylo jistě nevýhodné provozovat přepravu pouze za meteorologických podmínek, které dovolují létání VFR. Na letištích je rovněž důležitý provoz i za zhoršených meteorologických podmínek. Je tedy nutné zaměřit se na výstavbu heliportů, jež umožní létání podle IFR.

3.1 Konkrétní heliport

Pro účely této práce byl zvolen heliport LK8050, Rozvadov. Nachází se přibližně 3 km od hranic s Německem, v blízkosti budovy King's Casino. Provozovatelem je VESTAR GROUP a.s. Jedná se o jeden z neveřejných heliportů, který je uzpůsoben provozu za VFR den i VFR noc, druhým je heliport v Chodové Plané stejného provozovatele. Realizace heliportu v Rozvadově proběhla v roce 2014, avšak v roce 2017 došlo k jeho přemístění z důvodu přestavby kasina. Tento heliport je certifikovaný pro HEMS, což znamená, že v případě potřeby ho může využít letecká záchranná služba. Heliport je jinak využíván svým majitelem, ale i movitějšími zákazníky kasina.

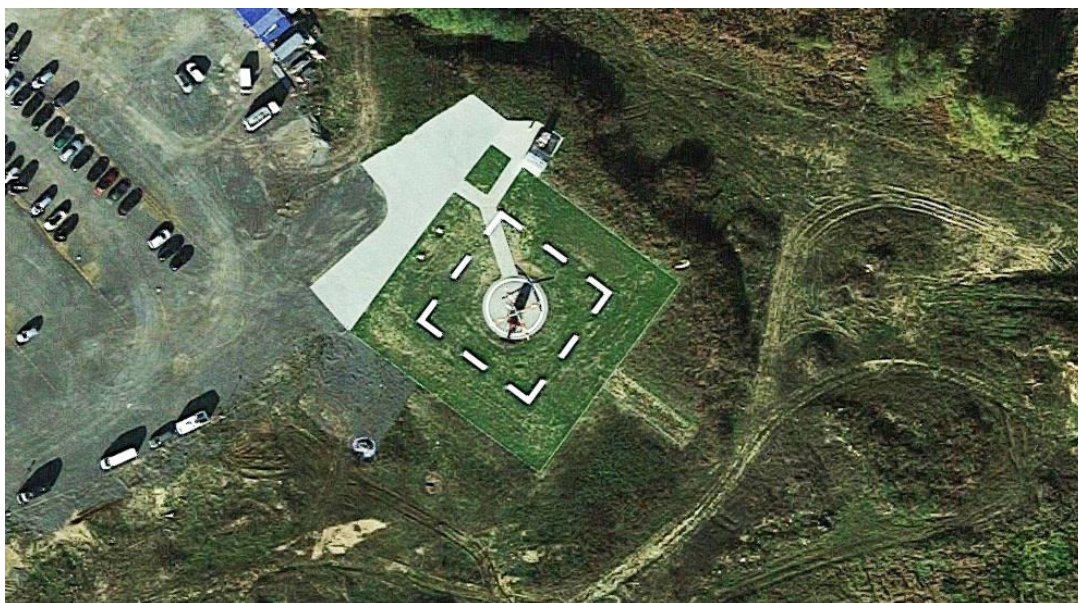


Obrázek 9 Schéma umístění heliportu Rozvadov s vyznačením směru přiblížení/vzletu ([5], upraveno)

Tento heliport byl zvolen právě proto, že umožňuje alespoň provoz podle VFR noc a je soukromý. Pro noční lety za viditelnosti platí přísnější podmínky, což se týká například dohlednosti a oblačnosti. Zároveň letadla provádějící traťové lety musí být vybavena palubním odpovídačem SSR, ať již v módu A a C, nebo v módu S. Heliporty určené pro komerční využití, přepravu VTOL letouny, jak již bylo zmiňováno, by však měly být konstruovány nejlépe pro IFR. Avšak to vyžaduje velké investice do výstavby, případně i odkoupení pozemků. Jedním z řešení tedy může být použití stávajících heliportů. A jelikož tento rozvadovský heliport náleží ke kasinu, které například v době konání pokerových turnajů navštěvují lidé minimálně z různých koutů Evropy, lze předpokládat budoucí zájem o přepravu eVTOL letouny. Ta by dokázala odstranit současné nedostatky pro zahraniční návštěvníky týkající se možnosti dopravy na místo.

3.2 Analýza

Heliport má TLOF kruhového tvaru o průměru 10 m, tato plocha je zpevněná a tvoří ji zámková dlažba. FATO je tvaru čtvercového o rozměrech 26 m x 26 m, plocha konečného přiblížení a vzletu je travnatá a měla by mít zvýšenou únosnost. Stejně jako bezpečnostní plocha, která ji obklopuje a sahá 9 m za vnější okraj FATO a je taktéž tvořena trávou.



Obrázek 10 Heliport Rozvadov ([6], upraveno)

Směr přiblížení a vzletů je stejný v případě VFR den i VFR noc, pro obojí je v platnosti přiblížení ze 307° a vzlet na 127° . Jestliže nastanou podmínky pro létání za VFR noc, je pilotovi umožněno radiově dálkově ovládat světelnou zabezpečovací soustavu na frekvenci 124,260 MHz. Avšak má také možnost zavolat na recepci King's Casino Rozvadov a tak si zajistit potřebnou intenzitu světel.

Pro vybraný heliport je zvolena jedna z neznámějších a nejpoužívanějších analytických metod, tou je SWOT analýza. V této analýze se hodnotí vnitřní a vnější faktory, které ovlivňují oblast zájmu. Porovnávají se silné stránky (Strengths), slabé stránky (Weaknesses), příležitosti (Opportunities) a hrozby (Threats). Důležité je udržet si silné stránky a příležitosti na tyto stránky proměnit, slabé stránky pokud možno potlačit a hrozbám být připraven čelit. Výhodou tohoto neveřejného heliportu je jeho lokalita. Další heliporty umožňující provoz dle VFR noc nejsou z hlediska umístění nakloněny komerční přepravě cestujících. V Chodové Plané je určen především jeho majiteli, v Uherském Hradišti – Mařaticích ho mohou využívat zaměstnanci přílehlé společnosti SYNOT REAL ESTATE, k.s. Heliport v Rozvadově však dokáže přilákat případné zákazníky ze širokého okolí, hráče z celé Evropy.

Mezi silné a slabé stránky patří provoz dle VFR noc. Silné kvůli tomu, že tyto heliporty jsou již vybaveny SZZ. A slabé z toho důvodu, že to není dostačující. V případě použití letouny eVTOL je nezbytné provozovat heliport podporující lety podle IFR. Další slabou stránkou je umístění v oblasti, která, kromě hráčů, nedokáže přivést jiné cestující. Není to žádná dovolenková destinace, ani jinak turisticky zajímavé místo. Proto je tu také

hrozba, že kasino samo o sobě nedokáže přilákat potřebné množství hráčů, kteří by využili leteckou dopravu na místo. Avšak v případě dobré ekonomické situace, kdy bude moci být současný heliport rekonstruován a uzpůsoben provozu za IFR, ho budou moci využívat letouny budoucnosti a přivést tak další návštěvníky pokerových soutěží a her.

Tabulka 3 SWOT analýza heliportu v Rozvadově

Silné stránky	Slabé stránky
<ul style="list-style-type: none"> • schopnost provozu heliportu dle VFR noc 	<ul style="list-style-type: none"> • nemožnost provozu heliportu v případě letů podle IFR
<ul style="list-style-type: none"> • umístění v blízkosti kasina, které využívají i lidé ze zahraničí 	<ul style="list-style-type: none"> • umístění v turisticky nezajímavé oblasti
Příležitosti	Hrozby
<ul style="list-style-type: none"> • možnost využití letouny eVTOL po vhodném dovybavení heliportu 	<ul style="list-style-type: none"> • ekonomická krize, snížení zájmu o návštěvu kasina
<ul style="list-style-type: none"> • možnost rekonstrukce heliportu a jeho vybavení na provoz dle IFR 	<ul style="list-style-type: none"> • přesunutí velkých pokerových turnajů, snížení zájmu o návštěvu kasina

3.3 Transformace na heliport podporující IFR

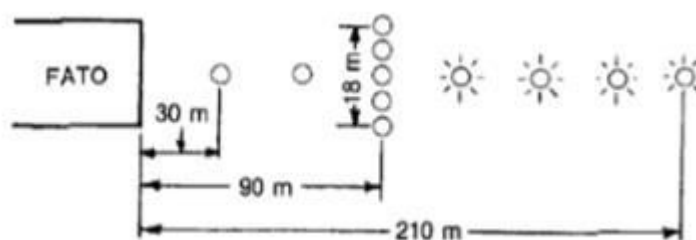
Jelikož provoz heliportu dle VFR den/VFR noc není do budoucna dostačující, jestliže budeme předpokládat s jeho využitím eVTOL letouny. Pak je nutné se zaměřit na to, jak tento heliport upravit, aby bylo možné ho využívat i v méně příznivých podmínkách, nebo-li zajistit provoz dle IFR. V části 2.3 této práce je uvedeno vybavení, kterým by takový heliport měl disponovat. Nicméně vybavení je jen jednou z částí, která musí být řešena.

Tento heliport byl stavěn s ohledem na parametry kritického vrtulníku, jímž je BELL 429. Ten má délku 12,7 m, s průměrem rotoru 10,97 m a MTOW 6400 kg. Na základě těchto parametrů je známo, že heliport mohou využívat i BELL 407 a záchranný W-3A Sokol. V následující tabulce jsou uvedeny vizuální navigační prostředky, kterými je rozvadovský heliport vybaven.

Tabulka 4 Vybavení heliportu v Rozvadově

Vizuální navigační prostředky na heliportu v Rozvadově	
Ukazatelé	ukazatel směru větru (osvětlený)
Značky	poznávací značení heliportu
	obvodové značení FATO
	obvodové značení TLOF
Světelné vybavení	maják heliportu
	zkrácená přibližovací světelná soustava - 5 osových světel
	světelná sestupová soustava APAPI
	soustava návěstidel FATO - 12 bílých světel
	světelná soustava TLOF - 14 zelených světel

Současné značení je dostatečné i pro provoz dle IFR. Avšak je vhodné zřídit značení zaměřovacího bodu umístěného na FATO, které je trojúhelníkového tvaru. Společně s tímto značením se umísťují návěstidla zaměřovacího bodu. Těchto světel musí být alespoň 6. Co se týče světelného vybavení, pak přibližovací světelná soustava bude muset být prodloužena na 210 metrů podle Obrázku 11.



Obrázek 11 Přibližovací světelná soustava [1]

Dalším důležitým prvkem IFR heliportu je předpolí, které se tímto řadí k plochám FATO, TLOF a SA. Umísťuje se za konec plochy konečného přiblížení a vzletu. Šířka by, z důvodu zvýšení bezpečnosti neměla být menší než šířka bezpečnostní plochy. „Každý objekt umístěný v předpolí heliportu, který by mohl ohrozit vrtulníky ve vzduchu, je považován za překážku a musí být odstraněn.“ [1]

Základem pro lety IFR je samozřejmě také samotné vybavení letadel. Tato letadla musí být vybavena radionavigačními zařízeními, palubním odpovídačem SSR a dalšími palubními přístroji.

Nejprve je však nutné stanovit samotný druh přiblížení. Přesné přístrojové přiblížení může zajišťovat systém ILS, v tom případě však musí být samotné letadlo vybaveno odpovídačem pro tento systém. Moderní vrtulníky jsou taktéž schopny využívat ILS. Nevýhodou tohoto systému je vysoká finanční náročnost. Další variantou je nepřesné přístrojové přiblížení PinS, což je přiblížení na bod v prostoru. Jedná se o vedení letadla na vztažný bod, kdy musí být zajištěno následné vizuální manévrování na přistání.

Jestliže je stanovený druh přiblížení, pak je příhodné se zaměřit také na zřízení řízeného vzdušného prostoru kolem heliportu, především z důvodu bezpečnosti. V tomto případě je vhodná takzvaná oblast s povinným rádiovým spojením (RMZ), což je vzdušný prostor, ve kterém musí být letadla vybavena radiostanicí a ve kterém se v daném okamžiku může vyskytovat vždy jen jedno letadlo letící podle pravidel IFR. RMZ je stanovena v části vzdušného prostoru třídy G, pakliže se jedná o lety IFR. Nezbytnou podmínkou je zde nepřetržitě sledování hlasové komunikace letadlo-země. Tento vzdušný prostor se následně vyznačí v AIP ČR. [7]

A jelikož se jedná o řízený vzdušný prostor, musí být zajištěno jeho řízení. Největší složkou vzdušného prostoru České republiky je FIR Praha, který zahrnuje veškerý český vzdušný prostor. Jsou v něm poskytovány letové informační a pohotovostní služby. AFIS (letištní a letová informační služba) se poskytuje všem známým letadlům, které jsou v aktivované RMZ. Stanoviště podává informace o meteorologických podmínkách, času UTC, nebo také podmínkách na ploše. Jelikož je rozvadovský heliport ve třídě G vzdušného prostoru, pak je zřízení AFIS jedinou vhodnou možností. AFIS tedy bude zajišťovat řízení oblasti RMZ, a starat se o přilétající a odlétající letadla.

4 Letadla nové generace – VTOL letouny

Lidé toužili létat již od nepaměti. Začalo to letadly, která byla a jsou lehčí než vzduch – balóny, vzducholodě. Vývoj však pokračoval směrem letadel těžšími než vzduch, a tak se dostalo i na letouny. Letoun je podle definice Leteckého předpisu L 6: „*Letadlo těžší než vzduch s pohonem, vyvozuující vztlak za letu hlavně z aerodynamických sil na plochách, které za daných podmínek letu zůstávají vůči letadlu nepohyblivé.*“ [8]

Letouny potřebují pro svůj provoz dráhu, která může být jak zpevněná, tak nezpevněná. V počátcích letectví, kdy byl prioritou vzlet a udržení letadla ve vzduchu, se na to, odkud letadlo vzlétá a kam bude přistávat, velké nároky nekladly. Jenže s přibývajícímí požadavky na samotné letouny se začaly zvyšovat i požadavky na výstavbu a provoz drah. Pro dopravní letouny jsou tedy přesně stanovené rozměry, značení a například i sklony RWY.

Co když nám však dochází volné prostory vhodné pro přistání a vzlet? Parametry, které musí splňovat, jsou jasně dané. A již vystavěné dráhy a zpevněné plochy určené pro letouny, jsou přeplněné. Jakým směrem se tedy dále ubírat? Řešením může být uvolnění striktních pravidel pro výstavbu nových ploch. Anebo také konstrukce letadel, která nebudou potřebovat tak velké plochy – nekonvenční letouny a vrtulníky. Ty lze podle potřebné délky na přistání a vzlet rozdělit do dvou kategorií. Do první kategorie můžeme zařadit letouny, které potřebují dráhu, ale ne takové délky jako klasické letouny. Nazývají se STOL (Short Take-off and Landing) a jak napovídá název, jedná se o letouny s krátkým vzletem a přistáním. A do té druhé kategorie patří letadla, která vůbec nepotřebují dráhu. Jsou to letadla VTOL (Vertical Take-off and Landing), tedy s vertikálním vzletem a přistáním. [9]

4.1 Technické parametry letounů

Technické parametry letounů VTOL jsou především rozměry a MTOW takových letadel. Mezi další parametry může patřit rovněž dolet, cestovní rychlost a kapacita. Co se týče rozměrů, tak VTOL letouny mohou být různých velikostí. Avšak s nástupem eVTOL letounů, jako jednoho z dopravních prostředků budoucnosti, se očekává, že budou spíše menších rozměrů a MTOW taktéž nebude příliš vysoká. Je to dáno tím, že čím menší je letadlo, tím jsou zpravidla kladeny nižší požadavky na velikost a vybavení letišť, případně heliportů. Velikost letadel by se však neměla zmenšovat na úkor pohodlí, komfort je totiž jedním z kritérií pro výběr daného prostředku.

Další z důležitých parametrů VTOL letounů je dolet, který se odvíjí od mise letounu. Tedy toho, jaká přeprava jimi bude uskutečňována, zda-li v rámci města nebo mezi městy na kratší vzdálenosti, či bude konkurovat business jetům a bude létat na středně dlouhé vzdálenosti. S doletem úzce souvisí i cestovní rychlost, která je napříč plánovanými letouny odlišná. Počet cestujících, pro které je letoun navrhován, se také liší. Kapacita je tedy 1 a více cestujících, na delší vzdálenost to je obvykle 4-5 míst.

Tabulka 5 Parametry eVTOL letounů
[sestavil autor s využitím dat společnosti Zuri a zdrojů 10, 11, 12, 13]

Parametry vybraných eVTOL letounů					
<i>Letadlo</i>	TriFan 600	Zuri	Lilium	Uber	Cora
<i>Dolet [km]</i>	2200	700	300	100	100
<i>Cestovní rychlost [km/h]</i>	550	300	300	240	180
<i>Počet míst pro cestující²</i>	5	4	4	4	1

Z tabulky zvolených eVTOL letounů lze vyzorovat, že jednotlivé parametry se liší, a tedy je každý letoun vhodný na jiné druhy letů. Cora společnosti Kitty Hawk, i letoun od společnosti Uber, má dolet pouze okolo 100 km, plánuje se tedy provoz na krátké vzdálenosti. Jejich typickou misí je tedy převážně mise typu intra-city³. Kdežto u těch ostatních lze plánovat středně dlouhé tratě a jsou vhodné i pro mise inter-city⁴.

Parametry letounů VTOL jsou různé u každého z výrobců, mají totiž jinak vytyčené plány na jejich provoz. V jednom se však neliší, a tím je snaha zakomponovat co nejvíce elektronicky řízených systémů a především také samotný elektrický pohon. Motor je nejdůležitější částí všech motorových letadel. U VTOL letadel budoucnosti nelze použít stávající motory, aniž by se nepodrobily modifikacím. Proto také vývoj těchto letadel není snadný. Správně navržený motor příznivě ovlivňuje již zmíněné parametry. Letadla, která využívají elektrický pohon, se označují eVTOL. eVTOL letadla při svém provozu zaručují nižší hlučnost a také menší znečištění ovzduší. Cílem většiny výrobců je přenechat řízení na autopilotovi, to však z důvodu současné legislativy není možné. eVTOL letadla, která jako první zahájí přepravu cestujících, budou muset být obsluhována pilotem.

² Počet míst pro cestující. = Počet míst vyjma 1 místa pro pilota.

³ intra-city = v rámci města

⁴ inter-city = mezi městy

4.2 Mise letadla

Misí letadla se rozumí, k jakému účelu budou letadla určena, jak budou využívána. Jako u každého druhu dopravy, i zde lze přepravu rozdělit na osobní a nákladní. Přeprava nákladu eVTOL letadly by měla probíhat pomocí multikoptér, hovorově zvaných drony. Je plánováno jejich využití při komerční přepravě zásilek (balíků, jídla), či záchranářských akcích (záchranné balíčky). Výhodou je, že tato letadla se plánují jako bezpilotní již od začátku. Nevýhodou těchto multikoptér pak může být jejich omezená nosnost. V případě osobní přepravy cestujících se ve velké míře uvažuje s použitím klasického letounu s pevným křídlem, který je však zkombinován s koptérou. Důvodem je využití pozitiv obou konstrukcí. Delšího doletu díky křídlu a možnosti absence dráhy díky vertikálnímu vzletu a přistání.

Přepravu cestujících eVTOL letouny lze dále rozdělit na přepravu na kratší vzdálenosti a na delší – mise intra-city, inter-city. V případě přepravy na kratší vzdálenosti by se jednalo o takzvanou UAM (Urban Air Mobility), tedy o leteckou přepravu v rámci města či mezi městy. Tento způsob přepravy by ulehčil přetíženým sítím městské dopravy tak, že bude využívat i jiné, než stávající (pozemní) cesty. Megaměsta, tedy města s více než 10 miliony obyvatel, budou mezi prvními místy na světě, kde je plánováno zavedení provozu eVTOL letadel. Momentálně jich je více než 30 a budou stále přibývat, jelikož trendem je migrace lidí do měst. V roce 2050 by podle nynějších odhadů měli 2/3 všech obyvatel planety žít ve městech. Dalšími městy, která by ocenila zavedení UAM, mohou být taková, u kterých je nevyhovující síť městské dopravy a zároveň dostatek obyvatel, kteří by tuto novinku uvítali. Předpokladem je vyšší rychlost přepravy s přiměřenou cenou, samozřejmě musí být bezpečná a spolehlivá, ale také by měla splňovat návaznost. Konceptem Urban Air Mobility se zabývá například společnost Uber, Airbus a Kitty Hawk.

Naproti tomu existuje mezera v trhu létání na středně dlouhé vzdálenosti, kterou by taktéž mohli zaplnit eVTOL letouny, která by se tak mohla stát konkurencí soukromých business jetů. Misí těchto letadel by tedy nebylo létání v centrech měst, ale spíše z okrajových částí měst kupříkladu k moři nebo z ostrova na ostrov. Jestliže se zaměříme na tu druhou možnost, tedy přepravu z ostrova na ostrov, zjistíme, že možnosti jsou v dnešní době omezené. Přepravit se lze menšími letadly, hydroplány, loděmi, business jety většinou nepřichází v úvahu kvůli absenci dráhy nebo jejímu stavu.

eVTOL letadla však ke svému provozu potřebují pouze rovnou plochu - vertiport, na který jsou kladeny daleko menší požadavky, než je tomu u dráhy. V případě odletů

z měst je hlavní výhodou také ušetřený čas – vyhnutí se dopravním kongescím, zkrácení cesty na letiště, ale i zkrácení doby odbavení a čekání na daný let. A to vše díky vertikálnímu vzletu. Výhodou je taktéž zkrácení cestovní doby a malé požadavky na pozemní infrastrukturu, nevýhodou je nezbytnost existence vhodných míst na přistání podél trasy v případě nouze a výzvou bude konstrukce baterií, které budou moci být použity i na delších letech. Využitím eVTOL letounů na delší trasy se zabývá například česká společnost Zuri, americká XTI Aircraft Company a švýcarská Ray Research AG.

4.2.1 Uber

Uber je americká společnost, která chce se svým Uber Air, jako jedna z prvních, vstoupit na trh Urban Air Mobility. Mimo vizualizace vlastního stroje, má v úmyslu navázat spolupráci i s několika dalšími výrobci eVTOL letadel. Například Pipistrel, Boeing, Bell, či Embraer. V plánu má zatím provoz v USA – Los Angeles, Dallas, a v Austrálii – Melbourne. Objednávka přepravy bude zajišťována pomocí mobilní aplikace, ve které bude i mapa vertiportů - takzvaných Skyports, odkud se bude vzletat a kam se bude přistávat. Jelikož je Uber známý především pro poskytování automobilové přepravy, pak se cestující snadno dostanou z kýženého bodu A do bodu B. Urychlí se tak door-to-door přeprava.



Obrázek 12 Letadlo společnosti Uber [14]

Misí tohoto letadla je přeprava v rámci jednoho města, či mezi dvěma městy. Přičemž se bude jednat o tzv. ridesharing (spolujízdu). Je plánováno využití současných heliportů a budování „skyportů“, které zajistí návaznost na jiné druhy dopravy.

Využití vrtulníků pro takovéto účely by nebylo vhodné. A to z toho důvodu, že eVTOL letouny mají být oproti vrtulníkům bezpečnější, méně hlučné, efektivnější a méně nákladné. Náklady jsou pro Uber prioritou, koncept této společnosti závisí na nízkých cenách za nabízené služby zákazníkům. Podle veřejně dostupných informací by se cena za let neměla lišit od ceny za jízdu, tzn. okolo 0.5 \$ za míli. Tím by společnost mohla dosáhnout toho, že takovéto lety budou významnou součástí městské dopravy.

První model eCRM-001 počítá s využitím rotorů jak pro vertikální vzlet/přistání, tak po následném přestavění u dopředného letu, letadlo má být plně elektrické. Elektrické pohonné jednotky, které jsou v současnosti navrženy a testovány, vykazují lepší vlastnosti, než je tomu u spalovacích motorů. Problémem však jsou baterie, které musí splňovat několik požadavků. Měly by být schopné poskytovat dostatečně vysoké odběrné proudy, mít dostatečnou kapacitu a umožnit rychlonabíjení. Zároveň by měly být dostatečně lehké a levné, s vysokou hustotou energie. Co se týče rychlého nabíjení, tak na základě informací společnosti Uber, by letounu mělo stačit 5 až 7 minut. V porovnání s rychlým nabíjením automobilů, které se pohybuje okolo 30 minut, je to zatím nereálná představa. Avšak ostatní parametry - přibližný dolet 100 km s maximální cestovní rychlostí 240 km/h, to již proveditelné je. Při zavedení služby Uber Air se bude v letounu nacházet 5 míst - 4 pro cestující a další pro pilota. Předpokládá se, že legislativa týkající se bezpilotních systémů bude plně vyřešena až za několik let. Uber očekává plně autonomní provoz v roce 2030. [10]

4.2.2 Zuri

Zuri je česká společnost, která se chce zaměřit na středně dlouhé lety. A stejně jako Uber, i zde je očekáváno autonomní řízení letounu. Se svým maximálním doletem 700 km má však vyšší cíle. A tím je konkurovat současným dopravním prostředkům, které nás přepraví až již na takové vzdálenosti jako letadlo od Zuri, nebo které slouží jako navazující spoje při přepravě na kýžené místo.



Obrázek 13 Letadlo společnosti Zuri [společnost Zuri]

Vzlétat a přistávat se bude na stávající heliporty, či nově vystavěné vertiporty. Výhodou je, že tento letoun má vyšší MTOW oproti letounu od Uber, cestující s sebou tedy budou moci mít větší zavazadla, nejen příruční. Mise letadla je následující – usnadnit a urychlit skupině cestujících (např. rodině) přepravu na vybrané místo. Přičemž tato lokalita je daleko tak, že využití automobilové dopravy nepřichází v úvahu, a přeprava klasickým letounem by byla složitá. Například by byla nutnost přestupovat mezi linkami, nebo dokonce mezi různými druhy dopravy.

Některé vrtulníky sice mají takový dolet, ale jak již bylo zmíněno, eVTOL letouny jsou efektivnější a bezpečnější. Odhadovaná cena letadla se pohybuje mezi jedním a dvěma miliony dolarů, což je mnohem méně, než v případě koupě nového vrtulníku s obdobným doletem. Předpokladem tedy je, že si tento stroj pořídí soukromá osoba pro vlastní účely - cesty za rekreací, za prací. Vyloučeno však není ani to, že si několik letounů pořídí právnická osoba, která bude provozovat přepravu právě těmito letadly. Samotná společnost Zuri do budoucna plánuje provozovat síť letecké přepravy pomocí svých letadel. Objednávání přepravy by tak mohlo fungovat na stejném principu, jako u společnosti Uber, tedy pomocí mobilní aplikace. V tom případě by zřízení nových vertiportů bylo zřejmě nevyhnutelné, jinak by měla dle předpisu postačit plocha o rozloze 27×27 metrů (včetně bezpečnostní plochy).



Obrázek 14 Přistávací plocha pro Zuri letadlo [15]

Letadlo od Zuri nebude plně elektrické, především kvůli vlastnostem současných baterií by to nebylo možné. Elektřinou má být poháněno 8 koaxiálních rotorů, které zajišťují vertikální vzlet a přistání. Dopředný let bude zajišťován tlačnou vrtulí poháněnou turbovrtulovým motorem případně hybridním pohonem. Traťový let by měl probíhat maximálně ve FL 120, tedy v tlakové výšce 12 000 stop, přičemž let je možný i za IMC. To zajistí větší využití letounů, oproti samotnému provozu dle VFR. Let se tedy bude řídit dohlednostními podmínkami a základnou oblačností. Počet míst pro cestující je totožný – 4 + 1, i zde se bere v potaz následný autonomní provoz.

4.3 Důvody postupu cestou VTOL letadel

Letouny s vertikálním vzletem a přistáním jsou novým způsobem, jak se v budoucnu letecky přepravovat v rámci města, popřípadě poskytnou náhradu za business jety létající na středně-dlouhých tratích. Mezi současná VTOL letadla lze zařadit vrtulníky a letouny určené pro vojenské účely. Nespornou výhodou je možný provoz bez dráhového systému. Dráhy jsou drahé na výstavbu a musí splňovat přísná kritéria. Navíc dráhy bývají umístěny na okrajích měst a cesta na letiště může zabrat spoustu času, a to i když nejsou dopravní kongesce. Důležitým prvkem tedy je, že bude možné využívat stávající infrastrukturu - stávající heliporty a případně stávající budovy na výstavbu vertiportů. Pokud bude nutné vybudovat nové plochy pro vzlet a přistání těchto letadel, požadavky na prostory nejsou tak velké, jako na výstavbu dráhy.

Jedná-li se o vrtulníky v rámci urban mobility, pak vrtulníky by bylo možné využít. Ve větších městech jsou využívány soukromníky, kteří si tak krátí cestu, kterou by jinak museli absolvovat pozemními dopravními prostředky. Avšak je tu jedna velká nevýhoda – a ta se skrývá v pohonném systému vrtulníku. V případě poruchy jednomotorového stroje nemá posádka možnost udržet se nadále ve vzduchu a je nucena provést nouzové přistání. Což může být v husté zástavbě komplikované. Proto je velmi často nutné pro lety nad městem provozovat dvoumotorový vrtulník. Kvůli tomuto slabému místu je také nutné provádět časté a důkladné kontroly, což je spojeno s vyššími náklady na údržbu, které jsou dalším důvodem, proč vrtulníky nejsou příliš rozšířeny v oblasti dopravy běžných osob.

VTOL letadla, která jsou navrhována pro budoucí provoz, mají také z tohoto důvodu více nezávislých motorů pohánějících více rotorů. Porucha jednoho tedy nebude znamenat katastrofu. Menší počet pohyblivých částí u elektromotoru (oproti turbovrtulovému motoru) znamená menší náklady na údržbu, jelikož lze říci, že čím je počet pohyblivých částí menší, tím je menší riziko selhání a tím pádem je možné stanovit delší dobu mezi servisními prohlídkami. Další nevýhodou vrtulníků je jejich hlučnost, to omezuje možnosti jejich využití v městském prostředí v širším měřítku a snižuje komfort v kabině. V případě letadel eVTOL je otázka hluku alespoň částečně vyřešena, právě vyšším počtem rotorů, které tak mají nižší plošné zatížení, což koreluje s nižší hladinou vytvářeného hluku. Navíc je elektrický pohon spojen s nízkými emisemi. Další výhodou může být i větší úložný prostor a nižší náklady na pořízení stroje, nebo výše zmíněné náklady na provoz.

Pokud bychom měli porovnat eVTOL letadla s letouny (business jety), pak hlavní výhodou je již zmiňovaná možnost vertikálního vzletu a přistání. Letouny mají sice vyšší cestovní rychlosti, avšak pokud se zaměříme na přepravu z bodu A do bodu B (na vzdálenostech, které jsou schopné uletět oba typy strojů), pak přeprava eVTOL letouny bude v řadě případů rychlejší. Není totiž nutné cestovat z letiště, které se nachází většinou na okraji města, do centra a zpět. Vznikne tedy přímé spojení z místa vzletu do zvolené destinace. Vertiporty přináší největší výhodu.

Z uvedených nevýhod „konkurentů“ eVTOL letounů vyplývá, že tato letadla mají potenciál stát se poptávanými dopravními prostředky, pokud využijí všech svých výhod. Nejlepší volbou je v tomto případě možnost vertikálního vzletu pomocí rotorů a efektivního dopředného letu pomocí křídla. V následující tabulce jsou uvedeny příklady využívaných vrtulníků a letounů pro soukromé účely.

Tabulka 6 Parametry vrtulníků a business jetů [sestavil autor s využitím zdrojů 16, 17, 18, 19]

Porovnání parametrů vrtulníků a business jetů				
	Vrtulníky		Business jety	
<i>Letadlo</i>	Sikorsky S-76C++	Bell 407	Gulfstream G-280	Challenger 300
<i>Dolet [km]</i>	620	550	6670	5750
<i>Cestovní rychlost [km/h]</i>	285	260	890	870
<i>Počet míst pro cestující</i>	6	6	10	9

Vrtulníky jsou zde představiteli dopravních prostředků na krátké vzdálenosti v rámci města, tedy plní misi intra-city. Letoun od společnosti Uber je zvolen jako konkurenční možnost přepravy. Uber disponuje následujícími parametry: dolet 100 km, rychlost 240 km/h a 4 místa pro cestující. Největším rozdílem, v případě porovnání vrtulníků a eVTOL letounu od Uber, je dolet. Pokud se však bude jednat pouze o lety v rámci města, či mezi dvěma většími sousedními městy, pak dolet 100 km je pro společnost Uber a cestující více než dostačující.

Business jety jsou zde uvedeny jako dopravní prostředek umožňující lety na středně dlouhé vzdálenosti, létající inter-city. Jejich alternativou může být letoun od společnosti Zuri s následujícími parametry: dolet 700 km, rychlost 300 km/h a 4 místa pro cestující.

První parametr dolet je u klasických letounů (business jetů) samozřejmě větší, avšak motory jsou mnohem méně ekologické a hlučné. Pokud se zaměříme na misi Zuri letounu, dolet je dostačující. Druhým parametrem je cestovní rychlost, která je taktéž větší, avšak rychlost přepravy je ve skutečnosti menší, protože odpadají časová zdržení při cestě na letiště a z něj. Posledním zmíněným parametrem je počet sedadel, který ani v tomto případě není směrodatný. Většina business jetů totiž není soukromníky využívána v základní konfiguraci, a tak mohou mít i obdobný počet míst pro cestující.

Důvody postupu cestou VTOL letounů jsou ve zkratce následující: časová úspora, možnost přímého spojení, bezpečnost, finanční úspora, nedostatečná síť městské dopravy a nutnost zavedení alternativního způsobu, nižší hlučnost a menší ekologická zátěž při provozu, jedná-li se o VTOL letadlo s elektrickým pohonem.

5 Studie návrhu heliportu nové generace

S vývojem letadel, která nespádají do klasických koncepcí, je nezbytné se zaměřit i na to, odkud taková letadla budou vzlétat, popřípadě kam přistávat. Jak již bylo zmiňováno, v dnešní době, a především v budoucnu, je čím dál tím větší problém nalézt vhodné prostory pro stavbu letiště a potřebné infrastruktury okolo. Možností je tedy použít stávající letiště, avšak tím ztratíme jednu z výhod VTOL letadel. Tou je možnost vzletu a přistání téměř odkudkoliv. Navíc nechceme zdlouhavě cestovat na letiště a čekat v dlouhých frontách při bezpečnostní kontrole, které s tím souvisí a ztrácet tak drahocenný čas. Musíme se vydat jinou cestou. A tou jsou heliporty.

Heliporty jsou v současné době využívány primárně vrtulníky, pro které byly také navrhovány. Letadla „nové generace“ (eVTOL letouny) prozatím nejsou příliš rozšířena, v komerčním provozu nejsou využívána vůbec. Dosud vyrobené prototypy a technologické demonstrátory využívají dráhy a infrastrukturu klasických letišť. Avšak pohlédneme více do budoucnosti a zaměříme se na komerční přepravu cestujících těmito letadly. Samozřejmě, že by bylo nejlepší, pokud by případní cestující mohli jen vyjít na ulici a tam nastoupit do letadla. To však bohužel není reálná varianta, i když takto si lidé mohli dříve představovat přepravu budoucnosti. Je tedy nutné vymezit určitá místa, která budou určena pro letadla budoucnosti VTOL – heliporty nové generace, vertiporty.

Heliporty nové generace můžeme pojmut čistě funkčním návrhem, pokud chceme přilákat cestující, musíme ale myslet i na to, jak a čím je zaujmout. Ať již vzdáleností od navazující dopravy, tak celkovým designem heliportu, dalšími službami a obchody v jeho blízkosti, nebo například rychlostí odbavení a možností vyčkat v saloncích, popřípadě prostory pro děti. Samotný heliport by se pak měl skládat z ploch pro vzlety a přistání, stání, odbavovacích prostor pro cestující, pro eVTOL letouny jsou nutné i dobíjecí stanice, obecně by technické zázemí nemělo chybět. Nesmíme však opomenout ani zaměstnance heliportu a prostory pro ně - zázemí pro posádky, odpočinkové místnosti.

5.1 Budoucí podoba heliportů

Jelikož je oblast eVTOL letounů prudce se rozvíjejícím sektorem, existuje řada společností, které se zabývají návrhem a konstrukcí těchto strojů. V České republice je to například společnost Zuri. Zároveň v této oblasti spatřují obrovský tržní potenciál, a proto se také tento sektor snaží podpořit různými způsoby. Příkladem může být

společnost Uber, která organizuje konference zabývající se těmito letadly a nechala si zpracovat studie týkající se heliportů/vertiportů.

5.1.1 Návrhy heliportů pro společnost Uber

Společnost Uber byla založena v roce 2009. Zaměřovala se tehdy na takzvané jízdy na vyžádání, přepravu cestujících z bodu A do bodu B po objednání služby pomocí mobilní aplikace. Její vývoj pokračuje v různých odvětvích přepravy. Uber Eats se například zabývá rozvozem jídla, Uber Freight pomáhá společností zprostředkovat nákladní přepravu zboží, Uber for Business má zajistit jednodušší dopravu pro společnosti. Uber Health má spolehlivě svézt pacienty k lékaři a Uber Bike zajišťuje pronájem elektrokol. [20]

Avšak nejdůležitější pro nás je, že se společnost snaží o vývoj autonomních technologií – samořídících aut a letadel. Uber Elevate má participovat na budoucí letecké dopravě po městech. Rychlejší každodenní dojíždění, méně dopravních kongescí nebo čistější vzduch, to jsou cíle této společnosti. Chtějí toho dosáhnout sdílenou leteckou dopravou UberAIR, která má fungovat na stejném principu jako přeprava auty Uber, pomocí aplikace. Letouny eVTOL v tomto hrají velkou roli, elektrickým pohonem se dosáhne čistšího vzduchu a VTOL nám umožní přepravu v rámci měst.

Překážkou však je, že na rozdíl od aut letadla nemohou přistávat a vzletat odkudkoliv. Proto si společnost Uber nechala zpracovat návrhy, jak by takové heliporty (Skyports) mohly vypadat. Mezi důležité aspekty patřil požadavek na počet odbavených cestujících za hodinu a také zabraná plocha. Kdy bylo nutné splnit odbavení alespoň 4000 cestujících za jednu hodinu, a plocha neměla přesahovat rozlohu tří hektarů. V současnosti bylo představeno několik návrhů skyportů od následujících společností: Gannett Fleming, Corgan, Boka Powell, The Beck Group, Pickard Chilton a ARUP, Humphreys & Partners Architects, SHoP Architects, Gensler a nakonec Mithun.

Skyports pro Uber Air jsou navrženy tak, aby umožnily bezproblémovou přepravu v rámci měst. Každý koncept je proto projektován tak, aby byla zajištěna návaznost na linky veřejné dopravy. Dále poskytuje parkovací místa a dobíjení pro Uber jízdní kola a skútry. Ale především jsou zde prostory pro snadné spojení s automobilovou službou Uber. Každý návrh je však koncipován odlišným způsobem. Některé jsou čistě funkční se snadnou montáží jednotlivých částí, jiné vytváří místa pro setkávání lidí a poskytují různé možnosti trávení času například v kavárnách, obchodech.

Začneme s návrhem společnosti Gannett Fleming (Obrázek 15). Ten počítá s návazností na různé druhy městské dopravy a je flexibilní. Takovýto skyport je možné postavit na již existující budovy, případně mezi dvojicí budov. Nazývá se PAW („tlapka“) kvůli tomu, že všechny plochy obsluhující VTOL letadla jsou přístupné v rámci jedné úrovně. Výhodou také je, že se tento koncept může rozšiřovat nebo zmenšovat dle potřeby v konkrétní oblasti. Náklady na výstavbu jsou odhadovány na 150 mil. \$. [21]



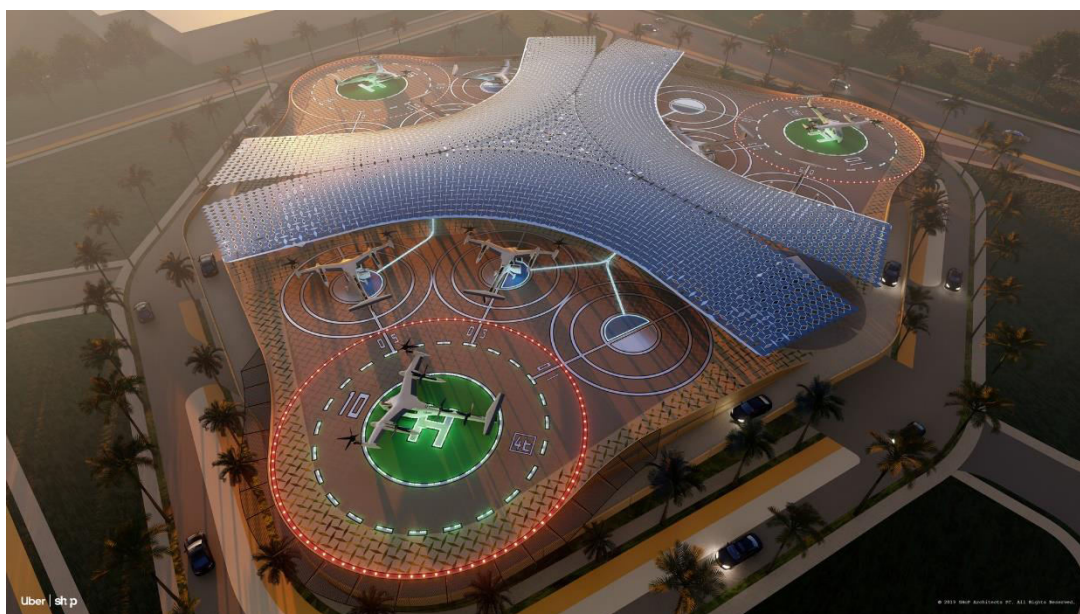
Obrázek 15 Návrh skyportu od Gannett Fleming [21]

Nyní přejdeme k návrhu Boka Powell (obrázek 16). Tento skyport samozřejmě také poskytuje návaznost na ostatní městskou dopravu. Díky vzdušné konstrukci si snadno poradí i se změnami povětrnostních podmínek. Společnost slibuje, že cesta z auta do letounu nebo naopak bude trvat necelé 3 minuty. A to i přes to, že tento návrh je již úrovnový. Cílem společnosti je zajištění propojenosti s přírodou. Děje se tak pomocí tzv. „living walls“, které oddělují budovu od okolního prostředí, a také solárními panelům. Ty získávají elektřinu potřebnou pro napájení eVTOL letadel. Nevýhodou je nemožnost postavit konstrukci na stávající výškové budově a tedy nutnost záboru plochy na zemi pro výstavbu. [22]



Obrázek 16 Návrh skyportu od Boka Powell [22]

Posledním zde uvedeným návrhem je Arc („oblouk“) od společnosti SHoP Architects (Obrázek 17). Tato stavba má již určené místo výstavby, a tím je Los Angeles, kde jsou plánované jedny z prvních operací eVTOL letounů. Střecha je tvořena fotovoltaickými články, které generují energii k zajištění chodu budovy. Skyport má být schopen odbavit 72 letů za hodinu. Je tedy zřejmé, že novější návrhy se nemusí držet požadavku počtu odbavených cestujících za hodinu o min. hodnotě 4000. Staví tedy na reálném provozu. Avšak novějším požadavkem je větší energetická soběstačnost a ohled na životní prostředí. Tato budova umožňuje také dobíjení elektromobilů. [23]



Obrázek 17 Návrh skyportu od SHoP Architects [23]

Všechny tyto návrhy jsou jedinečné, přestože můžeme nalézt shodné znaky. Společnost Uber ví, že stavět rozsáhlé konstrukce, které zaberou velké množství plochy, není tou správnou cestou. U navrhovaných koncepcí můžeme pozorovat, že architekti využili možnosti vertikálního rozšíření a mnozí z nich uzpůsobili své návrhy k tomu, aby bylo možné je postavit na již existující konstrukci. Ať již výškových budovách, tak nad sítí městské dopravy. Dobrou cestou je také generování vlastní elektřiny a používání přírodních zdrojů k odhlučnění a celkovému zpříjemnění pobytu v těchto prostorech.

Další z novějších návrhů jsou uzpůsobeny Los Angeles, Dallas a Melbourne. Uber si bude muset zvolit, jaký design je pro společnost nejvhodnější s ohledem na objem konstrukce, počet odbavených letadel, energetickou náročnost, návaznost na ostatní druhy dopravy, apod. Důležitým aspektem je také samotná cena výstavby konstrukce, která bude jistě vyžadovat vysoké vstupní náklady, stejně jako výroba eVTOL letounů. Zavedení přepravní služby Uber Air je pro společnost, z hlediska nákladů, velmi riziková. I tak v tom spatřuje obrovský potenciál.

5.1.2 Ostatní návrhy heliportů

eVTOL letadla spolu přináší nutnost existence vhodných míst pro vzlet a přistání. Přestože jsou návrhy pro společnost Uber zřejmě nejznámější, nejsou jediné. Existují i jiné společnosti, které se tímto zabývají.

Například německá společnost Volocopter, která se zabývá konceptem eVTOL letadel v rámci urban mobility, se spojila se společností z Velké Británie – Skyports. Skyports tedy navrhuje Volo-Ports (vertiporty pro tato letadla). Tento Volo-Port má být první vertiport pro eVTOL letadla na světě. Již nyní je plánována výstavba prototypu v Singapore, to je totiž první město, kde má být zavedena přeprava těmito letadly. V říjnu 2019 by měl dokonce obsluhovat přílety/odlety letadel Volocopter 2X. Prototyp vertiportu bude tedy plně funkční. Důvodem brzké výstavby jsou také legislativní orgány, které v tomto případě poskytnou zpětnou vazbu ještě předtím, než bude ke schválení předložen finální návrh. [24]

Volo-Ports by podle návrhů mohly být na železničních stanicích, letištích, na střechách budov, ale také na vodě. Ty by vypadaly jako mola, která mají na konci plochu pro vzlet a přistání. Tím, že se nachází na vodě, vzniká možnost využití méně využívaných letových cest přes vodní plochy.



Obrázek 18 Volo-Port [24]

Další společností, která se zabývá vertiporty, je francouzská společnost Groupe ADP. Ta vlastní a provozuje několik letišť v Paříži a spolupracuje například se společností Airbus. Společnost se zabývá návrhy vertiportu s rozdílnými kapacitními možnostmi. Experimentální provoz vertiportu má být spuštěn na jednom z francouzských letišť na konci roku 2020. Úkolem je testování provozu UAM, který by mohl být spuštěn v rámci zahájení letních olympijských her v roce 2024. [25]



Obrázek 19 Vertiport společnosti Groupe ADP [25]

Existují jistě i další společnosti, které se zabývají návrhem a následným provozem vertiportů, avšak více je společností, které se chtějí prosadit pouze se svými eVTOL letadly. Ty pak spoléhají na architekty těchto vertiportů, nebo mají svá vlastní oddělení věnující se této stránce provozu.

5.2 Návrh heliportu nové generace

Při návrhu heliportu (vertiportu) pro eVTOL letadla je potřebné se zaobírat mnoha hledisky. Nejdůležitějším z nich je jeho funkčnost. To znamená, že heliport musí být schopen sloužit svému účelu – umožnit vzlet a přistání. S tím souvisí i bezpečnost. Provozem heliportu by tedy nemělo docházet ke vzniku incidentů, či havárií. To mají na starost právní předpisy týkající se provozu a návrhu heliportů (v budoucnu nejspíše i vertiportů), či samotného provozu letadel.

Dále je důležitý také ohled na životní prostředí. Šíření hluku, vibrací a případných zplodin je nutné snížit na minimum. Toho lze docílit různými opatřeními, především také výběrem správné lokality, správného umístění heliportu. Dalším nezbytným hlediskem je také bezpečnost cestujících během přepravy a zabezpečení heliportu před možnými teroristickými útoky. A v neposlední řadě je nutné vzít v úvahu design celého heliportu, a také náklady na výstavbu a provozní náklady.

5.2.1 Umístění heliportu

Umístění heliportu je geografické, ale také vertikální. Pro rozhodnutí o geografické poloze je nutné si ujasnit misi letadla. Zda budou letadla létat intra-city nebo inter-city. Od toho se pak odvíjí samotné umístění a zabezpečení daného vertiportu. Soukromý vertiport využívaný pro delší lety by například nemusel umožňovat rychlonabíjení a zázemí pro zaměstnance, jelikož nebude nutné.

Pokud je mise letadla známá, tedy zda je letadlo určeno spíše pro mise intra-city či spíše inter-city, je nutné se zaměřit na výběr vhodné lokality. V rámci misí intra-city je vhodné umístění heliportů do velkoměst, kde lze očekávat dostatek zákazníků. Taková místa nalezneme v blízkosti uzlů městské dopravy, ať již hromadné či soukromé, v blízkosti obchodních a kancelářských center, případně oblasti sídlišť. V neposlední řadě nesmíme opomenout na možnou dopravu z již existujících letišť, která se nachází převážně na okrajích měst, do centra města – viz Volocopter. Příhodné umístění heliportů je například právě na střeších kancelářských budov a obchodních centrech, jelikož není nutný zábor dalších pozemků, kterých je v centrech měst nedostatek.

Jestliže se jedná o heliporty určené pro provoz inter-city, při výběru lokality lze uplatnit jiné podmínky. Stejně zůstává umístění v blízkosti potenciálních cestujících, ti však mohou odlétat/přilétat z okrajů měst, kam jsou přepraveni konkurencí specializující se na mise typu intra-city. Z centra měst s menším počtem obyvatel, ale i z osamocené budovy v horách, na ostrově, apod., pokud je zde zajištěna dostatečná poptávka po takovém druhu přepravy - typicky by se mohlo jednat o prázdninové destinace. V obou

případech je však důležité dbát na územní plánování a na letové prostory a trasy dopravních letadel, kterým je potřebné se vyvarovat.

Pokud máme vybranou vhodnou lokalitu, je nutné před samotnou stavbou zvážit umístění z vertikálního hlediska. Heliport může být umístěn na střeše budovy či být na plošině, která je z budovy vysunuta, ale také by mohl být postaven na úrovni země. V případě zvolení umístění heliportu na střeše vznikne řada výhod, ale nesmíme opomenout zvážit i řadu nevýhod.

Mezi hlavní výhody patří využití nevyužívaných ploch budov, přičemž se tak lze dostat přímo do centra města, kde by stavba na úrovni země nebyla v podstatě možná (územní plánování, nutnost záboru pozemku, apod.). Vlastníkům těchto staveb také může plynout zisk z pronájmu, případně může také dojít ke zvýšení tržeb, jestliže se zvýší počet procházejících osob např. obchodním centrem. Nebo může také dojít ke zvýšení ceny nemovitostí, pokud se významně zlepší dopravní obslužnost dané oblasti. Jestliže by se heliport nacházel na výškové budově, pak je zajištěn dostatečný odstup od pozemních překážek, které by mohly nepříznivě ovlivnit vzlet nebo přistání. Větší výška také pomáhá zmírnění šíření hluku letadla po okolí. Avšak největší výhodou je již zmíněná možnost stavby v centru města, v blízkosti ostatních druhů dopravy a největší koncentrace potenciálních zákazníků. Byla by tedy také zajištěna návaznost ostatních druhů dopravy na heliport a z něj.

K největší nevýhodě patří, při umístění v hustě obydlené oblasti, omezení možností nouzového přistání a tím pádem větší riziko při provozu heliportu – viz nehoda vrtulníku na budově Pan Am z roku 1977. Další nevýhodou je pak i negativní efekt na obyvatele nebo zaměstnance v oné budově v podobě možného zvýšeného hluku a vibrací, pokud se nepodaří tuto problematiku uspokojivě vyřešit. Noční lety nemusí být z důvodu nočního klidu vůbec schváleny. Je také nezbytné se zaměřit na okolní budovy a ochranné pásmo. Může se stát, že sousední budovy značně omezí možnosti směru vzletů a přistání. V neposlední řadě se může nevýhoda skrývat i v samotných eVTOL letadlech. Velké budovy spotřebovávají již nyní obrovské množství elektrické energie a nabíjení letadel bude také energeticky náročné. Může tedy hrozit přetížení sítě a v nejhorším případě vyvolat dokonce blackout. V případě požadavku umístění heliportu na již existující budově je nutné provést kontrolu únosnosti a případně provést nezbytné stavební úpravy.

Jestliže známe misi a umístění, pak je dobré se zaměřit na samotnou podobu heliportu, kterou nám ovlivňuje: mise letadla, parametry letadla a především legislativa. V případě znalosti parametrů letadla nám legislativní požadavky pomohou s rozměry

ploch heliportu a také jeho vybavením. Legislativa stanovuje vždy minimální podmínky, které je nutné splnit. Z tohoto důvodu, a z důvodu zvýšení bezpečnosti a efektivity, je příhodné zvětšit rozměry ploch heliportu a instalovat i takové vybavení, které je pouze doporučeno. Vždy však závisí na prostorových a finančních možnostech.

Samozřejmě je vhodné vzít v potaz také odhadovanou vytíženost daného heliportu. Jestliže bude heliport čteně využíván, pak je každé usnadnění a urychlení vzletu/přistání, odbavení vítáno. Pokud však bude využíván jen na občasné lety k moři, nemusí být další investice do budování heliportu výhodné. V následující tabulce jsou uvedeny požadavky, které by měl navrhovaný heliport splňovat. Legislativní požadavky jsou především vázány na bezpečnost, ostatní požadavky spíše na vlastní funkčnost heliportu.

Tabulka 7 Základní požadavky na heliport

Co musí navrhovaný heliport (vertiport) splňovat	
<i>Legislativní požadavky:</i>	• rozměry heliportu
	• vybavení heliportu
	• umístění heliportu
	• hlukové, emisní limity
<i>Ostatní požadavky:</i>	• rychlé odbavení letadla
	• rychlé odbavení cestujících
	• komfort cestujících při čekání
	• vhodné umístění (z hlediska potenciálních cestujících)
	• nabíjení letadel
	• stání letadel
	• technické zázemí
	• design, přitažlivost heliportu

5.2.2 Security heliportu

Důležitým aspektem při návrhu a provozu heliportu je bezpečnost, terorismus patří mezi novodobé hrozby. Je nutné předcházet jakýmkoliv pokusům o zmocnění se letadla, jeho devastaci, zkrátka ohrožení osob na zemi i ve vzduchu. Jelikož většina společností, které se zabývají návrhem eVTOL letadel, předpokládá do budoucna autonomní provoz, je také nutné se zaměřit na ochranu před únosem letadla na dálku. Obecně lze říci, že nepovolané osoby nesmí mít přístup k letadlům. To znamená,

že personál zabezpečující provoz heliportu a odbavení letadel musí být prověřen a kontrolován. Zároveň by přístup k letadlům měl mít co nejužší okruh osob.

Co se týče odbavení cestujících, heliport bude jistě místem s vysokou koncentrací osob a tím pádem vhodným cílem k teroristickému útoku. Z tohoto důvodu by bylo ideální, pokud by již vstup do heliportu byl omezen. Například by nebyl umožněn vstup bez platné letenky a registrace v aplikaci. Tento krok nezajistí stoprocentní bezpečnost, avšak jakékoliv ztížení přístupu je žádoucí. Na druhou stranu by neměl komplikovat vstup, odbavení a přepravu běžných cestujících. Dalším vhodným doplňkem tzv. security systému se jeví kamerový systém s možností rozeznávání obličeje, který by měl být schopen detekovat podezřelé osoby. Před samotným odbavením musí cestující podstoupit vždy bezpečnostní kontrolu.

Pokud má být provoz na heliportu co nejvíce plynulý a odbavení spolu s bezpečnostní kontrolou zabrat co nejméně času, je nutné přijít s jiným typem bezpečnostní kontroly, než jaké známe nyní. Cílem letadel s vertikálním vzletem a přistáním je totiž především rychlejší přeprava s nižšími provozními náklady. Dnešní průběh bezpečnostních kontrol, které sestávají z dlouhých front před samotnou kontrolou a samotné kontroly, kdy je nutné odložit některé druhy oblečení a předložit ke kontrole zavazadlo apod. je z časového hlediska do budoucna pro tento druh přepravy neakceptovatelný. Řešením se může jevit například chodba vedoucí k nástupnímu mostu, v jejíchž stěnách budou instalovány detektory nebezpečných látek a předmětů, spolu s kamerovým systémem. Pokud by došlo k nutnosti nouzového přistání, musí být zajištěno potřebné vybavení na heliportu a kontaktování záchranných složek. Při běžných letech je nezbytná předletová kontrola letadla. Technické zázemí je vhodné v případě výskytu závad i provádění průběžných kontrol. Zajištění bezpečnosti se tedy týká jak letadla, tak cestujících.

Co se týče řídicího softwaru budoucích bezpilotních letadel, tak ten by měl být dostatečně odolný vůči napadení třetími osobami, přičemž bude nezbytná jeho certifikace k tomu určenými autoritami. V zásadě existují dvě možnosti bezpilotního provozu. Prvním případem je let na předem určené místo s možností zásahu do řízení za letu, druhou je pak let bez možnosti zásahu. V tuto chvíli se jeví jako vhodnější provozování letů s možností zásahu do řízení – ať již z důvodu mimořádné situace za letu či například z důvodu změny cílové destinace. Z tohoto důvodu je nutné zajistit šifrovanou komunikaci mezi pozemním řídicím střediskem a letadlem, což vede ke zvýšeným nárokům na software i hardware daného letadla. Prostřednictvím těchto šifrovaných zpráv bude docházet k předávání dat o parametrech letu, případně bude

takto možné let řídit. Takový způsob komunikace se již používá v armádních složkách u bezpilotních letounů (např. datalink Link 16). V každém případě musí být zajištěno automatické přistání letadla v případě poruchy, či jiné nenadálé události.

5.2.3 Prostory pro cestující a jejich odbavení

Zážitek cestujících z cestování letadly eVTOL začíná již při příjezdu na heliport, pokračuje jejich odbavením, samotným letem a končí teprve poté, co dorazí do cílové destinace. Pokud má cestující znovu využít služeb eVTOL letadel, musí být jeho zážitek pozitivní – vše intuitivní, bez zbytečných prodlev a nepříjemných situací. Je však nutné zachovat vysoké standardy bezpečnosti, důležité je tedy sloučit požadavky na bezpečnost s požadavky na komfort.

Na heliportu nesmí chybět prostory pro cestující, kteří čekají na svůj let. Tyto prostory by měly být náležitě vybaveny. Dnešní normou je Wi-Fi pro bezdrátové připojení k internetu, zásuvky pro dobití notebooku či mobilního telefonu, a také možnost zakoupení občerstvení. Nezbytností je sociální zázemí, které by mělo být dimenzováno dle předpokládaného množství pasažérů. Při prvních letech budou také zapotřebí informace poskytované osobou, která poradí neznalým cestujícím. Dalším nezbytným prvkem je prodej letenek spojený s check-inem (odbavením) cestujících, kteří si zakoupí letenku přímo na místě. V tomto případě by měly postačit tzv. samoobslužné kiosky, které známe z mnoha letišť, včetně pražského.

Pokud budeme uvažovat i lety v rámci inter-city na delší vzdálenosti, musíme zvažovat i další doplňkové služby na heliportu. V některých případech by měla být zajištěna i celní kontrola, pokud se jedná o lety mimo EU. Dále je nutné oddělit odletové a příletové prostory pro vnitrostátní a mezinárodní lety, případně i separovat cestující v rámci Schengenského prostoru a ostatních zemí. O security heliportu a s tím spojenou bezpečnostní prohlídkou jsme hovořili v kapitole výše.

5.2.4 Technické a provozní zabezpečení navrhovaného heliportu

Jestliže je zvoleno správné umístění a rozměry ploch heliportu s ohledem na parametry a mise letadel, vyřešeno security a zajištěny prostory pro cestující a jejich odbavení, je nezbytné se zaměřit na technické a provozní zabezpečení heliportu. Jak již bylo zmiňováno, tak se požadavky na vybavení heliportu mohou s ohledem na misi letadel lišit. Pokud budeme uvažovat heliporty pro komerční provoz, pak základem je, aby byl heliport napojen na silniční komunikaci. Pro výstup ze silničního dopravního prostředku jsou potřebná místa pro zastavení či stání. K+R je vhodná varianta v případě omezených prostorů před budovou, další možností je zřízení zastávky mhd,

nebo stavba parkoviště. Heliport by však měl být i snadno přístupný pěším, případně splňovat návaznost na ostatní druhy dopravy. Tím by měl být zajištěn i dostatečný počet cestujících z daného heliportu a jeho dostatečné vytížení, jelikož i heliport a jeho provoz je další položkou v seznamu nákladů na provoz eVTOL letadel.

Zabezpečení zařízení pro odbavení a bezpečnostní kontrolu je možné zvolit obdobně jako na letišti. Nástup cestujících do letadel se však liší. Vzhledem k počtu cestujících, kdy na jeden let nebude připadat více než vyšší jednotky pasažérů a zároveň nebude heliport na většině míst mít velikost byt' jen regionálního letiště, nebude nutné použít pro nástup do letadla transportní autobusy a často ani nástupní mosty. Bude tedy potřebné zajištění jiného způsobu nástupu. Není také možné, aby se cestující samovolně pohybovali po ploše mezi letadly bez jakýchkoliv omezení či poučení o pohybu na ploše. Hrozilo by poškození letadel v případě vandalismu i možného terorismu, ale mohlo by dojít i ke zranění samotných cestujících.

Jedním z možných řešení je, že cestující budou doprovodem z řad personálu zavedeni až k letadlu. Tento způsob však není zcela vhodný, jelikož by zvyšoval množství potřebného personálu k provozu heliportu a tím i provozní náklady. Poté by se letadlo muselo přemístit k TLOF, odkud by vzlétalo. Pokud je vybaveno kolovým podvozkem, pak je to snadné, letadlo by pojíždělo až k prostoru dotyku a odpoutání. Jestliže není, existují futuristické návrhy, které počítají s víceúrovňovou stavbou vertiportu. Nástup cestujících by mohl probíhat v jiném patře než je odlet. Letadlo by tedy bylo výtahem vyzvednuto až na střechu, odkud by vzlétlo. To však vyžaduje vysoké investice do výstavby, provozu, ale i kontrol stavu konstrukce. Výhodou by však bylo úplné zamezení vstupu nepovolaných osob na plochu pro vzlet a přistání letadel, a tím i zvýšení bezpečnosti.

Co se týká samotného provozu heliportu, pak zde nesmí chybět stání pro letadla, kde by bylo umožněno jejich nabíjení (či rychlonabíjení), nebo i výměna baterií. To je spojeno taktéž s úschovou a skladováním baterií, či záložními zdroji elektřiny. Vzhledem k energetické náročnosti dobíjení eVTOL letadel či samostatných výměnných baterií, je nutné dimenzovat elektrickou síť heliportu a přilehlých trafostanic na takto vysokou zátěž.

Pokud heliport nebude využíván jen a pouze elektrickými letadly, ale také hybridními či konvenčními vrtulníky, musí se zajistit také plnění letadel leteckými palivy a mazivy, včetně skladování těchto nebezpečných a hořlavých látek. Což s sebou přináší vysoké požadavky na požární bezpečnost, v první řadě především na zabránění vzniku požáru. Pokud požár přeci jen vznikne, pak je důležité jej co nejdříve detekovat

a eliminovat, aby nedošlo k jeho šíření a tím pádem i větším škodám na majetku i zdraví osob. Ihned po detekci požáru co nejdříve evakuovat personál a pasažéry na heliportu k tomu určenými evakuačními cestami (nutné konzultovat s hasičským sborem) a bez zbytečných prodlev požár hasit. Dalším krokem je uzavření heliportu pro veškerý provoz a dát toto na vědomí letadlům, která na tento heliport směřují a odklonit je na nejbližší vhodný heliport, případně letiště. To nás nutí vybavit heliport něčím podobným jako je radiomaják, který se spustí, jakmile dojde k uzavření heliportu, a bude vysílat signály o jeho uzávěře. Samozřejmě jen v případě, že není na heliportu řídicí provozu a vše je prováděno plně automaticky. Zároveň tak musí být heliport napojen na hasičský záchranný sbor pomocí požárních hlásičů.

Dále je nutné mít na heliportu technické zázemí pro kontrolu a alespoň drobné opravy letadel, spolu se stáním pro nepoužívaná náhradní letadla. Musí být zajištěna průběžná údržba a čištění ploch. Zajištěn také musí být odvod vody z heliportu pro případ srážek. Nezbytné je také zázemí, odpočinkové místnosti pro zaměstnance heliportu a piloty. Důležitým prvkem je také bezbariérovost a koncept „user friendly“ heliportu. Značení cest k příletům, odletům, včetně tabulí a dalších důležitých míst heliportu, nesmí chybět.

Posledním kritickým článkem je řízení leteckého provozu na heliportu a v jeho blízkém okolí. To znamená, že heliport by měl být vybaven ať již aktivním či pasivním systémem, který zajistí přehled o pohybu letadel. Na obzvláště vytížených heliportech je možné uvažovat o řídicí věži a přítomnosti řídicího provozu, avšak na méně vytížených heliportech by toto řešení bylo neefektivní a velmi nákladné. Proto přichází v úvahu koncept tzv. vzdálené řídicí věže, než dojde k plně automatizovanému procesu řízení letového provozu.

Nejdůležitějším prvkem provozního zabezpečení heliportu a také většiny současných letišť je člověk. Avšak dále v budoucnosti je kladen čím dál větší důraz na automatizaci a robotické systémy, to především z důvodu nedostatku vhodných zaměstnanců na trhu práce – v případě výstavby stovky či tisíce nových heliportů po celém světě bude velmi obtížné hledat kvalifikované zaměstnance. Existuje zde také tlak na snížení provozních nákladů, přičemž důležitým faktorem je také minimalizace chybných rozhodnutí, jejichž řetězec může vést až k leteckému incidentu či nehodě.

Proto je při výstavbě nového heliportu nutné dbát na maximální možnou míru automatizace jednotlivých procesů, a v případě kde by to bylo v dnešních podmínkách obtížné či nemožné ať již z hlediska byrokracie či nedostatečných technologií, tak při návrhu alespoň počítat s možností automatizace a návrh tomu přizpůsobit.

6 Závěr

V této bakalářské práci jsme se seznámili s problematikou letadel s vertikálním vzletem a přistáním a jejich požadavky na heliport. V první části jsme se zaměřili na současné legislativní požadavky, které jsou na takovéto heliporty kladeny. Z čeho se heliport skládá a jaký na to má vliv výběru vrtulníku. Byla zde uvedena i ochranná pásma a překážkové plochy, zejména z bezpečnostního hlediska, a taktéž rozdíl od americké legislativy. V části druhé se práce zabývá analýzou jednoho ze současných heliportů a jeho možnému budoucímu využití letouny eVTOL, což by znamenalo přestavbu na heliport podporující provoz dle IFR.

V následující části jsme se zaměřili na samotná letadla s vertikálním vzletem a přistáním. Jsou zde uvedeny příklady několika strojů a jejich parametrů, účel a využití těchto letadel, s užším zaměřením na společnosti Zuri a Uber. Poslední část se týká samotné studie návrhu heliportu pro letadla eVTOL. Jsou zde uvedeny příklady vertiportů, přičemž podstatná část je určena k využívání společností Uber. A nakonec je v práci naznačeno, jak by se mělo postupovat v případě vlastního návrhu heliportu pro letadla nové generace.

Na závěr je nutné zdůraznit, že tato oblast letecké dopravy je nová a nelze tedy spoléhat na stávající požadavky na heliporty určené pro provoz vrtulníků. Jak již bylo v práci zmiňováno, jak vrtulníky, tak eVTOL letadla mají svá specifika. To znamená, že to, co může být vhodné pro vrtulníky, nemusí být vhodné aplikovat na heliporty pro eVTOL letadla. Vertiporty se zabývá řada společností a organizací, prozatím však neexistuje dokument, který by je zkoumal podrobněji (například jako Letecký předpis týkající se letišť a heliportů). Je tedy příhodné počkat, až některá z organizací, jako je FAA, EASA, či ICAO zveřejní aplikovatelný dokument se všemi nařízeními, radami a případně i omezeními.

Seznam použité literatury

- [1] *L 14 H: Heliporty*. In: . MINISTERSTVO DOPRAVY ČR: Úřad pro civilní letectví, 2013, ročník 2018, 11/2013-910-LET/7. Dostupné z: <http://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>
- [2] *AC 150/5390-2C: Heliport Design*. In: . Federal Aviation Administration: FAA, 4/24/2012. Dostupné z: http://https://www.faa.gov/airports/resources/advisory_circulars
- [3] Leverton J. 2012: ICAO „Annex 14 update“ workshop, HAI HeliExpo 2012, 11.-14.02.2012. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/318120834_COMPARISON_OF_DIFFERENT_HELIPORT_SOLUTIONS_FOR_THE_CLINICAL_HOSPITAL_CENTER_IN_OSIEK
- [4] *Heliporty. Letecká informační služba: VFR příručka* [online]. Jeneč: ŘLP ČR, 2019 [cit. 2019-02-05]. Dostupné z: http://lis.rlp.cz/vfrmanual/actual/hel_1_cz.html
- [5] *Databáze letišť: Rozvadov* [online]. In: . [cit. 2019-08-08]. Dostupné z: https://www.aeroweb.cz/obrazky/image/DL2015/DLProfi_Rozvadov_ukazka.pdf
- [6] *Google Maps* [online]. [cit. 2019-08-08]. Dostupné z: <http://google.com/maps>
- [7] *Vzdušný prostor České republiky. Letecká informační služba: VFR příručka* [online]. Jeneč: ŘLP ČR, 2019 [cit. 2019-02-05]. Dostupné z: http://lis.rlp.cz/vfrmanual/actual/enr_1_cz.html
- [8] *L 6: Provoz letadel*. In: . MINISTERSTVO DOPRAVY ČR: Úřad pro civilní letectví, 2012, ročník 2019, 35/2012-220-SP/2. Dostupné z: <http://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>
- [9] *Historie a současnost letectví: VTOL* [online]. [cit. 2019-08-08]. Dostupné z: <http://www.historieletectvi.xf.cz/vtol.htm>
- [10] CleanTechnica. *Uber Elevate: Future Of Air Taxis* [online]. [cit. 2019-08-08]. Dostupné z: <https://cleantechnica.com/2019/02/15/uber-elevate-future-of-air-taxis-3-hours-of-flight-150-mph-4-passengers/>
- [11] *XTI Aircraft: Trifan 600* [online]. [cit. 2019-08-08]. Dostupné z: <http://www.xtiaircraft.com/trifan-600/>
- [12] *Lilium* [online]. [cit. 2019-08-08]. Dostupné z: <https://lilium.com/>
- [13] *EVTOL: Kitty Hawk - Cora* [online]. [cit. 2019-08-08]. Dostupné z: <http://evtol.news/aircraft/kitty-hawk-cora/>
- [14] *Youtube. UBER AIR: The Future of Airborne Travel* [online]. [cit. 2019-08-08]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=mUEj6EnBzks>

- [15] *Helikoptéra + letadlo = Zuri* [online]. [cit. 2019-08-08]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=5Dfs0HZdoec>
- [16] *Globalair: Sikorsky S-76C++* [online]. [cit. 2019-08-08]. Dostupné z: <https://www.globalair.com/aircraft-for-sale/Specifications?specid=728>
- [17] *Flugzeug - info: Bell 407* [online]. [cit. 2019-08-08]. Dostupné z: http://www.flugzeuginfo.net/acdata_php/acdata_407_en.php
- [18] *Atmospherica: Challenger 300* [online]. [cit. 2019-08-08]. Dostupné z: <http://www.atmospherica.aero/flotila/super-midsize-jet/challenger-300/>
- [19] *Globalair: Gulfstream G-280* [online]. [cit. 2019-08-08]. Dostupné z: <https://www.globalair.com/aircraft-for-sale/Specifications?specid=1341>
- [20] Uber. About *Uber* [online]. [cit. 2019-08-08]. Dostupné z: <https://www.uber.com/cs-CZ/about/uber-offerings/>
- [21] Gannett Fleming. *SKYPORT by Gannett Fleming* [online]. [cit. 2019-08-08]. Dostupné z: <http://gannettfleming.com/Projects/2018/05/09/12/37/skyport-by-gannett-fleming>
- [22] Boka Powell. *Uber Elevate "Mega Skyport" Concept* [online]. [cit. 2019-08-08]. Dostupné z: <http://www.bokapowell.com/project/uber-elevate-skyport-concept/>
- [23] *Transport Up: SkyPort Concepts* [online]. [cit. 2019-08-08]. Dostupné z: <https://transportup.com/headlines-breaking-news/uber-elevate-reveals-16-new-skyport-concepts-additional-ground-operations-partners/>
- [24] *Skyports* [online]. [cit. 2019-08-08]. Dostupné z: <https://skyports.net/2019/05/skyports-and-volocopter-join-forces-on-uam-infrastructure-first-air-taxi-volo-port-to-be-built-by-end-of-2019/>
- [25] *AeroBernie: Groupe ADP* [online]. [cit. 2019-08-08]. Dostupné z: <http://www.aerobernie.com/2019/06/groupe-adp-unveils-its-vertiport-model-vtol.html>

Seznam tabulek

Tabulka 1 Vybavení heliportu – ukazatele, značky a značení	21
Tabulka 2 Vybavení heliportu – návěstidla	22
Tabulka 3 SWOT analýza heliportu v Rozvadově.....	29
Tabulka 4 Vybavení heliportu v Rozvadově.....	30
Tabulka 5 Parametry eVTOL letounů	33
Tabulka 6 Parametry vrtulníků a business jetů	39
Tabulka 7 Základní požadavky na heliport	49

Seznam příloh

Příloha č. 1 – Přibližovací plocha pro přesné přístrojové přiblížení

Seznam obrázků

Obrázek 1 Plochy heliportu	14
Obrázek 2 Minimální rozměry ploch heliportu	17
Obrázek 3 Rozevření vzletové/přibližovací plochy.....	18
Obrázek 4 Vzletová plocha pro přesné přístrojové přiblížení	19
Obrázek 5 Překážkové plochy	19
Obrázek 6 Plochy heliportu se značením	23
Obrázek 7 Závislost nadmořské výšky na přidání délce FATO	24
Obrázek 8 Schéma značení heliportu dle FAA	25
Obrázek 9 Schéma umístění heliportu Rozvadov s vyznačením směru přiblížení/vzletu	27
Obrázek 10 Heliport Rozvadov.....	28
Obrázek 11 Přibližovací světelná soustava	30
Obrázek 12 Letadlo společnosti Uber.....	35
Obrázek 13 Letadlo společnosti Zuri	36
Obrázek 14 Přistávací plocha pro Zuri letadlo	37
Obrázek 15 Návrh skyportu od Gannett Fleming.....	43
Obrázek 16 Návrh skyportu od Boka Powell.....	44
Obrázek 17 Návrh skyportu od SHoP Architects	44
Obrázek 18 Volo-Port.....	46
Obrázek 19 Vertiport společnosti Groupe ADP.....	46

Příloha č. 1 – Přibližovací plocha pro přesné
přístrojové přiblížení (zdroj [1])

