

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta dopravní



Jakub Švub

Zásobování odlehlých horských středisek pomocí
bezpilotních prostředků

bakalářská práce

2020

K621Ústav letecké dopravy

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Jakub Švub

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – LED – Letecká doprava

Název tématu (česky): **Zásobování odlehlých horských středisek pomocí
bezpilotních prostředků**

Název tématu (anglicky): Supply of Remote Mountain Resorts Using Unmanned
Vehicles

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte následujícími pokyny:

- Technologické řešení zásobování bezpilotními letadly
- Ekonomická náročnost ve srovnání s běžným způsobem zásobování
- Aplikace na Téryho a Zbojnické chatě ve Vysokých Tatrách
- Srovnání navrženého způsobu zásobování s aktuálně používaným způsobem



- 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: Droneweb: Droneweb Informační portál o světě bezpilotních prostředků. 2018. www.droneweb.cz
www.svetdronu.net
Jakub Karas: 222 tipů a triků pro drony
Jakub Karas: Drony

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jakub Kraus, Ph.D.**
Ing. Stanislav Absolon

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

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



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

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Jakub Švub
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 16. prosince 2019

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této práce. Zvláště pak děkuji Ing. Stanislavovi Absolonovi za odborné vedení a konzultování bakalářské práce a za rady, které mi poskytoval po celou dobu mého studia. Dále bych rád poděkoval vedení firmy Griff Aviation za poskytnutí informací o jejich dronech a provozovatelům Téryho a Zbojnické chaty za sdělení údajů o zásobování jejich chat. V neposlední řadě je mou milou povinností poděkovat svým rodičům a blízkým za morální a materiální podporu, které se mi dostávalo po celou dobu studia.

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní. Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací. 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).

V Praze dne 10.8. 2020

Jakub Švub

Abstrakt

Autor:	Jakub Švub
Název bakalářské práce:	Zásobování odlehlých horských středisek pomocí bezpilotních prostředků
Vedoucí bakalářské práce:	Ing. Stanislav Absolon
Škola:	České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní
Místo a rok vydání:	V Praze, 2020
Klíčová slova:	bezpilotní prostředky, drony, zásobování, hory, ekonomická analýza, Téryho chata, Zbojnická chata, náklady, tržby, zisk

Tato bakalářská práce se zabývá popisem provedení zásobování odlehlých horských středisek pomocí bezpilotní prostředků. Popisuje hlavní legislativní problémy s transportem zboží pomocí dronů a jejich řešení. Práce je aplikována na Téryho a Zbojnické chatě ve Vysokých Tatrách s využitím reálných údajů od provozovatelů chat. Zabývá se technickým provedením zásobování, což obsahuje zmapování terénu, navržení vhodné letové trasy, stanovení parametrů, které musí dron splňovat, výběr vhodného dronu na trhu dle stanovených parametrů. Dále se zabývá ekonomickou analýzou navrženého modelu a poté porovnáním s aktuálním způsobem zásobování.

Abstract

Author:	Jakub Švub
Title of Bachelor's Thesis:	Supplying remote mountain resorts with unmanned aerial vehicles
Thesis Mentor:	Ing. Stanislav Absolon
University:	Czech Technical University in Prague, Faculty of Transportation
Place and Year of Issue:	Prague, 2020
Keywords:	Unmanned Aerial Vehicle, drones, supply, mountains, economic analysis, Téryho cabin, Zbojnická cabin, costs, revenues, profit

This bachelor's thesis addresses the question of supplying remote mountain resorts using unmanned aerial vehicles. It describes main legislative problems with the transport of goods using drones and their solutions. The work is applied to Téry and Zbojnická cabins in the High Tatras using real data from cottage operators. It deals with the technical design of the supply, which includes mapping the terrain, designing a suitable flight route, determining parameters that the drone must meet, selecting a suitable drone on the market according to the set of parameters. It also presents an economic analysis of the proposed model and a comparison with the current method of supply.

Obsah

Úvod	8
Základní pojmy a definice	10
1. Současné možnosti bezpilotních prostředků	12
1.1. Fotografování a natáčení pomocí dronů	12
1.2. Záchrané drony	14
1.3. Výškové práce	15
1.4. Zemědělské drony	15
1.5. Doručovací drony.....	16
2. Technologické provedení zásobování	19
2.1. Popis provedení.....	19
2.2. Řízení dronu	20
2.3. Výběr bezpilotního prostředku	20
2.4. Ekologie a názor společnosti	23
3. Aplikace na Téryho a Zbojnické chatě ve Vysokých Tatrách.....	24
3.1. Umístění dep	24
3.2. Umístění AAT	26
3.3. Popis trasy.....	27
3.4. Informace od provozovatelů chat	32
3.5. Omezení z důvodu počasí	33
3.6. Omezení kvůli bateriím	36
3.7. Bezpečnostní prvky	37
3.8. Scénáře zásobování	37
3.8.1. Scénář I.....	38
3.8.2. Scénář II.....	38
3.8.3. Scénář III.....	38
4. Ekonomika zásobování.....	40
4.1. Zásobování provádí samotní provozovatelé středisek	40

4.1.1.	Pořizovací náklady	40
4.1.2.	Provozní náklady.....	41
4.1.3.	Provozní tržby	42
4.1.4.	Provozní úspora	42
4.1.5.	Doba návratnosti	43
4.2.	Zásobování provádí externí firma	44
4.2.1.	Provozní náklady na akci	45
4.2.2.	Provozní tržby	46
4.2.3.	Provozní zisky	46
4.2.4.	Pořizovací náklady	47
4.2.5.	Doba návratnosti	47
5.	Srovnání nového způsobu doručování s aktuálním	49
	Závěr	53
	Použité zdroje	55
	Seznam obrázků:	58
	Seznam tabulek:	58
	Seznam příloh:.....	58

Úvod

S rostoucím nedostatkem pracovní síly se zvyšuje poptávka po strojní automatizaci. V továrnách se už s roboty ve výrobě setkáváme běžně a tuto robotickou pracovní sílu se nám podařilo dostat i do vzduchu. Bezpilotní prostředky už zdaleka nejsou jen součástí moderních armád, ale čím dál více nachází uplatnění i v běžném životě. Nedávný obrovský rozmach dronů v komerční sféře otevřel dveře mnoha novým možnostem, jak drony efektivně využít. Ty dokáží plnit úkoly, které byly před pár lety nepředstavitelné. Drony zvládnou hasit požáry, rychle zajistit lékařské vybavení, najít pohřešované pod lavinou nebo v troskách budov, natočit akční záběry ze sjezdu na lyžích, snowboardu či horském kole nebo zmapovat terén nepřátel a z obrovské výšky nepozorovaně zneškodnit cíl. Přestože jsou schopny takto složitých misí, na přemísťování zboží se používají jen minimálně. Toto téma bakalářské práce jsem si zvolil sám, protože jsem byl udiven otázkou, jak takový stav mohl nastat? Chtěl jsem se do této problematiky ponořit hlouběji, zjistit proč je využití zatím minimální a navrhnout způsob aplikace bezpilotních prostředků k přepravě zboží.

Po podrobném zkoumání tohoto problému jsem došel k závěru, že technologie předběhla dobu. Využívání bezpilotních prostředků pro mnohé letecké práce brzdí legislativa. Ta totiž říká, že převážet zboží za účelem zisku pomocí bezpilotních prostředků není v Česku ani na Slovensku možné. Touto studií jsem se přesto zabýval hlavně z důvodu, že legislativa se může změnit. Pro změnu je nutné vytvořit poptávku. Proto je třeba se touto možností zabývat a zjistit, zdali to může být pro společnost přínosné.

Cílem této práce je zjistit, zda je technicky možné a ekonomicky výhodné zásobovat odlehlá horská střediska pomocí bezpilotních prostředků. Rozhodl jsem se tuto práci aplikovat na konkrétní chaty ve Vysokých Tatrách. Proto bylo nezbytné zmapovat terén, vytvořit vhodnou letovou trasu, stanovit parametry, které musí dron splňovat, a podle nich na trhu vhodný vybrat. Navrhnout bezpečnostní opatření, které omezí ohrožení na zdraví či majetku. Dále bylo potřeba analyzovat místní meteorologické podmínky a zjistit, jaké omezení mohou přinést. Představit modely, podle kterých bude zásobování prováděno, a vytvořit analýzy, zdali tento způsob zásobování bude ekonomicky výhodný. Jelikož tato práce byla aplikována na Téryho a Zbojnické chatě ve Vysokých Tatrách, bylo možné tyto výsledky porovnat se stávajícím způsobem transportu a vyhodnotit, jaký přínos by mohlo přinést zavedení nového druhu zásobování. Tento model využití dronů v horském prostředí bude možné aplikovat i na jiná střediska – nejen ve Vysokých Tatrách. Práce vychází z reálných dat od provozovatelů Téryho a Zbojnické chaty a výrobce dronů Griff Aviation.

Přínosem této práce je vymyslet a navrhnout reálný koncept nového druhu zásobování odlehlých horských středisek. Zjistit, zdali je vůbec takový koncept proveditelný a jestli přinese nějaké výhody oproti stávajícímu způsobu zásobování.

Základní pojmy a definice

Pro lepší pochopení bych nejdříve vysvětlil několik pojmů použitých v této práci.

Bezpilotní letadlo, (zkratkou UAV z anglického Unmanned Aerial Vehicle) je letadlo schopné létat bez pilota na palubě. Zahrnuje jak malé drony vážící několik desítek gramů, tak 14,5 tuny vážící Global Hawk, což je americký vojenský bezpilotní letoun.

Dron je slangový výraz pro bezpilotní letadlo vycházející z anglického slova drone (trubec).

Bezpilotní letadlo je možné řídit těmito způsoby:

Manuální řízení. Dron je ovládán pouze pomocí ovládacích páček na dálkově řídicí stanici. Veškeré stabilizace jsou vypnuté a všechny odchylky je nutné opravovat zásahem pilota do řízení. Tento typ řízení se používá hlavně pro akrobatické využití. Pro běžné rekreační využití nebo natáčení videa je tento způsob řízení nevhodný a zbytečně náročný. U některých typů bezpilotních letadel není ani tento typ řízení k dispozici.

Poloautomatické řízení. Dron je řízen manuálně, ale automaticky odstraňuje odchylky od zadaného směru letu. Bez automatického odstraňování odchylek by bylo visení s dronem ve vzduchu na místě téměř nemožné.

Automatické řízení. Bezpilotní letadlo provádí let podle připraveného programu, který pilot předem zadal do navigačního systému. Pilot může kdykoliv v průběhu letu program změnit (vynechat body na trati, poslat letadlo zpět) nebo přejít na manuální řízení. Automatický let lze provádět jen v případě, že je k dispozici GPS.

Autonomní řízení. Řízení, které neumožňuje zásah pilota do letu. Letadlo letí podle předem připraveného programu, který pilot předem zadal do navigačního systému, ale na rozdíl od automatického letu pilot nemůže za žádných okolností do letu zasáhnout.

Řízení se dá zjednodušit a vylepšit pro uživatele pomocí užití různých módů letu. Těch existuje mnoho a stále se vytváří nové. Příkladem mohou být třeba módy:

Follow me – Řidič zadá výšku a vzdálenost, ve které dron následuje osobu, která má ovladač.

Home lock – Umožňuje návrat UAV na místo vzletu bez ohledu na to, jak je UAV k pilotovi natočený. Režim se využívá v případě, že je dron od pilota daleko a není možné určit jakým směrem je dron natočený. Po zapnutí módu pilot přesune páku podélného řízení k sobě a UAV se vrací zpět.

Automatický vzlet a přistání – UAV bezpečně vzlétne do zadané výšky nebo z dané výšky přistane na zem bez zásahů pilota do řízení.

Fail safe módy – Tyto režimy se používají v případě selhání řídicího a datového spoje. UAV přechází do Fail safe módu buď automaticky při ztrátě spojení s řízením, nebo na příkaz pilota zapnutím dané funkce. Mezi příklady Fail safe módu patří:

- Return to home – Automatický návrat na místo vzletu.
- Auto Hovering – UAV přejde do visení a poté přistane na zem v místě přerušení spojení.

Bezpilotní systém je systém skládající se z bezpilotního letadla, řídicí stanice a jakéhokoliv dalšího prvku nezbytného k umožnění letu, jako například datového spoje pro řízení a kontrolu.

[1], [2]

1. Současné možnosti bezpilotních prostředků

V této kapitole bych chtěl představit na co se dnes bezpilotní prostředky využívají nebo čeho mohou po technické stránce dosáhnout. Není zde uvedeno veškeré využití, to by mohlo obsáhnout celou bakalářskou práci. Cílem této kapitoly je poukázat na to, jaký mají bezpilotní prostředky potenciál v komerční sféře.

1.1. Fotografování a natáčení pomocí dronů

Nejčastějším příkladem využívání komerčních dronů je pořizování fotografií a videí. Dron dokáže v tomto odvětví vytvořit úplně nové záběry, které by jinak vzniknout nemohly. Dříve se na záběry z ptáčích perspektivy používaly jeřáby, balóny, vrtulníky či letadla, tyto způsoby jsou ovšem dražší a poskytnou pouze limitovaný rozsah záběrů nebo snímky jen z omezené výšky. Nejznámější drony pro natáčení vyrábí firmy DJI a 3DR. Drony těchto firem jsou menší a specializují se hlavně na natáčení akčních záběrů z různých outdoorových aktivit. Drony mohou nést různé typy kamer, nejznámější je kamera typu GoPro Hero, která je schopná pořizovat záběry až ve 4K (4096x2160pixelů) rozlišení. Tyto drony jsou schopny letu v různých automatických módech. Příkladem může být let v módu follow me, kdy majitel stroje na sebe připevní čip – dron ho poté následuje a natáčí. Takhle je možné natočit akční záběry při sjezdu na lyžích na sjezdovce i ve volném terénu, sjezd na divoké vodě, který probíhá v hlubokých kaňonech, kam by se štáb s pozemní natáčecí technikou jen těžko dostal, cyklistické horské sjezdy nebo horolezce na vrcholcích skal. Bepilotní prostředky v tomto odvětví umožnily vznik úplně nového druhu záběrů, a hlavně tyto záběry zpřístupnily široké veřejnosti, protože se drony staly cenově dostupné.

Další možností využití dronů v tomhle odvětví je let po předem naprogramované trase. Tohle je možné použít například pro hlídání objektů. Ostraha věznic, průmyslových areálů a jiných důležitých budov je dnes velice nákladná záležitost. Pracovníky ostrahy by mohly doplnit bezpilotní letouny, které by létaly po předem daných trasách. Oproti lidským zaměstnancům ostrahy disponují hned několika výhodami:

- I. Lepší zorné pole, protože pozorují objekt z výšky.
- II. Nebezpečí od narušitele není vystaven zaměstnanec, ale stroj.
- III. Výkonnost stroje při práci je stále stejná a nehrozí riziko lidského zanedbání nebo chyby. Dron pracuje bez přestání do výměny baterie a poté může hned pokračovat.
- IV. U větších areálů mohou drony nahradit hned několik občůzkových zaměstnanců. Drony by létaly po předem dané trase, tudíž by je nikdo nemusel řídit. Byla by potřeba pouze obsluha, která by v bezpečí vyhodnocovala záběry z kamer dronů

a v případě narušení povolala posily na zásah. Řešila by případné technické selhání strojů.

Z těchto důvodů by ostraha objektů doplněna o drony mohla být efektivnější a vyžadovala by méně pracovní síly, které je dnes v České republice nedostatek. [3]

Velký potenciál u dronů můžeme najít i v monitorování obtížně dostupných míst:

Požáry – boj s požáry, obzvláště s těmi lesními, bývá velice obtížný hlavně z důvodu častých změn směru větru, které ovlivňují šíření požáru. Drony mohou být použity k velice rychlému zjištění situace a informace mohou být posílány hasičům v terénu. Tyto informace mohou hrát klíčovou roli při hašení, obzvláště když se požár blíží k obydlímu území. Díky existenci větších bezpilotních vrtulníků, které mají mnohem větší nosnost, mohou i transportovat vodu a hasit požár.

V období sucha je možné drony využít k monitorování lesů a případnému rychlému objevení a lokalizování požáru. Včasné varování může výrazně snížit škody napáchané požárem.

Příkladem mohou být britské hasičské jednotky, které za poslední dva roky vybavily polovinu svých sborů nejodolnějšími drony značky Skyranger. Žár, kouř, silný vítr, nic z toho není pro dron tak nebezpečné, jako pro hasiče. [22]

Povodně jsou téměř vždy doprovázeny nepříznivým počasím, které velice stěžuje zásah záchranářů pomocí letadel nebo vrtulníků. Některé drony ovšem dokážou operovat i za horších podmínek. Sice ještě nedokážou vyzvednout člověka a odnést ho na bezpečné místo, mohou ale osobě v tísní přinést zásilku s potravinami a první pomocí. Hlavním přínosem v této kategorii by bylo opět monitorování stavu katastrofy, vyhledávání osob v nesnázích a předávání informací koordinátorům záchranných akcí.

Při povodních v severním Texasu rozbourěná řeka obklopila dům a v něm uvěznila rodinu. Záchranáři připevnili lano na dron DJI Inspire 1 a dostali jeden konec rodině v nebezpečí. Pomocí lana pak dokázali všechny v pořádku dostat do bezpečí. [23]

Zemětřesení – Bepilotní prostředky se dají velice dobře využít při monitorování škod napáchaných při zemětřesení. Drony s termokamerou dokážou rychle najít osoby pod troskami a záchranáři jsou poté vysíláni na přesné místo. Především se tím riskování životů záchranářů, kteří jinak musí prohledávat veškerou poškozenou oblast. Také se tím velice zrychlí pátrací akce.

Čínské letectvo již v roce 2016 zveřejnilo, že poprvé využilo drony pro monitorování škod po zemětřesení v oblasti Xinjiang. Dron létal nad oblastí 100 minut a posílal záchranářům přesná data o aktuálních škodách na místě. [24]

Sopečné erupce – Aktivní sopka může i mnoho let chrlit popel, vyzařovat teplo a spoustu chemikálií, aniž by přišla sopečná erupce. V této době je velice nebezpečné pozorovat sopečný kráter z letadla nebo vrtulníku, protože hrozí zanesení motoru popelem a následná havárie. Také motor bezpilotního prostředku se může zanést, nicméně ztráta dronu je přijatelnější, než ztráta lidských životů v podobě posádky letadla či vrtulníku. Bepilotní prostředky vytváří vhodnou alternativu, protože při následné havárii není ohroženo lidské zdraví. Poznatky získané pozorováním kráteru pak mohou pomoci předpovědět čas erupce a zachránit lidské životy díky včasné evakuaci. [4]

Ering Cheng společně s fotografem Ragnar Th. Sigurdsson dokonce dokázali zdokumentovat erupci sopky Bardanbunga na Islandu v roce 2014 z bezprostřední blízkosti. Sami však zůstali od kráteru vzdálení 2 kilometry, a nebyli tak vystaveni přílišnému riziku. [24]

1.2. Záchranné drony

Přední světový výrobce dronů DJI zveřejnil studii, jejímž výsledkem bylo, že bezpilotní prostředky už dokázaly ve spolupráci se záchranáři zachránit minimálně 59 lidí ze života nebezpečných situací. Tento průzkum byl vytvořen z dat pocházejících ze všech světových médií. [5]

Pomocí dronů se podařilo zachraňovat lidi v zaplavených oblastech, v horách či pustých oblastech bez infrastruktury. Drony dokážou přinést záchranný kruh či lano topícím se, nalézt pohřešované v poušti a donést jim vodu, deku a lékařské vybavení. V Austrálii je záchranné složky používají, aby zavčas detekovaly přítomnost žraloků a evakuovaly lidi z moře. Technologie je tam tak vyspělá, že surfaři mohou dostávat varování před žralokem na jejich chytré hodinky. [6]

Alec Moment, inženýr z nizozemské univerzity Delft University of Technology, v roce 2014 představil svůj vlastní záchranářský dron. Jeho dron je určen k zachraňování lidí s akutní zástavou srdce. V těchto případech hraje obrovskou roli čas příchodu pomoci. Průměrná doba příjezdu záchranných složek bývá okolo 10 minut. Jeho dron dokáže dovést na místo nehody uvnitř zóny o rozloze 12 km² defibrilátor a další lékařské vybavení do jedné minuty. Zároveň přenáší hlasovou komunikaci dispečera a video z místa nehody. Dron může letět rychlostí až 100 km/h, dokáže se vyhnout všem dopravním zácpám a dostane se na místa, kde chybí infrastruktura. [7]

Záchranáři horské služby v Krkonoších mají už od roku 2016 profesionální dron, který používají v nepřístupném terénu, v lavínách a tam, kde pátrání po nezvěstných vystavuje záchranáře vlastnímu riziku. Při hledání osob zasypaných pod sněhem záchranáři k dronu připevní lavinový vyhledávač, což je aktivní zařízení, které mívají zodpovědní turisté při pohybu v zimě

ve volném terénu u sebe. Dron pak proletí nad laviništěm a dokáže lokalizovat, kde se osoby nachází. Záchranáři jdou poté přímo na určité místo. Sníží se tím riziko strhnutí další laviny a urychlí proces vyhledávání. Omezením pro použití dronů v těchto operacích je počasí, protože lidé se v horách dostávají do nesnází nejčastěji při nepříznivém počasí. Existují ovšem stroje, které jsou schopné bezpečného letu i při rychlosti větru 20 m/s, což odpovídá sedmdesátikilometrové rychlosti. Větší omezení pro tohle použití přichází od úřadu civilního letectví. Podle zákona musí být dron neustále pod vizuálním kontaktem pilota, a to bývá pro záchranné operace velký problém. [8]

1.3. Výškové práce

Technická kontrola staveb je dnes nedílnou součástí činnosti mnoha stavebních firem. Tyto kontroly ovšem bývají u některých objektů velice nákladné, proto se buď neprovádějí dostatečně často, nebo za ně majitelé utrácejí velké sumy. V případech kontroly objektů jako jsou větrné elektrárny, mosty nebo vysoké komíny si není těžké představit rozdíl v nákladech na let s dronem, kde je s kvalitní kamerou možné odhalit i malinkaté trhliny, a na technika, který nahoru leze buď po rizikové cestě, žebříku nebo je nahoru vyzdvihnut jeřábem. Dnešní drony mohou být vybaveny softwarem, který dokáže například změřit hloubku trhliny, takže mohou být ve výsledku efektivnější než člověk.

Umývání oken výškových budov. Litevská společnost Aeronas představila dron vážící 55 kilogramů, který dokáže umývat okna výškových budov 20krát rychleji než člověk. Je možné ho také využít na čištění lopatek větrných elektráren nebo hašení požárů. Tenhle dron se od jiných dronů liší jednou zásadní věcí – nepotřebuje k letu baterii. Jelikož na umývání a hašení potřebuje přísun vody, kterou není možné nést všechnu, nese hadici s neustálým přísunem. Proto není potřeba instalovat drahou a těžkou baterii, ale podél hadice vést přívodní kabel na napájení. Dosah tohoto dronu je až 350 m. [9]

1.4. Zemědělské drony

Monitorování úrody, škůdců a zvěře – v dnešní době drony pomáhají získávat zemědělcům data o úrodě či škodách napáchaných škůdci nebo požáry. Díky tomu dokážou farmáři dříve analyzovat problémy a lépe se rozhodnout, jak proti nim zakročit. Při sklizení úrody je možné vyslat dron s termokamerou a zjistit, jestli se v poli nenachází nějaká větší zvěř nebo člověk, a případně předejít ztrátám na životech.

Práškování polí – provádění pozemních postřiků pomocí tradiční zemědělské techniky je pomalé, drahé a neoptimální (část úrody je zničena, protože po strojích zůstanou vyjeté koleje). Letecké práškování je přitom v porovnání s použitím zemědělských dronů ekonomicky náročnější. Proto Firma DJI přišla na trh s dronem AgraMG-1S, který s rozměry

147x147x48 centimetrů a váhou pouhých 23,8 kilogramů dokáže nést 10 kilogramů postřiku. Za den dokáže ošetřit 20-45 ha porostu. Tento způsob může vytvořit zlatý střed mezi původními metodami. Obrovskou výhodou stroje je inteligentní řízení. Operátorovi stačí pouze obejít pozemek s řídicí jednotkou. Dron pak sám letí a na celý obsah plochy, kterou operátor obešel, rovnoměrně roznese postřik. Senzory umožňují přesně kopírovat terén i na nerovných polích. [10]

1.5. Doručovací drony

Amazon představil svůj budoucí doručovací systém Amazon Prime air. Nový model dronu bude doručovat zásilky o hmotnosti 2,3 kilogramů, do vzdálenosti 24 kilometrů v časovém limitu 30 minut. Zboží by měl doručit přímo na místo, které si zákazník zvolí. Systém je navržen tak, že dron bude létat autonomně, bude schopný detekovat překážky a vyhnout se jim. Stroj bude schopný létat ve dvou módech. Vzlétat a přistávat bude vertikálně jako vrtulník, trasu však bude překonávat v horizontálním letu jako letadlo. Díky tomu nebude v provozu potřeba přistávací dráha. Tento projekt ovšem zase naráží na několik problémů z pohledu legislativy, které zmíním později. [11] [3]

Firma DHL začala s vývojem doručování zásilek pomocí dronů již v roce 2013. Jejich první projekt zajišťoval přepravu léků ve městě Bonn z jedné strany řeky Rýn na druhou. O rok později pak tato společnost dostala jako první povolení pro provádění pravidelných autonomních letů v Evropě. Vytvořili letecký most mezi pevninským Německem a ostrovem Juist, který je od pobřeží vzdálený 12 km. V Evropě to byl první civilní projekt, kde se létalo s bezpilotním prostředkem mimo vizuální kontakt operátora. To vytvořilo důležitý precedens i pro tuto práci. [3] [21]

V roce 2016 se DHL dala do testování automatizovaného doručování v horském prostředí. Ve městech je sice mnohem vyšší poptávka, ale v horách chybí infrastruktura, a tudíž je tam doručování podstatně dražší. Testování probíhalo od ledna do března v Bavorsku. Systém fungoval s poštovními schránkami umístěných v těsné blízkosti heliportu. Zákazník přišel s balíčkem k heliportu, vložil ho do poštovní schránky, ten byl automaticky přesunut do transportní přepravky a poté okamžitě připevněn k dronu a převezen na místo určení. V průběhu tohoto testování bylo uskutečněno 130 autonomních letů v nadmořské výšce 1200 metrů nad mořem. Každá cesta byla dlouhá 8 km a dron ji zvládl za pouhých 8 minut. Kurýrům tato cesta po silnici obvykle zabere asi 30 minut. [12]

Přestože bezpilotní prostředky dokážou všechny výše zmíněné technicky i softwarově náročné funkce, stále nejsou příliš často využívány k přenášení předmětů z jednoho místa na druhé, zdánlivě banální činnosti. Probíhá sice již zmíněné testování, ale povolení k provádění

zásobování bývá stále udělováno jen ve velmi výjimečných případech. Proč? Poštovní drony se potýkají hned s několika problémy:

Přelet nad cizím pozemkem – kdyby poštovní drony doručovaly zásilky ve městech, křížovaly by tisíce různých pozemků s tisícovkami majitelů. Podle současné legislativy by od všech potřebovaly povolení k přeletu.

Ochrana soukromí – každý dron v dnešní době může nést kameru a natáčet videozáznam toho, co se děje pod ním nebo okolo něj. Proto je pro veřejnost nepřijatelné, aby jim okolo oken, balkónů a nad zahradami létaly stroje, které by mohly monitorovat jejich soukromí. Tato problematika je navíc regulována zákonem o ochraně soukromí, který zakazuje natáčet osoby bez jejich souhlasu.

Bezpečnost – přestože jsou dnešní technologie na velmi vysoké úrovni, získání povolení pro provoz dronu je obtížně dosažitelné z bezpečnostních důvodů, například kvůli možnosti pádu stroje. Pravděpodobnost je sice velmi nízká, ovšem stále tady toto riziko existuje. Přestože je možné na dron připevnit padák, který by se při ztrátě kontroly nad stojem uvolnil a dron by se pomalu snesl k zemi, není podle dnešní legislativy možné létat nad lidmi nebo cizím majetkem bez jejich souhlasu, což by ve městech vedlo ke stejnému problému jako v prvním bodě.

Toto jsou tři hlavní důvody, proč bezpilotní prostředky pošťáky ve městech ještě velmi dlouho nenahradí. Na některých místech se ale dá těmto problémům s doručovacími drony vyhnout. Příkladem je zásobování odlehlých horských středisek, ke kterým nevede komunikace sjízdná ani pro terénní automobily. Tato střediska, nebo také jednotlivé chaty, se nejčastěji nacházejí v národních parcích, kde je jen jeden majitel pozemku. Stačí tedy dohoda o přeletu s jedním vlastníkem. V těchto oblastech smí lidé chodit jen po vyznačených cestách a zásobovací trasu lze mnohdy naplánovat tak, aby nekřížovala turistický chodník; případně mohou drony létat nad lidmi jen na přesně určených místech. Ta místa budou označena, aby se na nich lidé zbytečně nezdržovali. Toto je odpověď na značnou část problémů vznesených v bodech dva a tři. Když navíc porovnáme náklady na rozvoz balíků a pošty pomocí kurýra ve městě se zásobováním horských chat pomocí nosičů nebo vrtulníku, je jasné, kde může tento nový způsob doručování udělat průlom. Situace je podobná jako v případě DHL, kde se doručovací dron pohyboval nad mořem. Pokud povolení k pravidelnému létání mohlo získat DHL, není vyloučené získat povolení i v tomto případě.

V dnešní době již není problém najít na trhu drony, které jsou schopné unést 10, nebo i 50 kg zátěže. Proto je třeba zjistit, jestli zásobování odlehlých horských středisek a chat nebude výhodnější za pomoci těchto strojů. Po celém světě se i dnes nachází chaty, ke kterým nevedou komunikace pro automobily a jsou stále zásobovány buď pomocí nosičů,

nebo vrtulníkem. Nosiči mají velmi nízkou efektivitu, a tím pádem vysoké provozní náklady, vrtulník zase vysoké pořizovací náklady a vyžaduje kvalifikovanou posádku. V případě zásobování pomocí vrtulníku je potřeba přepravit naráz velké množství nákladu, nejlépe zásoby na celý rok (aby se tento způsob dopravy příliš neprodražoval), a to není u zásobování turistických chat vždy žádoucí. Zásobování pomocí dronů by mohlo vytvořit zlatý střed mezi těmito dvěma způsoby. [13]

2. Technologické provedení zásobování

V následující kapitole se pokusím představit teoretické provedení zásobování odlehlých horských středisek pomocí bezpilotních prostředků. Studie byla vytvořena na základě sběru dat z dostupné literatury, internetových zdrojů, informací získaných od provozovatelů Téryho a Zbojnické chaty ve Vysokých Tatrách, informací získaných pomocí e-mailové komunikace s výrobcem dronu GRIFT 135 a také implementace vlastních návrhů řešení.

2.1. Popis provedení

Tyto chaty se často nacházejí na vysokých štítech hor, přičemž nejbližší cesta přístupná pro automobily bývá hluboko pod nimi. Dronu proto velmi často stačí překonat krátkou dráhu s velkým převýšením, na rozdíl od nosiče, který musí jít po klikaté cestě plné serpentýn a překonává stejné nebo vyšší převýšení plus několikanásobně delší dráhu. Pro provedení je potřeba vytvořit 2 depa:

- **Startovací depo** musí být poblíž komunikace, kam se zásoby dovezou pomocí jiných dopravních prostředků. Rovněž je potřeba, aby byl poblíž k dispozici zdroj elektřiny na nabíjení baterií pro drony. Nejlépe nějaká jiná chata. V zákoně je dáno, že bezpilotní prostředky mohou startovat ve vzdálenosti 100 metrů od obydlí.
- **Cílové depo** se bude nacházet 100 metrů od cílové chaty. Nejlépe ve stejné výšce, aby obsluha už nemusela nosit náklad do kopce. [14]

Na obsluhu budou potřeba tři zaměstnanci. Dva se budou nacházet u spodního depa, třetí u horního. První bude mít na starost před startem dronu naplnit transportní box zbožím, které je potřeba přepravit nahoru. Druhý zaměstnanec připevní box k dronu a odstartuje ho. Poté sleduje průběh letu na tabletu. Mezitím jde první zaměstnanec naplnit další box a přiveze ho i se zbožím z chaty do startovacího depa. Jakmile dron přistane v cílovém depu, třetí zaměstnanec odpojí box, dá signál pomocí vysílačky druhému, že může odstartovat dron a jde zboží z boxu převézt do chaty. Po přiletu dronu do startovacího depa, první zaměstnanec vymění baterii za plně nabitou. Tím bude ukončeno první kolo a všechny úkony se začnou opakovat. Jediný rozdíl je, že od druhého kola třetí zaměstnanec nahoře odpojí plný box a připojí prázdný a první zaměstnanec po výměně baterie cestou do chaty pro zboží vezme i vybitou baterii a dá ji do chaty nabíjet.

2.2. Řízení dronu

Na začátku práce jsem uvedl rozdělení dronů dle druhu řízení a jejich definice.

Nejjednodušší možnost je **manuální řízení**. Ta má ovšem hned několik nevýhod. Řídit UAV vzdálený stovky metrů je skoro nemožné. Manuálně řízený dron nebude dodržovat neoptimálnější trasu letu, kterou by autopilot bezpilotního prostředku zachovával jen s nepatrnými odchylkami. To se projeví větší spotřebou energií.

Autonomní let také není vhodná varianta, protože mohou nastat případy ohrožení, kdy je potřeba, aby obsluha depa mohla do řízení zasáhnout a převzít ho.

Automatický let je ideální možností. Předem se nadefinuje trasa, která bude energeticky nejvýhodnější a zároveň povede v koridoru, kde bude platit zákaz pohybu osob, případně bude křížovat chodník v určených místech. Nebudou se zde nacházet žádné překážky, do kterých by dron mohl narazit. Trasa se bude neustále opakovat. V případě potřeby bude moci obsluha dep převzít kontrolu nad řízením a bude moci rozhodnout, zda pokračovat v cestě, otočit se a letět zpět nebo okamžitě přistát. Obsluha sice nebude mít dron na dohled, ale bude mít k dispozici tablet s výstupem z kamery připevněné ke dronu. Jelikož trasa dronu povede kolem vysokého hřebenu, mohlo by se stát, že obsluha ztratí data o letu. Proto bude na hřebenu nainstalován AAT, což je zkratka pro Automatic Antena Tracker. AAT je směrová anténa, která se automaticky otáčí tak, aby byla neustále schopná přijímat data od zdroje. Takové antény mají rozměry pár desítek centimetrů, a když se vhodně umístí na vyvýšený bod, umožní přijímat data po celou dobu letu. Tyto data tedy budou posílána do startovacího depa, kde bude obsluha kontrolovat průběh letu. To zaručí, že data o letu budou k dispozici po celou dobu přepravy. Jak přesně AAT funguje není obsahem této práce a nebude to dále rozváděno. Přesnou polohu zařízení zmíním v kapitole 3.3. Umístění AAT. [15]

2.3. Výběr bezpilotního prostředku

Vybraný stroj bude muset splňovat hned několik požadavků:

Nosnost – dron musí být schopen unést co nejtěžší náklad. Zákazníci platí za hmotnost zásilky, která je dopravena na chatu. Dron s větší nosností tedy bude výdělečnější.

Dostatečná kapacita baterie – je nezbytné, aby dron na jedno nabití baterie doletěl tam i zpět. Cesta sice nebude dlouhá, ale počítá s velkým převýšením.

Odolnost – v horách fouká silný vítr, teploty pravidelně klesají k minus dvaceti stupňům celsia, vyskytují se zde mlhy i deště. Není nutné, aby byl dron schopen létat 24 h denně, 7 dní v týdnu. Když bude počasí opravdu nepříznivé, létat se nemusí; je však třeba, aby byl dron teoreticky schopen létat aspoň 75 % dní v roce.

Druh pohonu – u bezpilotních prostředků existují dva nejběžnější druhy pohonů:

- Spalovací motor – výdrž dronů se spalovacím motorem je limitována velikostí nádrže. Pokud se palivo spálí, stačí nakrátko zastavit, natankovat a stroj je připraven k dalšímu letu. Je to podstatně rychlejší než nabíjení baterie. Zároveň dosahují delších doletů a vyšších hodnot užitečného zatížení. Pokud jde o nevýhody, spalovací motor je podstatně hlučnější, což může v národních parcích představovat značný problém. Mezi další nevýhody patří složitější údržba, znečištění ovzduší spalováním paliva a dostupnost na trhu. Výrobci se soustředí více na drony s elektrickým pohonem.
- Elektromotor – je výrazně tišší, levnější a nevypouští žádné zplodiny. Všechny tyto aspekty jsou velice důležité, protože stroj činí vhodnějším k provozu v přírodě. Možnosti výkonu sice nejsou tak vysoké, na trhu je však možné najít dostatečně silné stroje s elektromotorem. Delší dobu přípravy na let spojenou s nabíjením baterií odstraníme nákupem více náhradních baterií, tím pádem po přiletu do spodního depa dojde k výměně baterie, která je dokonce rychlejší než čerpání paliva. [16]

Druh vzletu – v horách není možné stavět dlouhé přistávací dráhy, proto je při výběru dronu neodmyslitelnou podmínkou kolmý vzlet.

Dle zvolených parametrů mi pro tuhle práci přišel nejvhodnější stroj Griff 135 od firmy Griffaviation, a to hlavně z těchto důvodů:

- Vysoká nosnost. Čím více nákladu může dron naráz přepravit, tím nižší budou provozní náklady.
- Možnost létat i když je okolní teplota pod bodem mrazu.
- Odolnost vůči silnému větru.

Výrobce dronu jsem kontaktoval a obdržel od něj informace potřebné pro tuto práci.

GRIFT 135

Griff 135 od firmy Griffaviation je schopen nést až 50kilogramovou zásilku a letět s ní rychlostí 60 km/h. S 30kilogramovou zátěží vydrží letět 30-40 minut.

Vlastnosti:

- užitečné zatížení: až 75 kilogramů
- výdrž baterie: 30-40 minut s 30 kilogramovým nákladem
- rychlost letu: 60 km/h
- operační teplota: +40 stupňů celsia až -30 stupňů celsia

- odolnost vůči větru: je schopen bezpečného letu s nákladem, pokud rychlost větru nepřekročí 15 m/s
- doba nabití baterie: 1 hodina
- spotřeba elektrické energie při plném nabití baterie: 20 kWh
- rozměry dronu: 226 x 241 x 47 cm

Pořizovací cena je 225 000 €, což odpovídá 6 075 000 Kč (při kurzu 1 € = 27 Kč)

V ceně je zahrnuto:

- dron Griff 135
- nabíječka
- 1 set baterií (baterie pro uskutečnění dvou letů)
- tablet nebo pozemní řídicí stanice
- RC controller
- transportní box o rozměrech: 250 x 250 cm [17]



Obrázek 1 - Dron Griff 135 (zdroj: <https://www.facebook.com/pg/griffaviation/posts/>)

2.4. Ekologie a názor společnosti

Bezpilotní prostředky létají nejčastěji na elektromotor, je ovšem možné potkat i alternativní variantu se spalovacím pohonem. Pro tuto práci jsem vybral stroje na elektromotor, protože produkují méně hluku, nevypouští emise do ovzduší a elektřina je dnešní společností brána jako zelená energie, neboť se dá vyrobit z obnovitelných zdrojů. Let bude probíhat v automatickém módu bez vizuálního kontaktu s pilotem, proto není na překážku provádět zásobování v noci, kdy je výrazně nižší pravděpodobnost letu nad osobami. Přestože elektromotory jsou samy o sobě tiché, rotace vrtulí pohybujících se v tisících otáčkách za minutu představují zdroj hluku. Drony však většinu letu absolvují ve výšce přesahující 100 metrů nad povrchem, hluk tudíž nebude pro lidi tak výrazný.

Pokud jde o rušení zvěře, není bohužel možné se mu zcela vyhnout. Dá se však zredukovat vyšší letovou výškou nebo tichými vrtulemi. Trasu je možné naplánovat tak, aby se dron vyhnul rozsáhlým loukám, pastvinám nebo lesům; stroje mohou stoupat po co nejkratší dráze vzhůru nad ostrými skalami a štíty, kde se nepředpokládá velké množství zvěře. Zásah do života místní fauny však jistě nastane. V září roku 2019 prolétl internetovým zpravodajstvím článek, že se kamzík zřítil ze skály kvůli dronu. Tento případ se stal, protože turista s dronem natáčel stádo kamzíků a snažil se k nim dostat co nejbližší, aby měl nejlepší záběry. Stádo se dalo na útěk a pilot dronu kamzíky pronásledoval, dokud se kamzík nezřítil z útesu. Takový případ ovšem při zásobování považuji za velice nepravděpodobný. Drony sice budou létat nad zvěří, ale budou podstatně výš a nebudou nikoho pronásledovat. Navíc půjde o větší dron, který bude vydávat silnější zvuk a zvěř ho uslyší dostatečně brzo, aby mohla ustoupit do bezpečí, a ke splašeným úprkům nebo štvanicím rozhodně docházet nebude. Navíc se bude jednat o pravidelný, opakující se zvuk ve stejné lokalitě, na který si zvěř brzo přivykne stejně jako například na hluk lanovky.

Může se stát, že veřejnost bude vnímat negativně skutečnost, že jim v jejich oblíbeném národním parku budou létat nad hlavou drony. Tato skutečnost však může být přirovnána k letu vrtulníků, které jsou částí společnosti vnímány spíše jako atrakce než rušivý element.

3. Aplikace na Téryho a Zbojnické chatě ve Vysokých Tatrách

V této kapitole popíšu teoretické provedení zásobování odlehlých horských středisek pomocí bezpilotních prostředků. Aplikuji ho na Téryho a Zbojnickou chatu ve Vysokých Tatrách. Budu vycházet z informací získaných od provozovatelů Téryho a Zbojnické chaty, dat získaných z turistických map, internetových zdrojů a implementace vlastních nápadů.

3.1. Umístění dep

Umístění depa pro startování a přistávání bezpilotních prostředků musí podle dnešní legislativy splňovat tyto parametry:

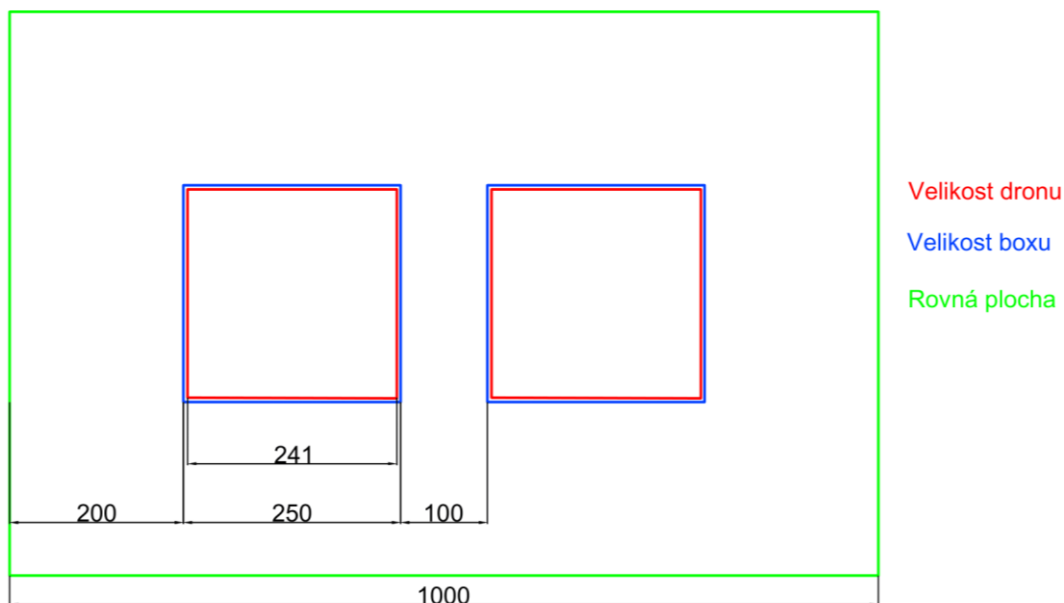
- vzdálenost od osob: 50 m
- vzdálenost od staveb: 100 m
- vzdálenost od obydleného území :150 m [14]

Pro start, přistání, výměnu transportních boxů a baterií bude potřeba vytvořit depo, které bude mít podobu rovné plochy bez jakýchkoliv překážek. Mělo by mít kapacitu pro objekty následujících rozměrů:

- dron: 226 x 241 x 47 cm
- transportní box: 250 x 250 cm

Na tuto plochu bude potřeba umístit vedle sebe 2 boxy. S jedním boxem dron přistane a zůstane na něm stát. Vedle boxu, se kterým dron přistál, bude ležet druhý box, připravený pro transport. Obsluha vymění baterii. Box, který je k dronu připevněn pomocí lan přes karabinu, odpojí a rovnou k němu připojí druhý připravený box. V tu chvíli bude dron připraven k odletu, obsluha odstoupí a dron bude startovat.

Schéma dep je možné vidět na obrázku č. 2



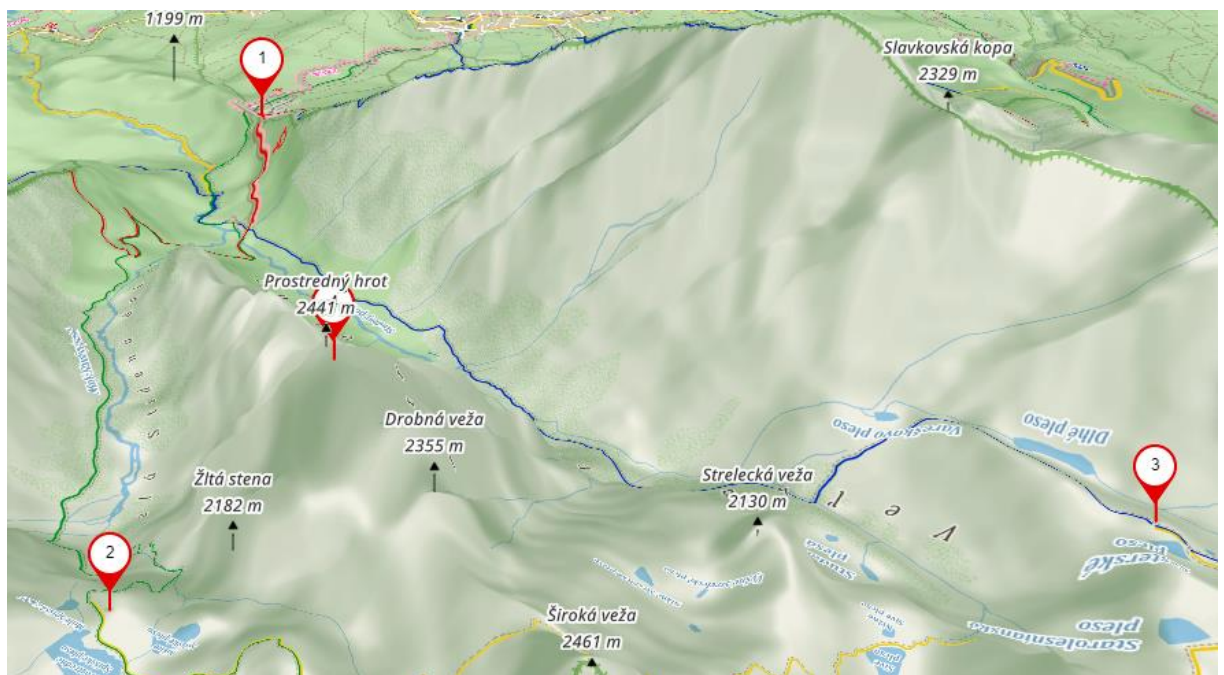
Obrázek 2 - Schéma plochy pro depa (zdroj: autor)

Bezpečnostní odstupy od boxů budou vždy 50 cm do všech směrů. Mezera mezi nimi tedy bude dohromady činit 100 cm. Celková rovná plocha depa bude o rozměrech 1000 x 650 cm.

Dále bude potřeba, aby v okruhu 10 metrů od středu depa nebyly žádné vysoké překážky. To naštěstí nepředstavuje problém, protože spodní depo by mohlo být umístěno na bývalé lyžařské sjezdovce 100 m od chaty Hrebienok a cílová depo se nachází v nadmořské výšce okolo 2 000 m. n. m., kde už vysoký porost neroste. Aby mohlo být depo umístěno na bývalé sjezdovce a zároveň splňovalo podmínku 100 metrů od chaty, bude muset být umístěno ve výšce 1311 metrů nad mořem. Depo u Téryho chaty bych umístil na skalnatou plošinu 100 m vzdálenou od chaty směrem k Nižnému Spišskému plesu. Cílové depo u Zbojnické chaty bych umístil 100 m východně na skalnatou plošinu, protože je zde terén s téměř zanedbatelným převýšením. [14] [17]

3.2. Umístění AAT

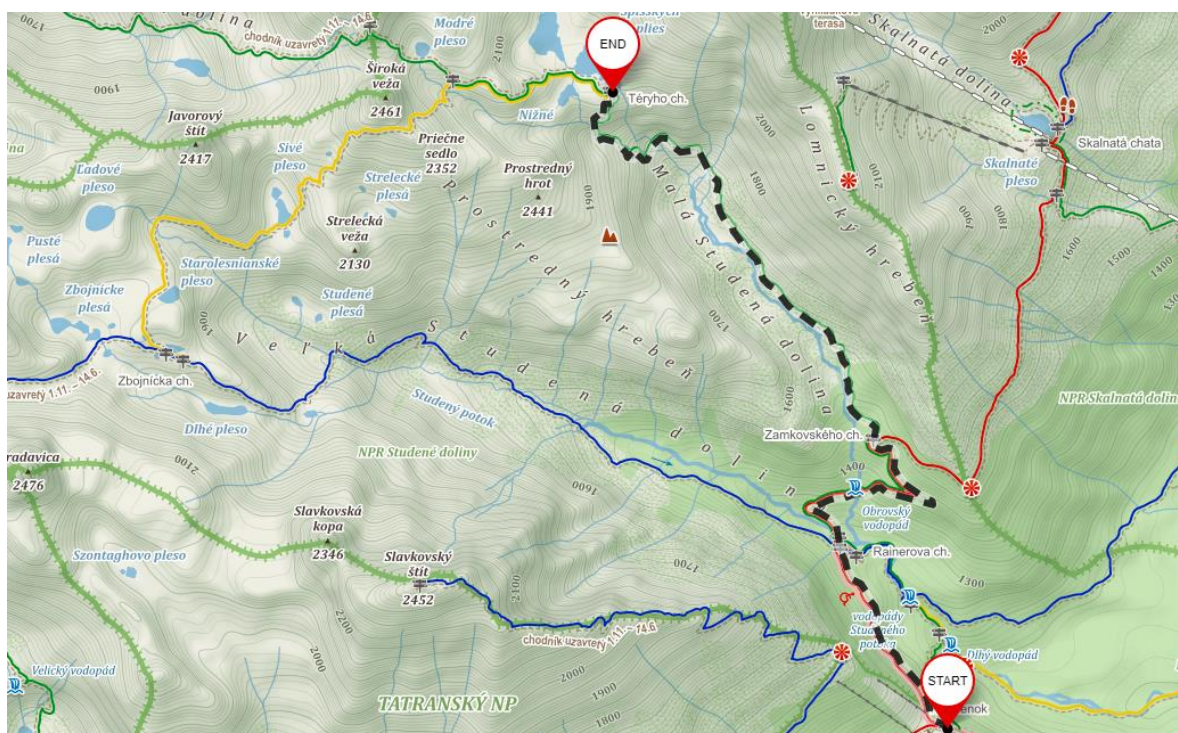
Z portálu www.mapy.cz je možné získat 3D model Vysokých Tater. Na obrázku číslo tři můžeme vidět výstřižek oblasti, ve které se bude létat. V bodě číslo 1 se nachází startovní depo. Bod č. 2 označuje Téryho chatu a bod č. 3 Zbojnickou chatu. Uprostřed leží poslední bod na vrcholu Prostředný hrot. Tam bych umístil AAT, který bude umožňovat datový tok mezi řídicí stanicí a dronem. Popis fungování AAT je v kapitole 2.2 Řízení dronu.



Obrázek 3 - Umístění AAT (zdroj: www.mapy.cz, vlastní úprava)

3.3. Popis trasy

Ve východní části Tatranského národního parku asi 18 kilometrů severně od města Poprad se nachází Téryho a Zbojnická chata, kam zásoby dodnes vynášejí nosiči a ve výjimečných případech i vrtulník. Nejbližší bod, ke kterému vede asfaltová silnice a zároveň je napojen na elektrickou síť je Hrebienok. Ten se nachází ve výšce 1285 metrů nad mořem. Z něho vede ještě 1,3 km dlouhá zpevněná cesta na Rainerovu chatu. Od Rainerovi chaty vede úzká strmá turistická cesta dlouhá 4,8 kilometru s převýšením více než 704 metrů na Téryho chatu, která leží ve výšce 2005 m. n. m.



Obrázek 4 - Mapa trasy nosiče z Hrebienoku na Téryho chatu (zdroj: www.mapy.cz, vlastní úprava)

Na obrázku č.4 lze vidět trasu nosiče z Hrebienoku na Téryho chatu. Celá trasa měří 6100 metrů a překonává převýšení 748 metrů. Zdatný nosič s 50 kilogramy nákladu na zádech může tuto trasu urazit za 3 hodiny. Zbojnickou chatu lze nalézt na stejném obrázku vlevo na křižovatce žluté a modré turistické značky. Zásobování téhle chaty probíhá téměř totožně akorát nosiči chodí po modré turistické značce Velkou studenou dolinou. Leží ve výšce 1960 m. n. m.

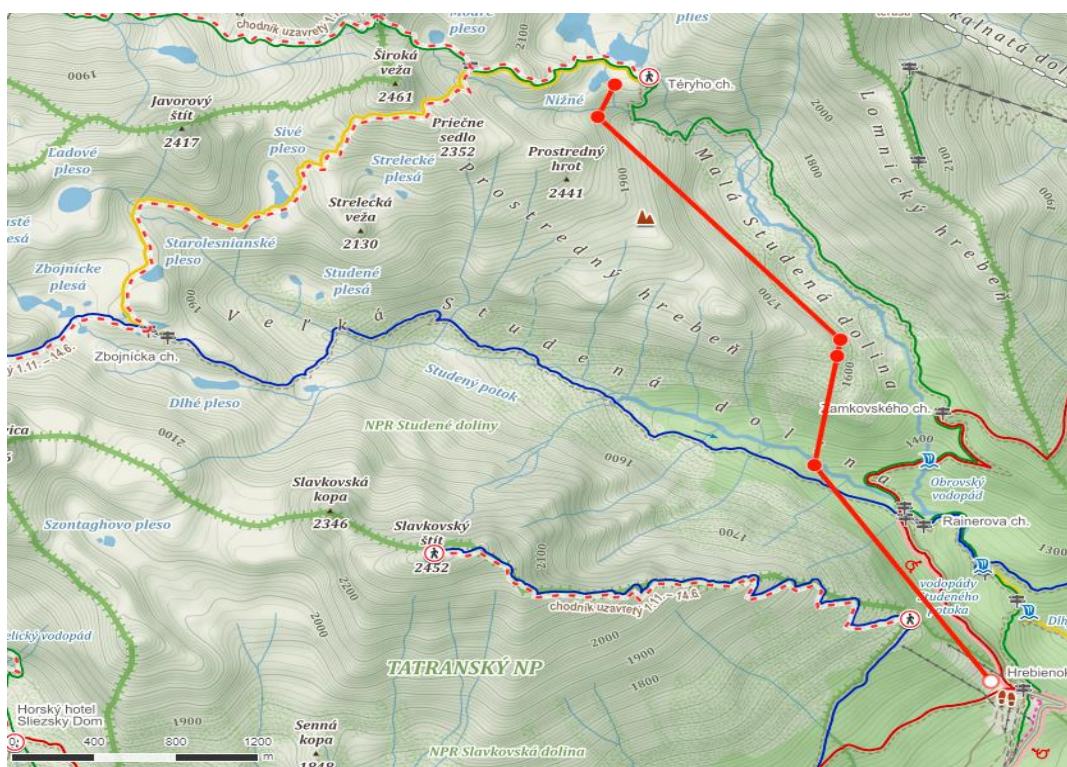
Na obrázku č. 5 můžeme spatřit výškový profil turistické trasy, po které nosiči provádí zásobování. Cestou nahoru vystoupají 791 metrů, dolů sejdou 68 metrů. Výškový profil trasy dronu bude velice podobný. Ušetří se pár výškových metrů klesání, nicméně dron vynese zboží do vyšší nadmořské výšky, než je cíl. Bude muset vylétnout do výšky 2030 m. n. m. a poté nad přistávacím depem klesnout k zemi.



Obrázek 5 - Výškový profil turistické trasy Hřebienok-Téryho chata (zdroj: www.mapy.cz, vlastní úprava)

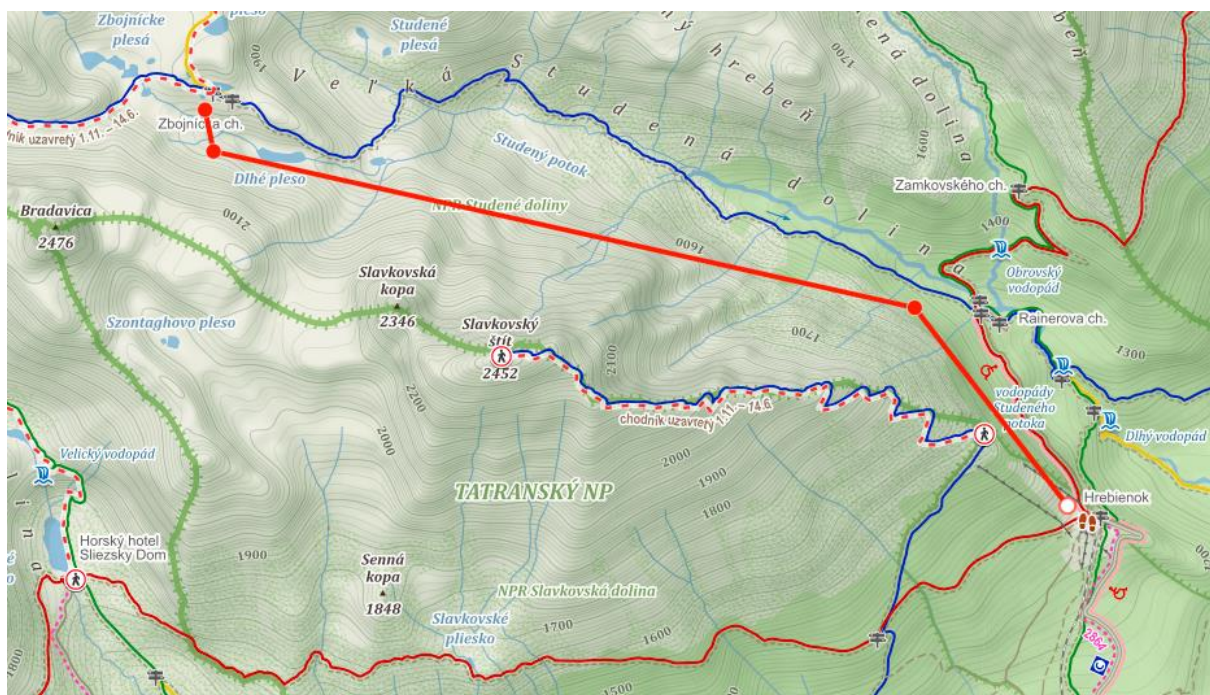
Letět po přímce ze spodního do horního depa nelze ani u jedné chaty. V obou případech tomu brání horský masiv. Druhou možností je nejdříve vystoupat do cílové výšky a poté letět po přímce vpřed. To by bylo zbytečně delší a časově náročnější. Proto jsem navrhl trasy zásobování viz obrázky č. 6 a 7.

Při startu dron vystoupá 50 metrů vzhůru, aby byl dostatečně vysoko nad terénem a nemusel se vyhýbat překážkám. Poté bude pokračovat po červeně vyznačené trase (viz obrázek 6) dle kurzu 325°. Po 1500 metrech překříží Studený potok. Zde dron změni kurz na 10° a poletí 624 m, aby se vyhnul vysokému hřebenu, kterému dominuje Prostředný hrot s výškou 2441 m. n. m. Dále pokračuje pod kurzem 317° úsekem o délce 1732 m, poté se stočí prudce doprava a pod kurzem 24° se přiblíží k depu a přistane. Po celou dobu letu se bude dron pohybovat směrem vzhůru a zároveň bude konat dopředný pohyb podle určené trasy.



Obrázek 6 - Trasa zásobování Teryho chaty (zdroj: www.mapy.cz, vlastní úprava)

Trasa na Zbojnickou chatu bude podobná, akorát před Studeným potokem zahne doleva a bude kopírovat modrou turistickou značku. V tomto případě dokonce trasa nebude křížovat žádný turistický chodník. Viz obrázek č. 7.



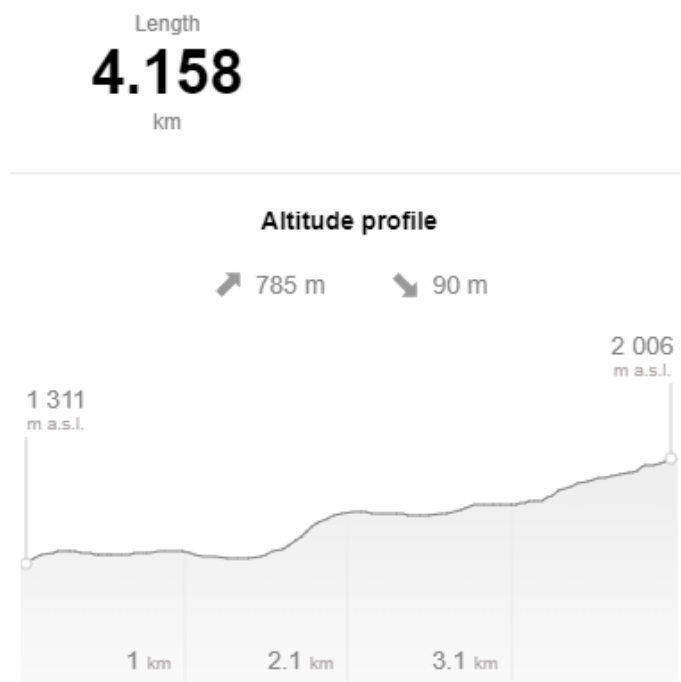
Obrázek 7 - Trasa Hrebienok-Zbojnická chata (zdroj: www.mapy.cz, vlastní úprava)

Délka celé trasy z Hrebienoku na Téryho chatu je podle zdroje www.mapy.cz 4,158 km a na Zbojnickou chatu 4,860 km. Dron bude muset ještě vystoupat 724 výškových metrů. Jelikož bude konat pohyb vzhůru a dopředu zároveň, tak pomocí Pythagorovy věty snadno spočítáme délku tras. Když k výsledku přičteme 50 metrů při startu a 25 m při přistání, vyjde nám celková délka tras 4 295 metrů pro zásobování Téryho chaty a 4 988 m pro zásobování Zbojnické chaty.

Doručovací dron může letět rychlostí 16,6 metrů za sekundu (60 km/h). Touto rychlostí by urazil trasu na Téryho chatu za 254 sekund. Dle výrobce dron dokáže stoupat s nákladem rychlostí 2 m/s. Potřebných 724 metrů vystoupá za 362 sekund. Jelikož se bude dron pohybovat ve směru vzhůru i dopředu naráz, není potřeba aby letěl plnou rychlostí, protože by nestihl vystoupat do potřebné výšky. Proto bude stačit, aby se dron pohyboval dopředu rychlostí 12,5 metrů za sekundu (přibližně 45 km/h). Touto rychlostí celou trasu urazí za 361 sekund. Dobu letu vzhůru proto zaokrouhlím na 400 sekund.

Kritický bod této trasy je překonání Prostředního hřebenu, který nastává po 2 130 metrech letu. Tento bod je ve výšce 1656 metrů nad mořem. Dron bude na místě po 164 sekundách letu. Za tu dobu vystoupá 340 výškových metrů plus 50 metrů po startu. V tomto kritickém

bodě tedy bude ve výšce 1690 m. n. m. Z toho vyplývá že i v tomto místě bude dron 34 metrů nad terénem.



Obrázek 8 - Výškový profil terénu trasy Hrebienok-Teryho chata (zdroj: www.mapy.cz, vlastní úprava)

Výměna transportních boxů by neměla zabrat déle než 60 sekund. Výrobce mi sice nesdělil, jakým způsobem je transportní box připevňován k dronu, ale nabízí úpravu dronu přesně na míru podle přání zákazníka. Transportní box bude k dronu připevněn přes karabiny, které se snadno a rychle odpojí. Po odpojení a připevnění nového boxu dá obsluha vysílačkou signál, že je dron připraven k odletu a stroj se dá na cestu dolů. Do přiletu dalšího dronu má obsluha čas odvozit zboží z boxu pomocí manipulačního vozíku do chaty. Pokud bude dron odvážet odpadky, je možné generovat zisk i cestou dolů. Další úkol obsluhy horního depa bude box případně naplnit odpadem k snosu dolů.

Cestou zpět bude dron výrazně klesat, jeho rychlost tudíž může být maximálních 60 km/h. Dole obsluha vymění baterii a připevní k dronu nový, plný transportní box.

Trasa na Zbojnickou chatu je delší o 600 metrů. Časově limitující je doba vystoupaní potřebné výšky, která je velice podobná, proto bude stačit zvýšit rychlost letu vpřed na hodnotu 13,8 m/s a dron bude v cíli opět za 362 sekund. Proto bude celková doba okruhu pro obě chaty stejná.

[18]

Celková doba letu jednoho okruhu:

Tabulka 1 Doba okruhu jednoho letu (zdroj: autor)

Start a vzlet do 50 m	25 s
Let po trase nahoru	400 s
Přistání	20 s
Výměna transportních boxů	60 s
Start v horním depu a vzlet do 30 m	15 s
Let po trase dolů	300 s
Přistání	20 s
Výměna baterie a transportních boxů	60 s
Celkový čas	900 s (15 minut)

Jeden okruh dron zvládne za 15 minut. Celková doba letu činí 13 minut. Dvě minuty jsou časová rezerva na výměnu baterií a transportních boxů. Je velice pravděpodobné že výměna boxu v horním depu bude rychlejší a s každým letem tak bude vznikat časová rezerva pro neočekávané zdržení. Stejně tak cesta nahoru bude trvat 362 sekund, ale je počítáno s 400 sekundami.

Pokud by trasy dronu nevedly po dráze navržené na obrázcích č. 4 a č. 5, ale po nejkratších přímkách z Hrebienoku na chaty, dron by musel nejdřív letět 752 metrů vzhůru a poté 3852 metrů po přímce v případě Téryho chaty a 4526 metrů po přímce k Zbojnické chatě. Celá trasa vychází na 4602 a 5 288 metrů. To je sice jen zanedbatelně delší, ale časový rozdíl zanedbatelný není, protože dron nekoná oba pohyby zároveň. Pouhé stoupání o délce 750 metrů vzhůru při rychlosti 2 m/s trvá 375 sekund, následný let po přímce i při maximální rychlosti zabere 270 sekund. Celková doba letu nahoru by tedy byla 645 sekund, zatímco při letu po navržené trase a současných pohybech vzhůru i dopředu je možné trasu uletět za 362 sekund.

3.4. Informace od provozovatelů chat

Provozovatelé obou chat byli ochotní a poskytli mi pro tuto práci potřebné údaje o aktuálním zásobování chat. Jelikož uvedli cenu v eurech, ale v této práci se počítá s korunami, bude při každém přepočtu počítán kurz 1 euro = 27 Kč, protože je to průměrná hodnota eura v období od roku 2013 do roku 2020 podle ČNB.

Na Téryho chatu je ročně vyneseno 100 tun zásob. Majitelé platí 0,70 eura za kilogram zboží. Jedna chata tak ročně zaplatí 70 000 euro za zásobování, což je 1 890 000 Kč. Na Zbojnickou chatu přinesou nosiči 25 tun zásob ročně za stejnou cenu. Proto provozovatelé zaplatí za toto

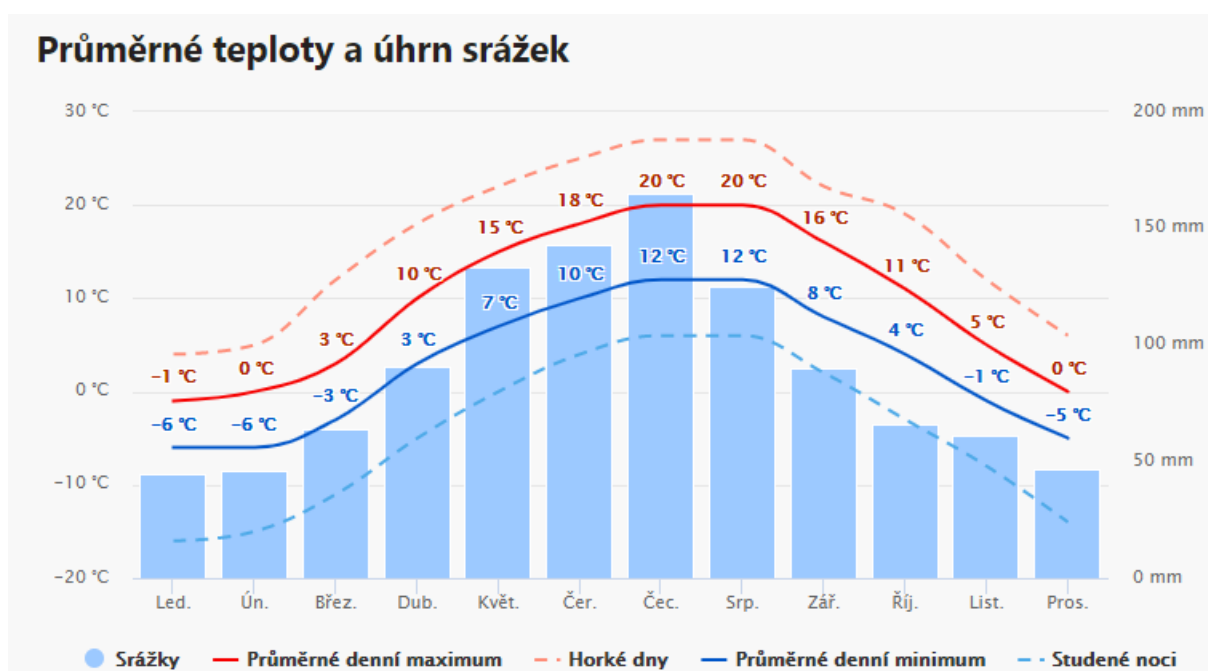
zásobování 472 500 Kč. Dohromady obě chaty potřebují 125 tun zásob, za které ročně zaplatí 2 362 500 Kč. [19]

3.5. Omezení z důvodu počasí

Na internetových stránkách www.meteoblue.com jsem našel meteorologické diagramy vycházející z hodinových simulací modelů počasí za posledních 30 let. Tyto diagramy tedy ukazují průměrné hodnoty jednotlivých meteorologických jevů za posledních 30 let v oblasti Dolný Smokovec ve Vysokých Tatrách. Tato vesnice je položena 884 metrů nad mořem a nachází se 4,7 kilometru daleko od Hrebienoku, spodního depa pro zásobování. Za normálních podmínek teplota vzduchu klesá s rostoucí výškou zhruba o 0,65 °C na každých 100 m. Cílové chaty jsou o 1 120 metrů výše, proto tam pod vlivem vyšší nadmořské výšky bude teplota minimálně o $12 \times 0,65 = 7,8$ °C nižší.

Teplota

Operační teplota, je rozmezí teplot, kdy je možné stroj Griff 135 bezpečně používat, je výrobcem stanovena na tyto hodnoty: 40 °C až -30 °C.



Obrázek 9 - Diagram průměrných teplotních maxim a minim (zdroj: <https://www.meteoblue.com/cs/po%C4%8Das%C3%AD/historyclimate/climatemodelled/vysok%C3%A9-tatry-slovensko-723119>)

Z grafu lze vyčíst hned několik údajů o průměrných teplotách ve Vysokých Tatrách. Můžeme vidět, že v zimních měsících průměrné denní minimum klesá k hodnotě -6 °C. Když k tomu připočteme -8 °C, o které teplota klesne, když vystoupáme na Téryho chatu,

tak nám vyjde průměrné denní minimum -14°C . Při studených nocích klesá teplota v lednu až na -17°C , což odpovídá -25°C nahoře. Dron Griff 135, má limit bezpečného používání -30°C , tudíž ze statistických údajů z posledních 30 let lze říci, že i při extrémně chladných lednových nocí by bylo možné provádět zásobování.

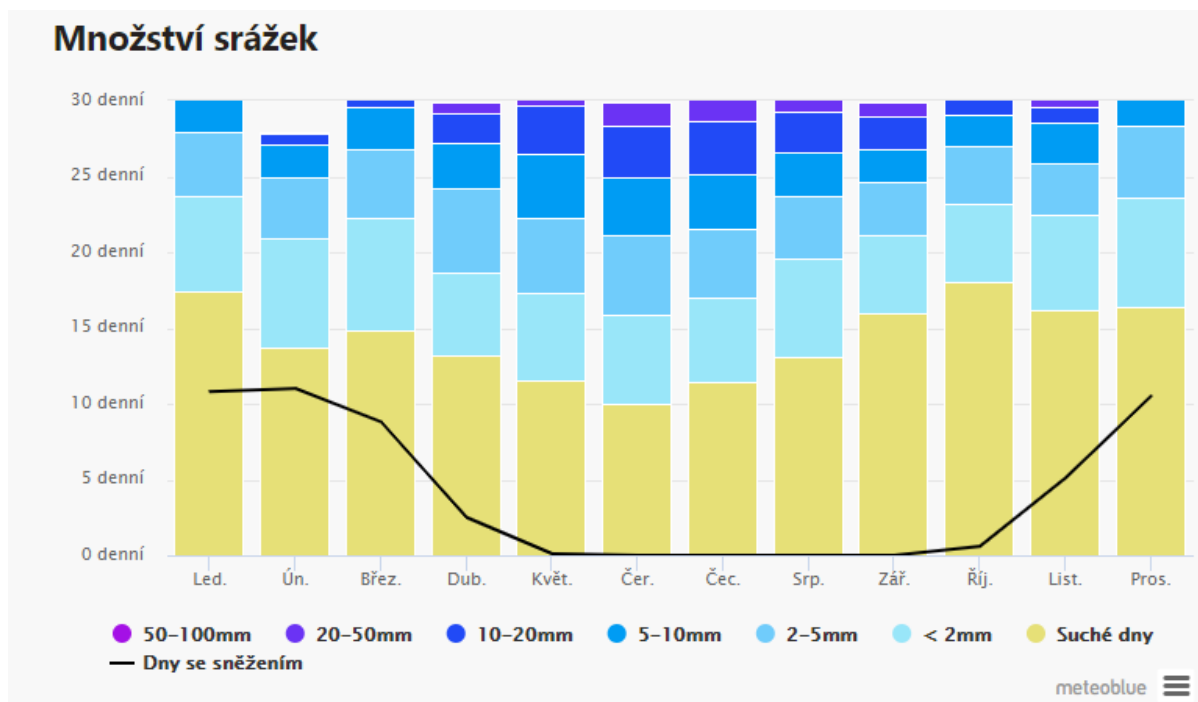
V červenci v době nejteplejších dní dosahují teploty v podhůří 28°C . Když opět započítáme výškový rozdíl a odečteme 8°C , tak vypočítáme, že na chatách bývá 20°C . V průběhu zásobování se dron bude zahřívat i na vyšší teploty, nicméně cestou dolů bude létat rychlostí 60 km/h , což ho bude výrazně ohlazovat. Limit strojů je 40°C , proto lze říci, že horní hranice operační teploty nebude ovlivňovat provoz našeho zásobování.

Celkově lze předpokládat, že v extrémně studených zimních nocích i v době horkých letních dní bude z hlediska teplot možné zásobovat. Pokud by však v zimě nastaly ještě extrémnější teploty, je možné pracovat přes den kdy jsou o 12°C vyšší, v létě naopak v noci, kdy jsou teploty nižší.

Graf vyjadřuje rovněž množství srážek za rok. To bude okomentováno v následující podkapitole. [20]

Děšť

Drony od firmy Griffaviation mají voděodolné motory a jsou schopné létat i za deště. Nicméně let bude energeticky náročnější a se silným deštěm nebo bouřkou by si dron neporadil. Zásobování je tedy možné provádět pouze za mírného mrholení.



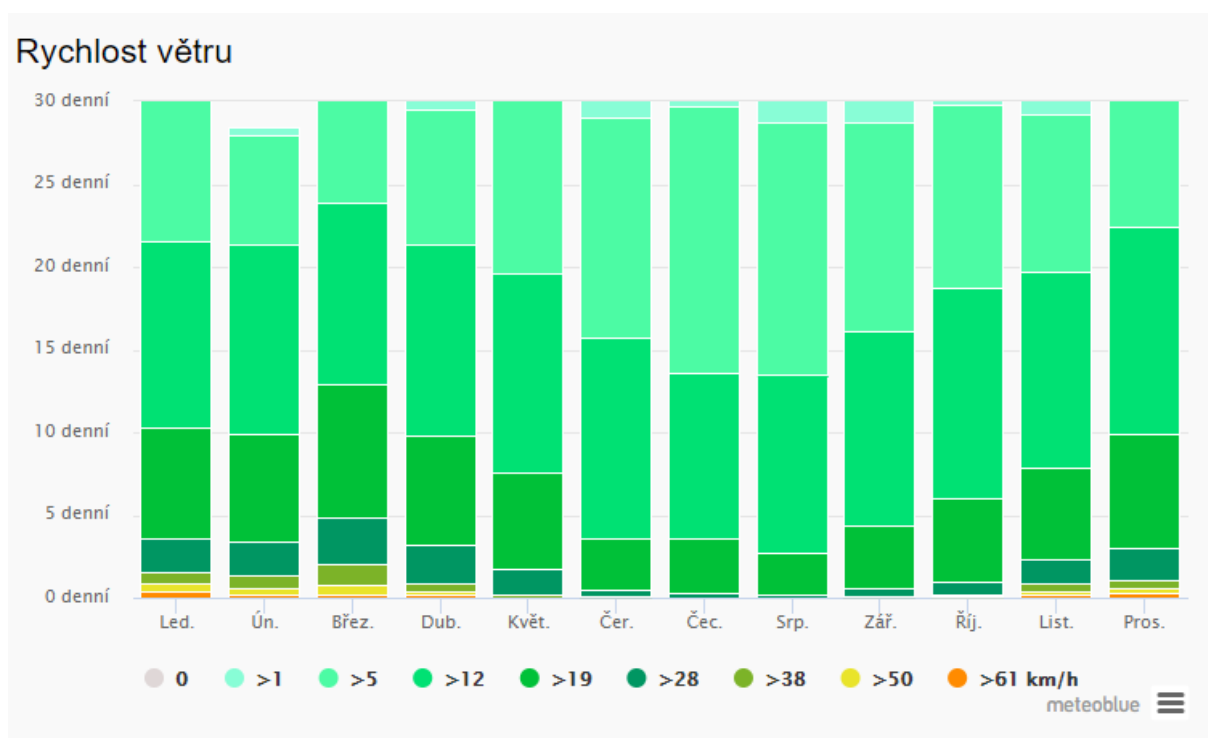
Obrázek 10 – Diagram množství deštivých dní v jednotlivých měsících (zdroj: <https://www.meteoblue.com/cs/po%C4%8Das%C3%AD/historyclimate/climatemodelled/vysok%C3%A9-tatry-slovensko-723119>)

Z grafu lze vyčíst, že nejkritičtější měsíc z pohledu srážek je červenec. V tomto měsíci je pouze 11 dní bez deště. Dalších 11 dní však má úhrn srážek do 5 milimetrů na metr čtvereční. V takovém případě je také možné zásobování provádět. Jak bylo řečeno, je možné pracovat při mírném mrholení; když bude pršet více, práce se pozastaví. Z toho plyne, že v nejkritičtějším měsíci bude možné pracovat 22 dní, v prosinci nebo v lednu je naopak suchých dnů a dnů se srážkami do 5 milimetrů až 28. [20]

Děšť omezí zásobování asi na 288 dní v roce, což je 78 %. Datum provedení zásobování ovšem nebude pevně dané. Podle předpovědi počasí bude možné chaty předzásobit. [20]

Vítr

Odolnost vůči větru je výrobcem stanovena na 15 m/s = 54 km/h.



Obrázek 11 - Diagram počtu dnů, kdy rychlost větru přesahuje dané rychlosti (zdroj: <https://www.meteoblue.com/cs/po%C4%8Das%C3%AD/p%C5%99edpov%C4%9B%C4%8F/modelclimate/vysok%C3%A9-tatry-slovensko-723119>)

Diagram ukazuje, kolik dnů v daném měsíci rychlost větru přesáhne určitou rychlost ve Vysokých Tatrách. Grif 135 je podle výrobce schopen bezpečného letu při rychlosti větru 54 km/h. Z diagramu vidíme, že rychlost větru přesáhne hodnotu 50 km/h v šesti dnech v roce. Tenhle diagram ovšem nepočítá s nárazovou rychlostí větru, při které by také bylo nebezpečné létat. Proto budu počítat s desetinásobnou rezervou pro dny, kdy bude nárazová rychlost větru přesahovat hodnotu 50 km/h. I s touto rezervou bude možné ve Vysokých Tatrách létat 315 dní v roce. [20]

3.6. Omezení kvůli bateriím

Podle údajů od výrobce dron Griff 135 vydrží s 30 kilogramovým nákladem letět 30-40 minut. Jeho maximální povolené zatížení je 75 kilogramů. Z toho usuzuji, že s 50 kilogramovou zásilkou bude schopen letět na plný výkon 20-22 minut. V našem případě poletí plně naložen pouze 6 minut a poté 6 minut prázdný dolů. S rostoucí nadmožskou výškou klesá hustota vzduchu i atmosférický tlak, což bude snižovat maximální výkon dronu. Dron ovšem nepnese maximální zatížení, ponese 50 ze 75 kilogramů, ani nepoletí na plný výkon, ale rychlostí 45 z 60 km/h. Naložen poletí pouze 6 z 22 možných minut a poté 6 minut prázdný

nebo s odpadky dolů. Po jednom kole dojde k výměně baterie. Z toho důvodu usuzuji, že baterie nebudou vybíjeny pod 50 %. To velice prodlouží jejich životnost. Přestože budou postupem času ztrácet svoji maximální kapacitu, trasu nahoru a zpět vydrží uletět i po pravidelném používání.

Podle výrobce se baterie nabije za jednu hodinu, pro nepřetržitý provoz stačí nakoupit čtyři náhradní baterie. [17]

3.7. Bezpečnostní prvky

Pro minimalizaci rizika střetu s osobami nebo majetkem bude stanoven letový koridor, kudy budou drony smět létat (viz kapitola 3.1. Popis trasy). Ten bude muset splňovat tyto podmínky:

- Nepovede nad žádnou stavbou.
- Bude křížovat turistické chodníky v co nejmenší možné míře. V trase na Téryho chatu jednou, v trase na Zbojnickou vůbec.
- V případě křížení chodníku budou před křížovatkou cedule upozorňující chodce, že se nachází pod letovou dráhou zásobovacího dronu a aby se zde zbytečně nezdržovali.
- Pokud nebude koridor křížovat cestu, bude se nacházet vždy minimálně 50 metrů od chodníku.

Koridor bude zanesen do map horské služby, aby se mu v případě potřeby vyhnul záchranný vrtulník nebo aby mohla horská služba upozornit na přelet vrtulníkem. Dále bude v okolí koridoru zakázáno provádět paragliding, další letecké sporty a létání s drony pro veřejnost. Dron bude vybaven fail safe módem Return to home, který dron v případě problémů nasměruje zpět do depa.

3.8. Scénáře zásobování

V předchozí kapitole již bylo zmíněno, že vybraný dron je schopen vynést do cíle zásilku vážící 50 kg. Na chaty se vozí převážně pivo, kartony nealkoholických nápojů, brambory, rýže, těstoviny, pečivo, mléko, toaletní potřeby a před zimní sezónou uhlí. Transportní box má rozměry 250x250 cm. Vzhledem k velikosti boxu nebude problém naplnit kapacitu 50 kilogramů. Na přepravu sudů s pivem nebude nutné box využívat. Sud bude pomocí karabiny a lana připevněn rovnou k dronu.

Existuje více scénářů pro tuto práci.

3.8.1. Scénář I

Pro splnění úkolu budou potřeba tři pracovníci obsluhy a jeden dron. Cestu tam i zpět je možné provést za 15 minut. Za osmihodinovou směnu, bude možné uskutečnit 32 takových cest, což odpovídá 1 600 kg zboží. Celoroční zásoby, (125 000 kg) je možné tímto způsobem při využití jednoho dronu a tří pracovníků obsluhy vyvézt nahoru za 79 dní.

U tohoto scénáře nebude obsluha dostatečně využita (výměna boxů, výměna baterii, přivezení boxu z nebo do chaty se dá za patnáct minut stihnout i dvakrát).

3.8.2. Scénář II

Pro splnění úkolu budou potřeba tři pracovníci obsluhy a dva drony. Za dvanáctihodinovou směnu bude možné uskutečnit 88 takových cest, což odpovídá 4 400 kg zboží. Celoroční zásoby (125 000 kg) je možné tímto způsobem při využití jednoho dronu a tří pracovníků obsluhy vyvézt nahoru za 29 dní.

Tento scénář také není ideální. Obsluha už sice bude dostatečně využita, ale provozovatelé chat nebudou chtít celoroční zásoby vyvézt nahoru najednou. Část zásob jsou suroviny, které nemají dlouhou dobu trvanlivosti. Tento problém se dá vyřešit dvěma způsoby. Buď budou drony vlastnit samotní provozovatelé chat a budou si zásobování provádět dle potřeby, nebo bude zásobovací firma obsluhovat více středisek, nepřepřevážet vždy celoroční zásoby a v daných intervalech se vždy ke každé chatě vracet.

3.8.3. Scénář III

Pro maximální využití kapacity dronů bude potřeba nalézt další zákazníky, protože případ dvou zaměstnanců se dvěma drony by dokázal uspokojit poptávku za 29 dní práce. Jen ve Vysokých Tatrách se nachází ještě další dvě chaty, které jsou závislé na zásobování pomocí nosičů. Chata pod Rysy a Zamkovského chata. Další potenciální zákazníci by se mohli najít v Alpách. Na zásobování pomocí nosičů jsem sice nenarazil, ale chaty zásobované pomocí vrtulníků tam jsou. V Alpách budou vyšší náklady na energie, ubytování a stravu pro zaměstnance zásobovací firmy, ale také tam budou platit více za převezený kilogram zboží. Žádné jiné chaty jsem ale nekontaktoval, a tudíž nemám přesná data. Proto bude v tomto případě počítáno se čtyřmi podobnými středisky jako jsou zmiňované dvě chaty na Slovensku.

Pro Scénář III budou potřeba tři pracovníci obsluhy, dva drony a domluvit další tři podobné zákazníky, jako jsou zmiňovaná střediska.

Transport bych rozdělil na 10 akcí, s tím že při každé akci se přijede na místo, přepraví se 10 % ročních zásob a poté se pojede zpět. Při jedné akci bude na chaty přepraveno 12 500 kg zásob, což tři zaměstnanci s dvěma drony zvládnou za tři dny. Při každé akci bude na Téryho chatu převezeno 10 000 kg a na Zbojnickou 2 500 kg. Akce zabere celkem pět pracovních dní. První den cesta na místo výkonu práce, následují tři dny provádění práce a pátý den cesta zpět domů. Poté dva dny volna a další týden se pojede obsloužit dalšího zákazníka. Druhý a třetí den se převeze 8 800 kg na Téryho chatu, čtvrtý den se přepraví 1 200 kilogramů na Téryho chatu, poté obsluha depa na Téryho chatě sejde dolů ke startovnímu depu a pracovník ze spodního depa vyjde k depu na Zbojnické chatě. Tento přesun zabere asi 3 hodiny. To podstatně natáhne pracovní dobu, nicméně v čase jedné cesty dronu je počítáno s rezervou pro nečekané události. Proto se dá očekávat, že druhý a třetí den by bylo možné dopravit i více než 8 800 kg. V případě že by se nestíhalo vše převézt čtvrtý den, tak se zbytek dodělá pátý den. Díky tomu, že práce bude vykonávána přesně tři dny ze sedmi, je možné práci o 3 dny posunout v případě, že předpověď počasí bude hlásit velice nepříznivé podmínky. V extrémních případech i o sedm a stejně nebude vznikat zpoždění. Nebo se dá jet ten týden do druhého střediska a do prvního se vrátit o týden později.

Rekapitulace

V tomto případě budou zásobování čtyři podobní zákazníci. Každého se pojede obsloužit desetkrát za rok. Perioda obsluhy bude 4 týdny. Dohromady se bude pracovat 40 týdnů v roce. Zbýlých dvanáct týdnů bude volno pro zaměstnance a rezerva v případě extrémně nevhodných podmínek pro zásobování. Tato rezerva se dá také v dalších letech využít na expanzi. Obsluhování 5 zákazníků by zabralo 50 týdnů, což se dá za rok také zvládnout. Na celou zakázku budou potřeba 2 drony, náhradní baterie, dodávka a tři zaměstnanci obsluhy.

Je možné, že například v letních měsících budou chaty vyžadovat více zásob než v zimních. Proto je tento plán navržen na práci 40 týdnů v roce, aby bylo dostatek prostoru pro uspokojení změny aktuální poptávky.

4. Ekonomika zásobování

V této kapitole představím analýzu předpokládaných nákladů, tržeb a výnosů při provozování zásobování. Tuto analýzu provedu pro dvě možnosti. Pro případ, kdy budou drony vlastnit provozovatelé horských chat, a pro případ, kdy drony bude vlastnit zásobovací firma, která bude zásobovat čtyři podobná střediska, jakou jsou již zmiňované chaty ve Vysokých Tatrách.

4.1. Zásobování provádí samotní provozovatelé středisek

Tento případ nebude z hlediska ekonomiky nijak složitý. Provozovatelé se domluví na spolupráci, koupí si jeden dron, zaplatí tři zaměstnance a budou provádět zásobování podle scénáře I. V takovém případě budou náklady provozu tvořit pouze mzdy zaměstnanců, energie na nabití baterií, pojištění odpovědnosti a údržba. Zásobování bude moct být prováděno podle aktuální potřeby chat. Jelikož dva ze tří zaměstnanců obsluhy zásobování nebudou vykonávat nijak složitou práci, jedná se o naložení/vyložení 50 kg zboží do/z boxu, připojení boxu k dronu přes karabinu, výměnu baterie a signalizaci ke startu, je možné pro tuto práci zaučít i aktuální personál chat. Pouze jeden zaměstnanec bude sledovat průběh letu na tabletu a v případě nouzového stavu převezme řízení dronu. Ten bude muset umět řídit dron, ale na to je také možné vyškolit někoho ze stálého personálu středisek.

4.1.1. Pořizovací náklady

Výrobce mi sdělil, že pořizovací náklady dronu Griff 135 činí 225 000 euro, což odpovídá 6 075 000 korunám. Jelikož budu chtít dron využívat co nejvíce, bude potřeba pořídit náhradní baterie. V ceně dronu jsou dvě baterie potřebné pro let. Aby mohl dron létat jen s krátkou zastávkou na výměnu baterie a boxu se zbožím, je potřeba pořídit další dvě náhradní. Baterie však postupně s jejich používáním ztrácejí kapacitu. Kdybych používal jen ony čtyři baterie, bylo by sice časově možné stíhat provádět zásobování, ovšem s negativními důsledky na životnost baterií. Ty se totiž při používání i nabíjení velice zahřívají. Kdyby se tedy osm hodin v kuse jenom nabíjely a vybíjely, velice rychle by ztratily svou kapacitu. Aby je nebylo nutné používat osmkrát denně, pořídil bych celkem osm kusů baterií. Každá by byla použita čtyřikrát za den, zároveň by byly vybity pouze na 50 % své kapacity, což také prodlužuje jejich životnost. Při tomto scénáři bude každá baterie použita 320krát ročně. Elektrobaterie u elektrokol jsou dimenzované na 800–1000 cyklů, baterie vozů Tesla modelu 3 mají dokonce vydržet až 1500 cyklů nabití a vybití. Z toho usuzuji, že při správné údržbě baterií vydrží tuto zátěž tři roky. Výrobce mi bohužel nesdělil bližší informace o bateriích z důvodu zachování výrobního tajemství. Sdělil pouze, že na nabití baterie do plné kapacity je spotřebováno 20 kWh elektrické energie. Z toho důvodu se pokusím odhadnout cenu

náhradních baterií. Tak velká baterie bude pracovat s vyšším napětím, odhaduji 48 V nebo více.

Watt hodina se dá vypočítat pomocí vzorce:

$$Wh = (mAh \times V) \div 1000$$

kde: mAh – miliampérhodina

V – volt

Z tohoto vzorce lze spočítat, že baterie, která pro své nabití spotřebuje 20 kWh elektrické energie při napětí 48 V bude mít kapacitu 416 666 mAh. Baterii s tak velkou kapacitou jsem na trhu sice nenašel, ale mohla by se skládat z 21 kusů baterií Multistar High Capacity 20 000mAh 6S 10C Multi-Rotor Lipo Pack. Jedna taková baterie má kapacitu 20 000mAh, váží 2,4 kg a stojí 4 800 Kč. Set 21 kusů takových baterií by měl kapacitu 420 000 mAh, vážil 50,4 kg a stál přibližně 100 000 Kč. Z tohoto výpočtu usuzuji, že cena náhradních baterií bude přibližně 100 000 Kč. Tři páry náhradních baterií pak budou stát 300 000 Kč [25]

Pro nepřetržitý provoz budou potřeba také 2 transportní boxy. Jeden je v ceně dronu, další se bude muset dokoupit. Cenu boxů mi výrobce také bohužel nesdělil, nicméně oproti šesti milionům za dron bude cena boxu zanedbatelná.

Celkové pořizovací náklady na dron a tři páry náhradních baterií bude $6\,075\,000 + 300\,000 = 6\,375\,000$ Kč.

4.1.2. Provozní náklady

- I. **Mzdové náklady** jsem stanovil na 300 Kč/h. Při osmihodinové směně činí náklady na zaměstnance 2 400 Kč za den. Je počítáno s hrubou mzdou a dalšími odvody – například sociální a zdravotní pojištění.
- II. **Energie** – výrobce sdělil, že pro nabití baterie do plné kapacity je potřeba 20 kWh elektrické energie. Podle zdroje serveru www.energie123.cz/elektrina/ceny-elektricke-energie/cena-1-kwh/ je průměrná cena elektřiny v České republice 4,34 Kč/kWh. Jelikož počítám s vybitím baterie na poloviční kapacitu, její nabití bude stát $10 \times 4,34 = 43,4$ Kč. Tuto částku zaokrouhlím na 45 Kč, protože cena elektřiny se může v průběhu let měnit.
- III. **Pojištění odpovědnosti za škodu** – povinné pojištění odpovědnosti za škodu se pohybuje od 6 000 Kč za rok. Jelikož se cena odvíjí od hmotnosti dronu, odhaduji že pro tento případ bude cena pojištění 25 000 Kč.
- IV. **Údržba** – je nedílnou součástí provozních nákladů. Lze ji těžko odhadovat dopředu, nicméně nejdražší položkou bude obnova baterií, které budou ztrácet kapacitu.

V kapitole pořizovací náklady jsem vysvětlil, proč odhaduji jejich životnost na 3 roky. Pro nákup 8 nových baterií bude potřeba vytvořit rezervu 400 000 Kč, dále pak 200 000 Kč pro průběžný servis. Náklady na údržbu proto odhaduji na 600 000 Kč každé tři roky.

Náklady na celoroční transport zboží jsou proto následující:

Tabulka 2 - Roční náklady (zdroj: autor)

Mzda	$3 \times 2\,400 \times 79$	568 800 Kč
Energie	$32 \times 45 \times 79$	113 760 Kč
Pojištění	25 000	25 000 Kč
Údržba	$600\,000/3$	200 000 Kč
Celkem		907 560 Kč

Celkové roční náklady na provoz zásobování budou 907 560 Kč.

4.1.3. Provozní tržby

Provozovatelé chat platí nosičům 0,7 euro za vnesený kilogram zboží. Pomocí dronu dokážou za 79 dní vyvézt nahoru 125 000 kilogramů zásob za což by nosičům zaplatili 87 500 euro. Při kurzu 27 Kč za euro to vychází na 2 362 500 Kč. V případě, kdy drony provozují sami provozovatelé chat, to ve skutečnosti nejsou tržby, ale úspory, které by jinak zaplatili nosičům. Nicméně pro snadnější terminologii a pochopení budu úspory za nosiče nazývat tržbami za zásobování.

Nosiči vydělávají i po cestě zpět tím, že snášejí dolů odpadky. Bohužel se mi nepodařilo zjistit, jaké množství odpadu dolů snesou. Váha běžného prázdného 50 litrového sudu piva je 12 kilogramů, naopak prázdné pytle od brambor, uhlí nebo rýže budou vážit jen zlomek toho, co plné. Jelikož ale nemám přesná data, tuhle část tržeb do svých výpočtů zahrnovat nebudu, přestože by mohla ekonomickou bilanci ovlivnit možná i o 10 %.

4.1.4. Provozní úspora

Provozní úsporu pak vypočítáme odečtením nákladů od tržeb.

Roční úspora: $2\,362\,500 - 907\,560 = 1\,454\,940$ Kč.

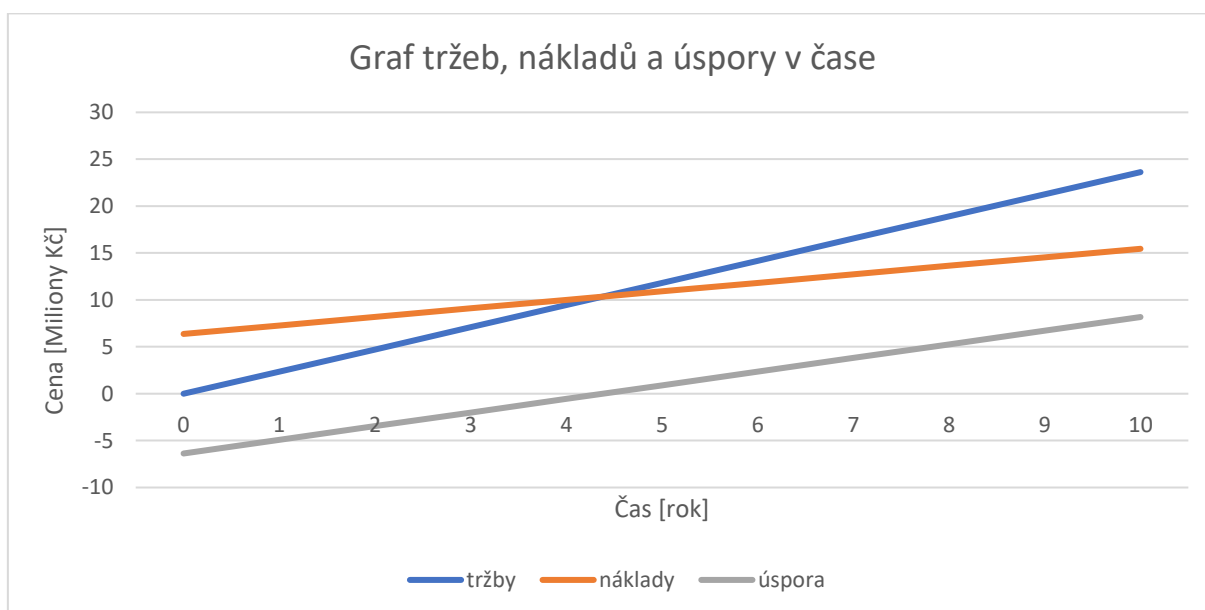
4.1.5. Doba návratnosti

Doba návratnosti je časový úsek, za který se splatí investovaná částka a investice začne přinášet zisk. Vytvořením tabulky a grafu závislosti tržeb nákladů a zisku na čase zjistíme dobu návratnosti.

Tabulka 3 - Tržby, náklady a zisk v čase (zdroj: autor)

Rok	Tržby	náklady	úspora
0	- Kč	6 375 000 Kč	- 6 375 000 Kč
1	2 362 500 Kč	7 282 560 Kč	- 4 920 060 Kč
2	4 725 000 Kč	8 190 120 Kč	- 3 465 120 Kč
3	7 087 500 Kč	9 097 680 Kč	- 2 010 180 Kč
4	9 450 000 Kč	10 005 240 Kč	- 555 240 Kč
5	11 812 500 Kč	10 912 800 Kč	899 700 Kč
6	14 175 000 Kč	11 820 360 Kč	2 354 640 Kč
7	16 537 500 Kč	12 727 920 Kč	3 809 580 Kč
8	18 900 000 Kč	13 635 480 Kč	5 264 520 Kč
9	21 262 500 Kč	14 543 040 Kč	6 719 460 Kč
10	23 625 000 Kč	15 450 600 Kč	8 174 400 Kč

Pro lepší přehlednost jsem data zobrazil rovněž graficky.



Obrázek 12 - Graf závislosti tržeb, nákladů a zisku na čase Scénáře I (zdroj: autor)

Z grafu lze vidět, že doba návratnosti investice nastává pátým rokem. Po deseti letech bude provozovatel v zisku 8 174 400 Kč.

Lze vidět, že tento scénář by byl výdělečný. Zisk sice není příliš převratný, protože dron má také omezenou životnost. I s pravidelnou investicí do údržby a výměny baterií bude s velkou

pravděpodobností po deseti letech potřeba koupit nový. Proto tento scénář pro provozovatele nepředstavuje výraznou úsporu, kvůli které by měnil osvědčený způsob za nový. Nicméně roste nedostatek pracovní síly a tím se zvyšuje potřeba po strojní automatizaci. Lze tedy očekávat, že nosičů ochotných nést těžká břemena vzhůru na vlastní zádech bude ubývat a horské chaty by tím mohly začít mít problémy uspokojit poptávku po jejich službách. V takovou chvíli budou muset provozovatelé chat buď zvyšovat mzdu nosičům, aby je motivovali tuto náročnou práci dělat, a tím si zvyšovat náklady, nebo využít metodu zásobování pomocí dronu, která by jim navíc mohla přinést další úspory.

Zisk bude ve skutečnosti o něco vyšší, jelikož chataři nosičům platí i za snos odpadu dolů, což by mohly drony dělat také, nicméně nemám data o množství, takže to nemohu do výpočtů zahrnout. Zásobování lze uskutečnit za 79 dní, bude tedy možné dron vypůjčit i jiným chatařům, což by také mohlo přinést další zisk. Například jen ve Vysokých Tatrách se pomocí nosičů zásobuje ještě Chata pod Rysi a Zamkovského chata. V nedalekých Nízkých Tatrách se také nachází střediska, které jsou dodnes zásobena pomocí nosičů. Proto je velice pravděpodobné, že při správné spolupráci jednotlivých provozovatelů by bylo možné dosáhnout splacení investice podstatně dříve než za zmiňovaných pět let.

4.2. Zásobování provádí externí firma

V předchozí kapitole jsme zjistili, že pouze dvě chaty jsou moc malý trh pro zásobování pomocí dronů. Firma bude provádět zásobování podle scénáře III. Zásobovat se tedy budou 4 střediska. Celoroční zásobování střediska se rozdělí na 10 akcí, při každé akci se uspokojí 10 % roční poptávky. Perioda obsluhy u každého střediska bude 4 týdny.

Tabulka pro příklad obsluhy:

Tabulka 4 - Příklad periody obsluhy středisek (zdroj: autor)

týden	středisko
1	Téryho a Zbojnická chata
2	Chata pod Rysy
3	Chaty v Nízkých Tatrách
4	Alpské středisko
5	Téryho a Zbojnická chata
6	Chata pod Rysy

Tabulka se bude dále opakovat až do 40. týdne, kdy bude u všech středisek uspokojena roční poptávka. Z tabulky lze vidět, že do každého střediska budou dováženy zásoby jednou za čtyři týdny.

V tomto případě nebudu počítat náklady, tržby a zisky pro každý den, ale pro jednotlivou akci.

4.2.1. Provozní náklady na akci

- I. **Mzdové náklady** jsem stanovil na 300 Kč za odpracovanou hodinu. Každý zaměstnanec při jedné akci odpracuje 43 hodin. První den cesta na místo výkonu práce – 5 hodin, druhý až čtvrtý den 11 hodin výkonu práce, pátý den cesta zpět – 5 hodin. Mzdové náklady na akci pro tři zaměstnance pak vychází na $3 \times 43 \times 300 = 38\,700$ Kč
- II. **Spotřeba energie** bude taky stejná, 45 Kč/let. Za akci bude převezeno 12 500 kg, což vychází na 250 letů.
- III. **Pojištění odpovědnosti za škodu** – celková částka bude stejná, ale jelikož počítám náklady na akci, kterých bude 40 ročně, tak se roční částka vydělí čtyřiceti.
- IV. **Ubytování** – naopak přibudou náklady na ubytování a stravu zaměstnanců. Ubytování s polopenzí stojí pro turisty na Téryho chatě 35 euro. Na Hrebienoku na Bilíkové chatě 30 euro. Jelikož budeme pro středisko obchodní partneři a stálí zákazníci, počítám s levnějším tarifem. Z toho důvodu bych ubytování a stravu odhadl na 600 Kč denně. Při každé akci bude třeba zaplatit 4x ubytování s polopenzí pro tři zaměstnance.
- V. **Doprava na místo výkonu práce** – jelikož se každý týden pojede do jiného střediska, bude nutné započítat i náklady na transport. Takový středový bod mezi Tatrami a Alpskými středisky by mohlo být Brno. Tam by mohlo být sídlo firmy. Brno je od Vysokých Tater vzdáleno 357 km, proto budu počítat s průměrnou vzdáleností do střediska 400 km. Průměrná ujetá vzdálenost pro jednu akci bude 800 km, spotřeba dodávky se dvěma drony bude 10 l na 100 km a cena benzínu 32 Kč/l. Z výpočtu vychází náklady na akci na 2 560 Kč. Z tabulky níže jde vidět, že náklady na dopravu tvoří asi 5 % nákladů. I kdyby tedy skutečnost byla jiná, například vyšší spotřeba, vyšší cena benzínu, větší vzdálenost, výrazně to celkové náklady neovlivní.
- VI. **Údržba** – Nedílnou součástí nákladů je také údržba dronů. Odhaduji, že každý rok bude potřeba investovat jeden milion korun do výměny baterií, vrtulí a případného servisu dronů. Ani v tomto případě drony nelétají nepřetržitě. Pro lepší představu, drony ročně vykonají 40 akcí, z každé akce létají pouze tři dny, dva se přesouvají na/z místa výkonu práce a zbylé dva jsou víkend. Tudíž létají 120 dní v roce. Nejslabším článkem z hlediska opotřebení jsou baterie. Proto je v plánu zásobování hned několik prvků šetrného zacházení s bateriemi:
 - a. Drony mají takovou výdrž, že by dokázali absolvovat dvě kola zásobování na jednu baterii, ale po každém kole bude baterie vyměněna. Tudíž od začátku se baterie nebude vybíjet pod 50 % své kapacity.

- b. Bude zakoupeno 10ks baterií na každý dron. Při 44 cestách denně bude tedy každá baterie využita průměrně 4,4krát denně. Drony létají 120 dní v roce, tudíž to vychází na 528 cyklů nabití a vybití baterií ročně.
- c. Dle výrobce se baterie nabije do plné kapacity za jednu hodinu. V našem případě i rychleji protože bude vybíjena do 50 %. Po nabití bude ještě hodinu odložena, než bude znovu použita, aby měla čas na vychladnutí a zbytečně se nepřehřívala.

Náklady na akci jsou proto následující:

Tabulka 5 - Denní náklady (zdroj: autor)

Mzda	$3 \times 5 \times 2200$	38 700 Kč
Energie	250×45	11 250 Kč
Pojištění	$25000 \times 2/40$	1 250 Kč
ubytování a strava	$3 \times 4 \times 600$	7 200 Kč
Doprava	$800/100 \times 10 \times 32$	2 560 Kč
Údržba	$1\ 000\ 000/40$	25 000 Kč
Celkem		85 960Kč

Celkové náklady na akci pak vycházejí na 85 960 Kč. Roční provozní náklady budou 3 438 400 Kč

4.2.2. Provozní tržby

Tržby na akci budou $12\ 500 \times 0,7 \times 27 = 236\ 250$ Kč. Jelikož bude ročně provedeno 40 takových akcí, roční tržby budou vycházet na $236\ 250 \times 40 = 9\ 450\ 000$ Kč.

4.2.3. Provozní zisky

Provozní zisky pak vypočítáme odečtením nákladů od tržeb. Zisk za jednotlivou akci pak vychází na $236\ 250 - 85\ 960 = 150\ 290$ Kč. Roční zisk bude $150\ 290 \times 40 = 6\ 011\ 600$ Kč.

4.2.4. Pořizovací náklady

1. Dvakrát dron Griff 135 – 12 150 000 Kč
2. 9 párů náhradních baterií – odhaduji 1 000 000 Kč
3. Dodávka na transport dronů a zaměstnanců mezi středisky.
4. Nový Ford Transit Custom Van varianta Trend 280 je možné koupit za 580 679 Kč [24]

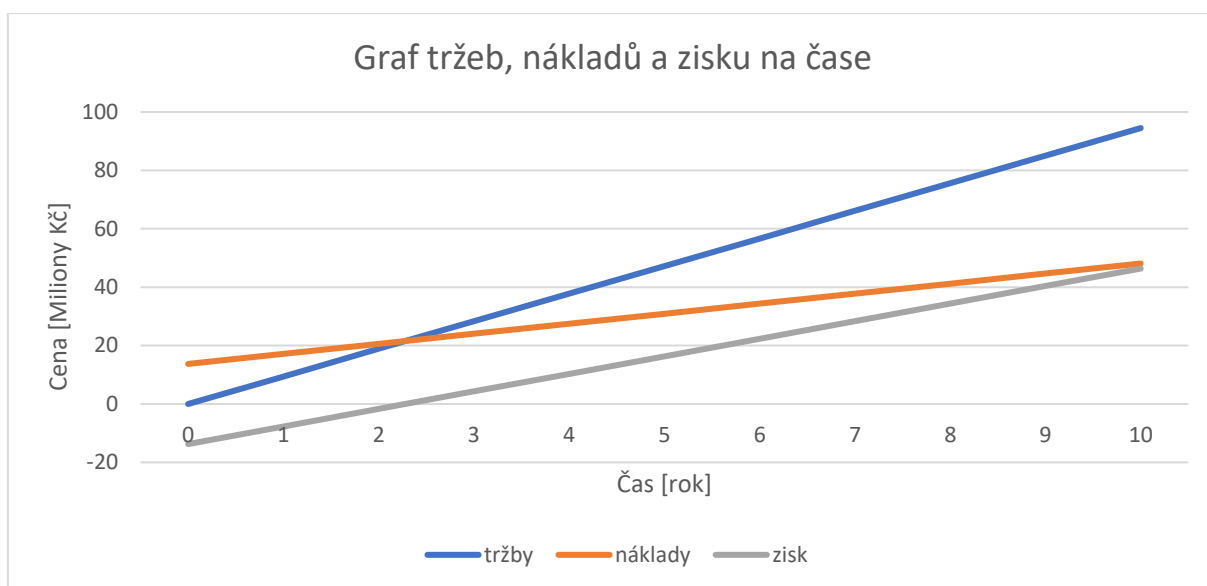
Celkové pořizovací náklady na dva drony a devět párů náhradních baterií budou $2 \times 6\,075\,000 + 300\,000 = 13\,730\,679$ Kč.

4.2.5. Doba návratnosti

Tabulka 6 - Tržby, náklady a zisk v čase Scénáře III (zdroj: autor)

rok	Tržby	náklady	zisk
0	0 Kč	13 730 679 Kč	-13 730 679 Kč
1	9 450 000 Kč	17 169 079 Kč	-7 719 079 Kč
2	18 900 000 Kč	20 607 479 Kč	-1 707 479 Kč
3	28 350 000 Kč	24 045 879 Kč	4 304 121 Kč
4	37 800 000 Kč	27 484 279 Kč	10 315 721 Kč
5	47 250 000 Kč	30 922 679 Kč	16 327 321 Kč
6	56 700 000 Kč	34 361 079 Kč	22 338 921 Kč
7	66 150 000 Kč	37 799 479 Kč	28 350 521 Kč
8	75 600 000 Kč	41 237 879 Kč	34 362 121 Kč
9	85 050 000 Kč	44 676 279 Kč	40 373 721 Kč
10	94 500 000 Kč	48 114 679 Kč	46 385 321 Kč

Pro lepší přehlednost z tabulky vytvořím graf.



Obrázek 13 - Graf závislosti tržeb, nákladů a zisku na čase Scénáře III (zdroj: autor)

Z grafu lze vidět, že doba návratnosti nastává již po dvou letech provozu. Po deseti letech bude firma v zisku 46 385 321 Kč. Tento případ je výrazně profitabilnější, než když budou zásobování provádět samotní provozovatelé.

Z tabulky lze vidět, že již po třech letech fungování bude firma v zisku 4 miliony korun a každým rokem přibývá více než 6.

5. Srovnání nového způsobu doručování s aktuálním

V této kapitole se zaměřím na to, jaké výhody může přinést navržený způsob zásobování oproti aktuálnímu způsobu.

Aktuální náklady na zásobování mi provozovatelé sdělili. S těmito hodnotami už bylo několikrát počítáno v předchozích kapitolách. V dnešní době se potýkáme s problémem nedostatku pracovní síly, proto je žádoucí nahrazovat lidskou práci stroji. Pokud zásobování provádí externí firma, tak tři zaměstnanci se dvěma drony dokážou za týden (pět pracovních dní) přepravit na chaty 12 500 kilogramů zásob. Zdatný nosič je schopný si naložit na záda 50 kilogramů a zvládnout tuhle cestu dvakrát za den. Stejně množství zboží by za týden vyneslo na chatu 25 nosičů. Jelikož obsluhu tvoří tři zaměstnanci, lze říci, že tento způsob zásobování je více než osmkrát efektivnější z hlediska lidské práce.



Obrázek 14 - Nosiči dodnes nosí zásoby pěšky (zdroj: aktuality.sk)

Druhou výhodou oproti nosičům jsou nižší provozní náklady. U nosičů tvoří provozní náklady v podstatě jen mzda. Ta je nastavena tak, aby se to nosičům vyplatilo dělat vzhledem k jejich nízké efektivitě.

Pokud by si firma za zásobování účtovala poloviční cenu za převezený kilogram zboží a k nákladům bychom každý rok přičetli jeden milion korun jako rezervu na opravy strojů, náhradní díly a baterie, pak by tabulka tržeb, nákladů a zisků v čase vypadala následovně:

Tabulka 7 - Tržby, náklady a zisky při poloviční ceně (zdroj: autor)

rok	Tržby	náklady	zisk
0	0 Kč	13 730 679 Kč	-13 730 679 Kč
1	4 725 000 Kč	17 169 079 Kč	-12 444 079 Kč
2	9 450 000 Kč	20 607 479 Kč	-11 157 479 Kč
3	14 175 000 Kč	24 045 879 Kč	-9 870 879 Kč
4	18 900 000 Kč	27 484 279 Kč	-8 584 279 Kč
5	23 625 000 Kč	30 922 679 Kč	-7 297 679 Kč
6	28 350 000 Kč	34 361 079 Kč	-6 011 079 Kč
7	33 075 000 Kč	37 799 479 Kč	-4 724 479 Kč
8	37 800 000 Kč	41 237 879 Kč	-3 437 879 Kč
9	42 525 000 Kč	44 676 279 Kč	-2 151 279 Kč
10	47 250 000 Kč	48 114 679 Kč	-864 679 Kč
11	51 975 000 Kč	51 553 079 Kč	421 921 Kč

Z tabulky lze vidět, že s polovičními tržbami a rezervou na údržbu dojde ke splacení pořizovacích nákladů jedenáctým rokem. Proto lze říci, že by bylo možné provádět zásobování za poloviční ceny, nicméně cílem podniku je generovat zisk a ten by v tom případě přišel až po deseti letech, kdy už je velice pravděpodobné, že i s pravidelnou investicí do údržby drony nebudou schopny vykonávat práci.

Provozovat zásobování za poloviční ceny proto je možné, ale není rentabilní. Druhý teoretický případ je, že by si firma za přepravu účtovala o 20% nižší sazbu než nosiči. Snížením ceny za převezený kilogram sice firmě prodlouží dobu splatnosti investice a sníží potenciální zisk, nicméně vytvoří konkurenční výhodu oproti stávajícímu způsobu zásobování. Tou výhodou je nabídnutí stejné služby za nižší cenu. To bude další důvod, proč by potenciální zákazníci měli chtít nový model zásobování místo stávajícího.

V takovém případě by tabulka vypadala následovně:

Tabulka 8 Tržby, náklady a zisky při 20% slevě (zdroj: autor)

rok	Tržby	náklady	zisk
0	0 Kč	13 730 679 Kč	-13 730 679 Kč
1	7 560 000 Kč	17 169 079 Kč	-9 609 079 Kč
2	15 120 000 Kč	20 607 479 Kč	-5 487 479 Kč
3	22 680 000 Kč	24 045 879 Kč	-1 365 879 Kč
4	30 240 000 Kč	27 484 279 Kč	2 755 721 Kč
5	37 800 000 Kč	30 922 679 Kč	6 877 321 Kč
6	45 360 000 Kč	34 361 079 Kč	10 998 921 Kč
7	52 920 000 Kč	37 799 479 Kč	15 120 521 Kč
8	60 480 000 Kč	41 237 879 Kč	19 242 121 Kč
9	68 040 000 Kč	44 676 279 Kč	23 363 721 Kč
10	75 600 000 Kč	48 114 679 Kč	27 485 321 Kč

Z této tabulky lze vyčíst, že při provozování zásobování o 20 % levněji, než nosiči je možné splatit pořizovací náklady čtvrtý rok. Po deseti letech by byla firma v zisku téměř 30 milionů korun. Dalším případem je provádění zásobování za stejnou cenu jako nosiči. Ten je detailně popsán v kapitole 4.2. Zásobování provádí externí firma. Bylo by možné nabízet službu i za vyšší cenu, protože pomocí dronů je možné převézt větší objem zboží a rychleji než nosiči. Nicméně cílem tohoto modelu je vytvořit nový systém, který bude výhodný pro všechny strany. Zásobování prováděné o 20 % levněji by tudíž mohlo společnosti přinést hned několik pozitiv:

Náhrada lidské práce stroji. Dva drony s obsluhou tří lidí, dokážou za týdenní akci přepravit 4 400 kg zboží. Velmi trénovaný nosič je schopný za týden vynést nahoru 500 kg zboží. Proto usuzuji že tento model vykoná týdně práci jako 25 nosičů. Z toho vyplývá úspora pracovní síly v poměru 8,3:1.

Snížení nákladů na přepravu. To by mohlo vést ke zlevnění produktů na chatách. S tím souvisí i rozšíření prodávaného sortimentu či nabízených služeb.

Možnost vybudovat chaty na hůře dostupných místech. Dnešní turismus se začíná přesouvat do méně a méně přístupných míst. Příkladem mohou být stezky typu via ferrata, což jsou uměle vybudované horolezecké trasy na vrcholky jinak nepřístupných skal nebo hřebenů. Tyto uměle vybudované stezky dělají z jinak nebezpečného horolezeckého výstupu trasu pro širokou veřejnost. Via ferraty jsou čím dál populárnější a mnoho lidí tak zdolává výstupy v odlehlých oblastech kam nevedou žádné zpevněné cesty. Na těchto

vrcholcích by turisté rádi načerpali síly v restauraci nebo přenocovali v hotelu. To vytváří poptávku po ubytovacích a stravovacích zařízeních v těchto místech. Dokud ale nebude existovat snadné, spolehlivé a cenově dostupné zásobování, není možné tam taková zařízení vybudovat.

Cílem této bakalářské práce bylo zjistit, zdali je technologicky možné a ekonomicky výhodné zásobovat odlehlá horská střediska pomocí bezpilotních prostředků. Výsledek práce ukazuje, že technologicky to možné je. Aby došlo k efektivnímu nahrazení lidské práce drony, je potřeba pořídit dva stroje s užitečným zatížením 50 kilogramů. Takové drony mají vysoké pořizovací náklady. Zásobování tímto způsobem tedy bude ekonomicky výhodné v případě, že bude existovat dostatečně velká poptávka. Model navržený v této práci počítá s třemi podobnými středisky, jako jsou Téryho a Zbojnická chata ve Vysokých Tatrách. V takovém případě analýza počítá s ročními tržbami 9,45 milionu Kč, zatímco náklady vychází na 3,44 milionu Kč. Roční zisk proto vychází na 6,01 milionu Kč. Tržby jsou stanoveny přesně podle dat získaných od provozovatelů. Náklady ovšem v případě reálného aplikování mohou vzrůst například o náklady spojené s administrativou a chodem firmy, účetnictvím nebo nepředvídatelnými událostmi. Proto nejsou tak důležité přesné hodnoty zisku, ale spíše poměr tržeb k nákladům, který je téměř trojnásobný. I kdyby náklady vzrostly o pár procent, zásobovací firma má velkou rezervu ke generování zisku. Analýza nákladů a tržeb je představena na deset let dopředu, ale vychází z aktuálních cen. Náklady na energie, mzdu i ubytování budou v průběhu let nepochybně růst, pravděpodobně tomu však bude i u odměny za převezený kilogram. Proto počítám, že rozdíl nákladů a tržeb bude v následujících letech stejný. V analýze naopak není zahrnut zisk za svoz odpadu z chat dolů, protože se mi nepodařilo získat data o množství. Scénář zásobování je navrženou s velkou rezervou. Drony budou létat 120 dní v roce, takže je dostatek prostoru pro změny v případě, že vše nepůjde podle plánu nebo po otestování provozu pro případnou expanzi do dalších středisek, čímž by došlo ke zkrácení doby návratnosti.

Závěr

Cílem této práce bylo zjistit, zda je technologicky možné a ekonomicky výhodné zásobovat odlehlá horská střediska pomocí bezpilotních prostředků. Dále pak navrhnout model zásobování, který obsahuje popis provedení, výběr vhodného dronu, vytvoření potřebné infrastruktury, navržení letové trasy a na závěr porovnání modelu s aktuálním řešením zásobování.

V první kapitole jsem vytvořil rešerši, která se zabývá všeobecným využitím bezpilotních prostředků za současného technologického stupně vývoje. Zjistil jsem, že drony jsou schopny i v civilním sektoru plnit mnohem náročnější operace než převézt zásilku z bodu A do bodu B. Dále jsem rozpracovával otázku, proč se drony k transportu zboží ve městech nebo mezi jednotlivými obcemi nepoužívají, přestože to po technické stránce dokážou. Objevil jsem tři hlavní důvody: při přeletu nad cizím pozemkem je potřeba povolení majitele pozemku, obavy z narušování soukromí, protože každý dron může nést kameru a obavy ze způsobení škody na zdraví či majetku třetích osob. Dále jsem se zaměřil na vyřešení nebo alespoň redukování těchto problémů.

Jako dílčí cíl práce jsem si stanovil zásobování odlehlých horských středisek. Dopad prvního problému zde bude velice snížen, protože bude potřeba získat povolení jen od jednoho nebo v horších případech několika málo vlastníků pozemků. Obavy z narušování soukromí a nebezpečí způsobení škody jsou také podstatně sníženy, protože tyto chaty se nacházejí v národních parcích, kde je pohyb osob mimo značené cesty zakázán, takže drony nebudou létat nad turistickými trasami, kde se mohou nacházet osoby nebo jedině v přesně daných místech, kde bude na přelet dronu dostatečně upozorněno. Vzhledem k relativně příznivým podmínkám v těchto ohledech mi tedy dávalo smysl pro tuto práci vybrat právě zásobování odlehlých horských středisek. Proto jsem si pro tuto práci vybral právě případ zásobování odlehlých horských středisek.

V druhé kapitole jsem popsal, jak bude zásobování probíhat. Zvolil jsem vhodný způsob řízení dronu a zabýval jsem se parametry, které musí stroj splňovat, aby v daném úkolu uspěl. S ohledem na zvolené parametry jsem na trhu vybral dron, který bude pro provedení zásobování vhodný. Tím jsem vyřešil otázku, zda je technologicky možné zásobovat odlehlá horská střediska pomocí bezpilotních prostředků. K návrhu řešení jsem přistupoval z ekologického hlediska a určil, jaký bude dopad provozu dronu na faunu, flóru a na životní prostředí.

Ve třetí kapitole jsem svou práci aplikoval na Téryho a Zbojnickou chatu ve Vysokých Tatrách. Kontaktoval jsem provozovatele obou chat a zjistil potřebné informace, které jsem následně

použil ve své práci. Vytvořil jsem nejvhodnější trasu zásobování. Zanalyzoval jsem, jaká omezení přináší meteorologické vlivy a technická omezení vybraného dronu. Nakonec jsem vytvořil scénáře, podle kterých by bylo možné zásobování provést a rozhodl, který bude neoptimálnější.

Ve čtvrté kapitole jsem se zabýval otázkou, zdali je navržený způsob zásobování ekonomicky výhodný. Vytvořil jsem analýzu nákladů na provoz, z informací od provozovatelů jsem stanovil tržby a spočítal ziskovost. Tuto analýzu jsem aplikoval pro případ, kdy zásobování provádí samotní provozovatelé chat a pro případ, kdy zásobování provádí externí firma, za předpokladu, že by se našli tři podobní zákazníci, jako jsou již zmíněná střediska.

V poslední kapitole jsem porovnal stávající způsob zásobování se mnou navrženým způsobem. Provedl jsem základní ekonomické porovnání. Zjistil jsem, v jaké míře je zásobování pomocí dronů efektivnější z hlediska pracovní síly a o kolik by mohlo být levnější než stávající řešení. Na závěr jsem shrnul, jaké možnosti by mohl nový druh zásobování otevřít.

Z výsledků mé práce vyplývá, že zásobování odlehlých horských středisek pomocí dronů je technologicky možné i ekonomicky výhodné. V případě že zásobování provádí sami provozovatelé chat k výrazné finanční úspoře sice nedojde, ale pokud by v budoucnu byl problém najít nosiče, kteří by byli ochotni tuhle fyzicky velice náročnou práci dělat, tak tu je navržen způsob, který tyto osoby nahradí za podobných finančních podmínek. V případě že zásobování provádí externí firma a za předpokladu nalezení tří dalších podobných zákazníků, jako jsou zmíněné chaty ve Vysokých Tatrách by bylo možné provádět zásobování levněji a efektivněji než stávající nosiči.

Použité zdroje

- [1] KELLER, Ladislav, *Bezpilotní letadla – dělení dle automatizace – prezentace*, Praha 22.3. 2019 [cit. 2019 04-15]
- [2] dronweb.cz *Co je dron?* [online] [cit. 2019 09-05] dostupné z: <http://droneweb.cz/co-je-dron>
- [3] JIRKU, Michal *Studie pro využití bezpilotních letadel – dronů v komerčním prostředí* [online] Praha 2016 [cit. 2019 09-06] Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní. Vedoucí práce Ing. Petra Skolilová
- [4] MALANIK, Tomáš *Monitorování obtížně dostupných prostor* [online] Zlín 2015 [cit. 2019 09-08] Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky. Vedoucí práce. doc Mgr. Milan Adámek PhD.
- [5] rcprofi.cz *Drony zachraňují lidské životy* [online] Chrudim 2019 [cit. 2019 09-10] dostupné z: <https://www.rcprofi.cz/novinky/pocet-zivotu-zachranenych-drony>
- [6] ct24.ceskatelevize.cz *Protizraločí drony zachraňují v Austrálii lidské životy. Jsou vybaveny vojenskou technologií* [online] Praha 2017 12-15, [2019 09-11] dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/veda/2333833-protizraloci-drony-zachranuji-v-australii-lidske-zivoty-jsou-vybavene-vojenskou>
- [7] hybrid.cz *Droni jako létající záchranáři* [online] Praha 2014 11-03 [cit. 2019 09-12] dostupné z: <http://www.hybrid.cz/drony-zachranuji-lidi-se-srdecni-zastavou>
- [8] ZEMAN, Radek, horskaslužba.cz *Drony pomáhají horské službě* [online] Špindlerův Mlýn 2019 01-18 [2019 09-18] dostupné z <https://www.horskaslužba.cz/cz/aktualni-informace/aktualne/napsali-o-nas/2784-drony-pomahaji-horske-sluzbe>
- [9] NOVÁK, Vítek, dronweb.cz *Litevský dron umývá okna až 20x rychleji než člověk* [online] 2018 11-27 [cit. 2019 09-25] dostupné z: <http://droneweb.cz/civilni-drony/item/278-litevsky-dron-umyva-okna-az-20x-rychleji-nez-clovek>
- [10] NOVÁK, Jan, dronweb.cz *Dron Agras MG-1S: práškovací letadlo pro každého* [online] 2018 10-07 [cit. 2019 09-31] dostupné z: <http://droneweb.cz/civilni-drony/item/268-drony-zemedelstvi-agras>
- [11] SLÍŽEK, David, lupa.cz *Doručování nákupů drony spustíme během několika měsíců, oznámil Amazon* [online] 2019 06-06 [cit. 2019 10-02] dostupné z: <https://www.lupa.cz/aktuality/dorucovani-nakupu-drony-spustime-behem-nekolika-mesicu-oznamil-amazon/>

- [12] PETROVA, Magdalena, computerworld.com *DHL's Parcelcopter is drone delivery in action* [online] London 2016 06-10 [cit. 2019 10-05] dostupné z: <https://www.computerworld.com/article/3082652/dhls-parcelcopter-is-drone-delivery-in-action.html>
- [13] HAMAN, Tomáš *Přehled bezpilotních letounů* [online] Brno 2010 [cit. 2010 05-20] Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojího inženýrství. Vedoucí práce: Ing. Ivan Dofek
- [14] PŘEDPIS L2 *Doplněk X – Bezpilotní systémy* [online] Praha 2017 11-16 [cit. 2019 10-10] dostupné z <https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>
- [15] NOVÁK, Vítek, dronweb.cz *Předpisy pro létání s drony v ČR* [online] 2016 02-29 [cit. 2019 10-15] dostupné z: <http://www.dronweb.cz/legislativa-provozu-dronu/item/37-predpisy-pro-letani-s-drony-v-cr>
- [16] PESTRÝDES, Patrik *Typy bezpilotních prostředků a jejich využití v komerční sféře*[online] Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní. Vedoucí práce: Ing. David Hůlek
- [17] HOLLAND Phillip Johan Hofseth – sdělení pomocí e-mailové komunikace ze dne 8. 3. 2019 emailová komunikace s výrobcem – přílohy 1,2,3,4
- [18] *Mapy.cz* [online]. [cit. 2020-08-02]. Dostupné z: www.mapy.cz
- [19] TERYHO A ZBOJNICKÁ CHATA provozovatelé – sdělení pomocí e-mailové komunikace ze dne 4.5. 2018
- [20] meteoblue.com *Podnebí Vysoké Tatry* [online] [cit. 2019 10-22] https://www.meteoblue.com/cs/po%C4%8Das%C3%AD/historyclimate/climatemodelled/vysok%C3%A9-tatry_slovensko_723119
- [21] svetdronu.cz *DHL předběhlo Amazon: V Německu už doručují zboží drony* [online] 2015 08-09 [cit. 2019 11-22] dostupné z: <https://svetdronu.net/dhl-predbehlo-amazon-v-nemecku-uz-dorucuji-zbozi-drony/>
- [22] dronin.cz *Budoucnost boje s požáry? Drony budou při tom* [online] Praha 2019 05-28 [2019 11-23] dostupné z: <https://www.dronim.cz/budoucnost-pozary/>
- [23] dji.com *DJI drones save the day during Texas flood rescue* [online] Šen-Čen 2015 05-26 [cit. 2019 11-24] dostupné z: <https://www.dji.com/cz/newsroom/news/dji-drones-save-the-day-during-texas-flood-rescue>

[24] MINAŘÍK, Petr, droncentrum.cz *Čínské letectvo poprvé využilo dron při zemětřesení* [online] Brno 2016 02-23 [cit. 2019 11-25] dostupné z: <http://www.droncentrum.cz/cinske-letectvo-poprve-vyuzilo-dron/>

[24] dji.com *Volcano Eruption* [online] Šen-Čen 2014 10-01 [cit. 2019 11-26] dostupné z: <https://www.dji.com/cz/search?q=volcano%20eruption>

[25] *HobbyKing* [online]. [cit. 2020-08-03]. Dostupné z: https://hobbyking.com/en_us/multistar-high-capacity-6s-20000mah-multi-rotor-lipo-pack.html?store=en_us

Seznam obrázků:

Obrázek 1 - Dron Griff 135.....	22
Obrázek 2 - Schéma plochy pro depa.....	25
Obrázek 3 - Umístění AAT.....	26
Obrázek 4 - Mapa trasy nosiče z Hrebienoku na Téryho chatu.....	27
Obrázek 5 - Výškový profil turistické trasy Hrebienok-Téryho chata.....	28
Obrázek 6 - Trasa zásobování Teryho chaty	29
Obrázek 7 - Trasa Hrebienok-Zbojnická chata.....	30
Obrázek 8 - Výškový profil terénu trasy Hrebienok-Teryho chata.....	31
Obrázek 9 - Diagram průměrných teplotních maxim a minim	33
Obrázek 10 – Diagram množství deštivých dní v jednotlivých měsících.....	35
Obrázek 11 - Diagram počtu dnů, kdy rychlost větru přesahuje dané rychlosti	36
Obrázek 12 - Graf závislosti tržeb, nákladů a zisku na čase Scénáře I	43
Obrázek 13 - Graf závislosti tržeb, nákladů a zisku na čase Scénáře III	48
Obrázek 14 - Nosiči dodnes nosí zásoby pěšky.....	49

Seznam tabulek:

Tabulka 1 - Doba okruhu jednoho letu	32
Tabulka 2 - Roční náklady	42
Tabulka 3 - Tržby, náklady a zisk v čase.....	43
Tabulka 4 - Příklad periody obsluhy středisek.....	44
Tabulka 5 - Denní náklady	46
Tabulka 6 - Tržby, náklady a zisk v čase Scénáře III.....	47
Tabulka 7 - Tržby, náklady a zisky při poloviční ceně.....	50
Tabulka 8 - Tržby, náklady a zisky při 20% slevě.....	51

Seznam příloh:

Příloha 1 - Informace od výrobce Griffaviation 1	
Příloha 2 - Informace od výrobce Griffaviation 2	
Příloha 3 - Informace od výrobce Griffaviation 3	
Příloha 4 - Informace od výrobce Griffaviation 4	

Přílohy:

14. 7. 2020

Gmail - Heavy lifted drones



Kuba Švub <kuba.svub@gmail.com>

Heavy lifted drones

Phillip Johan Hofseth Holand <phillip@griffaviation.com>
Komu: Kuba Švub <kuba.svub@gmail.com>

8. března 2019 13:20

Hi,

As of now our first platform, the GRIFF 135, is now available for pre-purchase and will be shipped throughout 2019. It will come with a standard package including:

1 GRIFF 135, standard version EUR 225 000.-

- 1 Dual Charger (one-hour charging)
- 1 Set of batteries (two batteries in 1 set)
- 1 Tablet **or** Ground Station
- 1 RC controller
- 1 Transport box

GRIFF 135 will have an **optimal** payload of 30kg, with an airtime of about 30 - 40 minutes. However, it will have a maximum payload of 75kg but with considerable less airtime.

All our drones are also capable to be fully customized to your needs, however, all customizations and add-ons outside the standard package will come at additional costs.

Transport, insurance and custom fee is not included in the price. Delivered as **DAP** (Delivery At Place)

Příloha 3 - Informace od výrobce Griffaviation 1

We are also going to certify our drones the same way as an airplane or helicopter through the European Aviation Safety Agency (EASA) and the Norwegian civil aviation authorities (CAA). This means that our drones will be of the utmost industrial quality, highly robust and will have up to triple redundancy. This certification process is lengthy, and there does not exist a certification protocol for the type of drones we make. However, we are in close dialog with both the Norwegian CAA and the EASA, and when the rules and regulations are ready, we will be ready as well. The certification is both a quality stamp and a competitive advantage.

Other platforms, such as the GRIFF 350, is still under development and will not be available for another couple of years.

The GRIFF 135 can fly in a maximum of 15 m/s winds. The GRIFF 135 will have a cruising speed of about 60 km/h with payload.

Best regards,

<https://mail.google.com/mail/u/0?ik=f89c53d173&view=pt&search=all&permmsgid=msg-f%3A1627439899601856576&dsqt=1&simpl=msg-f%3A1...> 1/4

14. 7. 2020

Gmail - Heavy lifted drones

—
Phillip Johan Hofset Holand
GRIFF Overseas/Business Development

GRIFF Aviation

www.griffaviation.com www.facebook.com/Griffaviation/ www.youtube.com/Griffaviation/

GRIFF Aviation AS, [Bakkedamsvegen 32](#), 6230 Sykkylven, Norway

The data contained in this email may be confidential and/or privileged and is only for the person or entity to which it is addressed. Any use of this data by other than the intended recipient is prohibited. If you receive this email in error, please contact the sender and delete the material from any computer.

Příloha 4 - Informace od výrobce Griffaviation 2

14. 7. 2020

Gmail - Heavy lifted drones



Kuba Švub <kuba.svub@gmail.com>

Heavy lifted drones

Phillip Johan Hofseth Holand <phillip@griffaviation.com>
Komu: Kuba Švub <kuba.svub@gmail.com>

20. března 2019 9:40

Hi,

The battery will take about 20 kWh to charge and also when it is flying.

Best regards,

—
Phillip Johan Hofset Holand
GRIFF Overseas/Business Development

GRIFF Aviation

www.griffaviation.com www.facebook.com/Griffaviation/ www.youtube.com/Griffaviation/

GRIFF Aviation AS, [Bakkedamsvegen 32](#), 6230 Sykkylven, Norway

The data contained in this email may be confidential and/or privileged and is only for the person or entity to which it is addressed. Any use of this data by other than the intended recipient is prohibited. If you receive this email in error, please contact the sender and delete the material from any computer.

Příloha 5 - Informace od výrobce Griffaviation 3

16. 7. 2020

Gmail - Heavy lifted drones



Kuba Švub <kuba.svub@gmail.com>

Heavy lifted drones

Phillip Johan Hofseth Holand <phillip@griffaviation.com>
Komu: Kuba Švub <kuba.svub@gmail.com>

1. dubna 2019 9:01

We have tested the drone in +40 celcius and -30 celcius, and it works perfectly.

The dimensions of the transport box is approximately 2,5m x 2,5m.

Best regards,

—

Phillip Johan Hofset Holand
GRIFF Overseas/Business Development

GRIFF Aviation

www.griffaviation.com www.facebook.com/Griffaviation/ www.youtube.com/Griffaviation/

GRIFF Aviation AS, [Bakkedamsvegen 32](#), 6230 Sykkylven, Norway

The data contained in this email may be confidential and/or privileged and is only for the person or entity to which it is addressed. Any use of this data by other than the intended recipient is prohibited. If you receive this email in error, please contact the sender and delete the material from any computer.

Příloha 6 - Informace od výrobce Griffaviation 4