



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

LETECKÝ ÚSTAV

INSTITUTE OF AEROSPACE ENGINEERING

ROZBOR LETECKÝCH NEHOD ULTRALEHKÝCH LETOUNŮ

ANALYSIS OF ULTRALIGHT AIRCRAFT ACCIDENTS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Richard Belák

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Hana Procházková

BRNO 2024

Zadání diplomové práce

Ústav:	Letecký ústav
Student:	Bc. Richard Belák
Studijní program:	Letecká a kosmická technika
Studijní obor:	Technologie provozu letadlové a letištní techniky
Vedoucí práce:	Ing. Hana Procházková
Akademický rok:	2023/24

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.1111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Rozbor leteckých nehod ultralehkých letounů

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Příčinou řady leteckých nehod je přechod do druhého režimu letu a následná nemožnost nebo neschopnost se z něj dostat. To závisí, jak na zkušenostech pilota, tak na letových vlastnostech daného letounu.

Cíle diplomové práce:

Cílem práce je tedy výběr leteckých nehod ultralehkých letounů na území České republiky jejichž ať už primární nebo spolupodílející se příčinou byl 2. režim letu. Z tohoto výběru poté analyzovat na jakých letounech se nehody staly a jaká byla kvalifikovanost posádky. Dále porovnat s počtem kusů daného typu registrovaného v ČR.

Seznam doporučené literatury:

PŘEDPIS L 13, Letecká informační služba

DANĚK, Vladimír. Mechanika letu. II, Letové vlastnosti. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. ISBN 978-80-7204-761-1.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2023/24

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Jaroslav Juračka, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.
děkan fakulty

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá rozбором nehod ultralehkých letounů, které se dostaly do druhého režimu letu a následně havarovaly. Většina nehod skončila naneštěstí fatálně, a tak je tato diplomová práce koncipována tak, aby na jejím konci měl čtenář povědomí o tom, jakých chyb se piloti dopustili a jak se jim vyvarovat. V práci je vysvětlen vznik druhého režimu a podrobně rozebrány nehody, které jím byly způsobeny. Nejohroženější skupinou se jeví piloti, kteří se pohybují ve věkovém rozmezí 61–72 let a měli nálet do 600 letových hodin. Tito piloti měli v některých případech před letem několika měsíční přestávku a jejich letoun nebyl často v provozuschopném stavu. Častou chybou byla snaha vybírat tzv. „nemožnou zatáčku“ a v některých případech hrála roli pilotní nekázeň.

Abstract

This thesis deals with the analysis of accidents of ultralight aircraft that entered the reversed command flight mode and subsequently crashed. Unfortunately, most of the accidents ended fatally, and so this thesis is designed so that at the end of it the reader will have an understanding of what mistakes pilots have made and how to avoid them. The thesis explains the origins of the reversed command and discusses in detail the accidents it caused. The most at-risk group appears to be pilots who are in the 61–72 age range and have flown up to 600 flight hours. In some cases, these pilots had a break of several months before the flight and their aircraft was often not in serviceable condition. A frequent mistake was the effort to choose the so-called "impossible turn" and in some cases pilot indiscipline played a role.

Klíčová slova

Letecká nehoda, ultralehký letoun, 2. režim letu, mechanika letu, rozbor nehod.

Key words

Aircraft accident, ultralight airplane, reversed command, flight mechanics, accident analysis.

Bibliografická citace

BELÁK, Richard. *Rozbor leteckých nehod ultralehkých letounů*. Brno, 2024. Dostupné také z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/158025>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Letecký ústav. Vedoucí práce Hana Procházková.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Rozbor leteckých nehod ultralehkých letounů vypracoval samostatně s použitím veškerých uvedených literárních pramenů a jiných zdrojů pod vedením vedoucí práce Ing. Hany Procházkové.

V Brně dne 24. května 2024

Bc. Richard Belák

Obsah

1. Úvod.....	9
2. Vznik nehod a vymezení termínu.....	10
2.1 Definice	10
2.2 Obecná statistika leteckých nehod	11
2.1.1 Reasonův model	13
2.1.2 SHELL.....	14
2.1.3 Dirty dozen.....	15
3. Úvod do mechaniky letu	18
3.1 Horizontální let	18
3.1.1 Síly působící na letadlo v ustáleném horizontálním letu.....	18
3.1.2 Potřebný tah	19
3.1.3 Potřebný výkon	21
3.2 Faktory ovlivňující potřebný tah a potřebný výkon.....	23
3.2.1 Výška letu	23
3.2.2 Vliv způsobený změnou hmotnosti	25
3.2.3 Vliv způsobený změnou konfigurace	25
3.3 Využitelný tah a výkon.....	26
3.3.1 Maximální rychlost.....	26
3.3.2 Minimální rychlost	27
3.3.3 Druhý režim letu.....	28
3.4 Omezení letounu v zatáčkách	30
4. Nehody způsobené druhým režimem letu.....	33
4.1. Nehody se smrtelným zraněním	33
4.1.1. ASSO 4 WHISKY, 8. září 2018	33
4.1.2. Zenair CH-601XL, 4. června 2016.....	35
4.1.3. D4BK F80/100 Fascination, 9. dubna 2018	37
4.1.4. WT9 Dynamic, 26. června 2014	39
4.1.5. Bristell NG 5 Elsa, 8. listopadu 2016.....	41
4.1.6. Skylane UL, 21. srpna 2015.....	42
4.1.7. Ragwing Special, 4. dubna 2016.....	43
4.1.8. Kolibřík KK-1, 29. září 2009.....	45
4.1.9. Corsair UL, 10. srpna 2013.....	46
4.1.10. Fisher Flying Horizon 1, 29. července 2021.....	47

4.1.11 D8 Straton Moby Dick, 23. září 2016	49
4.1.12 EV-97 Eurostar, 19. července 2012	50
4.1.13 Vixen II, 11. července 2011	51
4.1.14 Bristell ELSA, 24. dubna 2020	54
4.1.15 TL-2000 Sting, 28. dubna 2012	55
4.2. Nehody bez smrtelného zranění	57
4.2.1. ELLIPSE Spirit, 10. srpna 2019	57
4.2.2. Další nehody	59
4.3. Vyhodnocení nehod	60
4.3.1 Nálet	60
4.3.2 Přestávka v létání	62
4.3.3 Věk	63
4.3.4 Pilotní průkazy	64
4.3.5 Stavba letadel	65
4.3.6 Počet ultralehkých letounů zapsaných v leteckém rejstříku LAA ČR	66
5. Závěr	67
6. Zdroje literatury	68
7. Seznam zkratk a symbolů	71

1. Úvod

Letecké nehody jsou nežádoucí fenomén, který by v ideálním světě neměl existovat. Nicméně se pořád dějí a zbytečně při nich přicházejí lidé o své životy. Nejsmutnější na tom je, že se v nich často opakují stejné chyby, kterým by se dalo snadno předejít. Práce se snaží být koncipována tak, aby si z ní piloti odnesli cenné informace, které by jim mohly pomoci předejít právě takovým nehodám.

Tato diplomová práce se zabývá leteckými nehodami, které se staly pilotům ultralehkých letounů, kde hlavním nebo vedlejším faktorem vzniku nehody byl druhý režim letu. Je zde rozebrán obecný vznik nehod v civilním letectví, ze kterého vyplývá, že největší podíl na vzniku leteckých nehod má lidský faktor. Z toho důvodu je zde také probráno několik modelů, které blíže popisují možný vznik chyb vlivem lidského faktoru.

Další velkou částí této práce je kapitola věnována mechanice letu, ve které jsou vysvětleny základní fyzikální zákony, které jsou nezbytné pro pochopení toho, jak funguje druhý režim letu. Mimo jiné jsou zde také vysvětleny faktory, které ovlivňují potřebný tah a potřebný výkon.

Nejdůležitější a nejobsáhlejší kapitolou jsou nehody způsobené druhým režimem letu, kde jsou podrobně popsány letecké nehody, které vychází ze závěrečných zpráv Ústavu pro odborné zjišťování příčin leteckých nehod. Z nepřeberného množství leteckých nehod mezi lety 2001 až 2023, bylo ze závěrečných zpráv vybráno celkem 16 nehod, které splňovaly výše popsaná kritéria. Na rozdíl od velkých dopravních letadel, ty ultralehké nemají na svých palubách „černé skříňky“ a z toho důvodu jsou rozbory nehod postaveny často na výpovědích svědků, kteří byli na místě nehody přítomni.

Na základě dat získaných z nehod, byly vypracovány statistiky, které odhalily nejohroženější skupinu pilotů a chyby, kterých se piloti nejčastěji během letu dopustili.

2. Vznik nehod a vymezení termínu

2.1 Definice

Letecký předpis L13 o odborném zjišťování příčin leteckých nehod a incidentů definuje leteckou nehodu takto:

„Událost spojená s provozem letadla, která se, v případě pilotovaného letadla, stala mezi dobou, kdy jakákoliv osoba nastoupila do letadla s úmyslem vykonat let a dobou, kdy všechny takové osoby letadlo opustily, nebo která se, v případě bezpilotního letadla, stala mezi dobou, kdy letadlo je připraveno k pohybu pro účely letu a dobou, kdy zastaví na konci tohoto letu a hlavní pohonná soustava je vypnuta, a při které:

a) některá osoba byla smrtelně nebo těžce zraněna následkem: - přítomnosti v letadle, nebo –přímého kontaktu s kteroukoli částí letadla, včetně částí, které se od letadla oddělily, nebo – přímým působením proudu plynů (vytvořených letadlem), s výjimkou případů, kdy ke zranění došlo přirozeným způsobem, nebo způsobila-li si je osoba sama nebo bylo způsobeno druhou osobou, nebo jestliže šlo o černého pasažéra ukrývajícího se mimo prostory normálně používané pro cestující a posádku; nebo

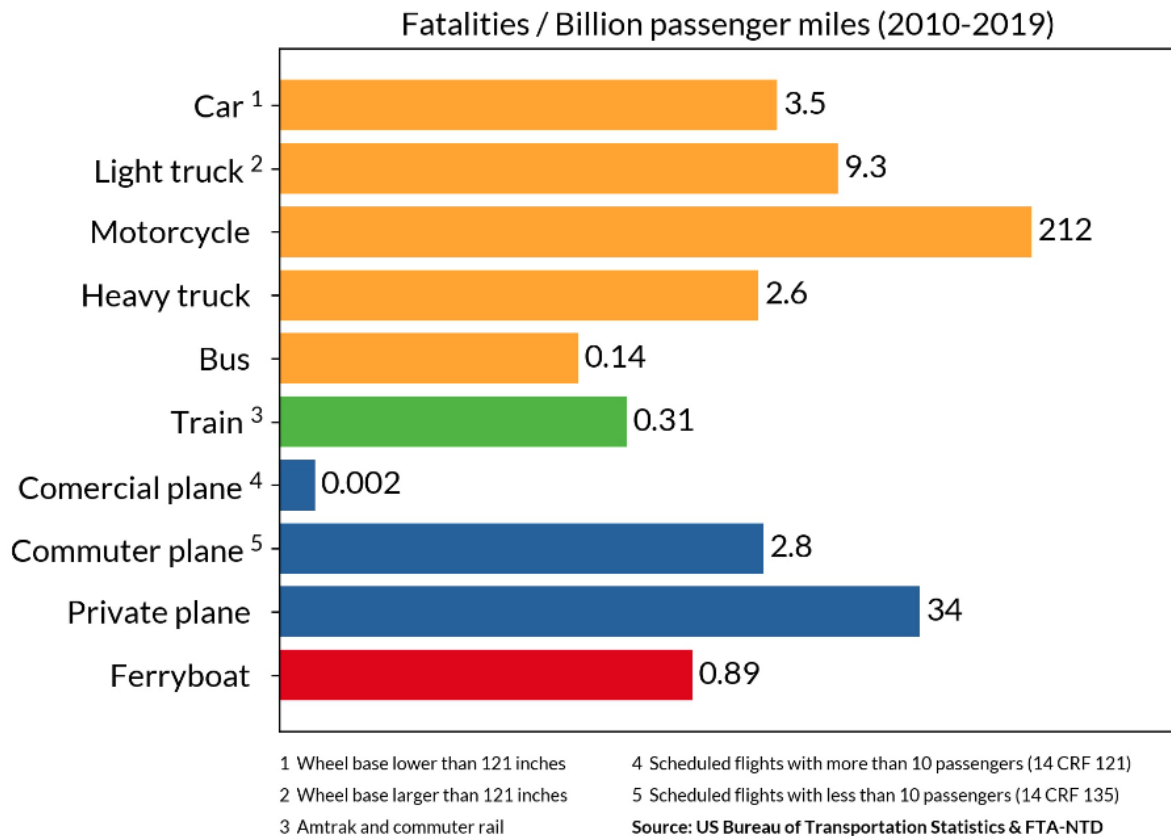
b) letadlo bylo zničeno, nebo poškozeno tak, že poškození: - nepříznivě ovlivnilo pevnost konstrukce, výkon nebo letové charakteristiky letadla, a - vyžádá si větší opravu nebo výměnu postižených částí, s výjimkou poruchy nebo poškození motoru, jestliže toto poškození je omezeno pouze na jeden motor (včetně jeho příslušenství nebo motorových krytů); vrtulí (rotorových listů), okrajových částí křídel, antén, snímačů, lopatek, pneumatik, brzd, podvozku, aerodynamických krytů, palubní desky, krytů přistávacího zařízení, čelních skel, potahu letadla (jako jsou malé vrypy nebo proražení) nebo nevýznamná poškození listů hlavního rotoru, listů ocasního rotoru, přistávacího zařízení a těch poškození, která jsou zapříčiněna krupobitím nebo střetem s ptákem (včetně poškození krytu radarové antény na letadle); nebo

c) letadlo je nezvěstné, nebo je na zcela nepřístupném místě.“ [1]

2.2 Obecná statistika leteckých nehod

Je obecně známým faktem, že letecká doprava se řadí k vůbec nejbezpečnějšímu druhu dopravy. Statistiky ukazují, že pravděpodobnost úmrtí při leteckých nehodách je mnohem nižší než při jízdě automobilem nebo při jiných způsobech dopravy. Letecký provoz se dá dále rozdělit na několik typů, a proto může být toto obecné tvrzení poněkud zavádějící. Na následujícím grafu 1 je znázorněn poměr počtu smrtelných zranění na každou miliardu osobomil.

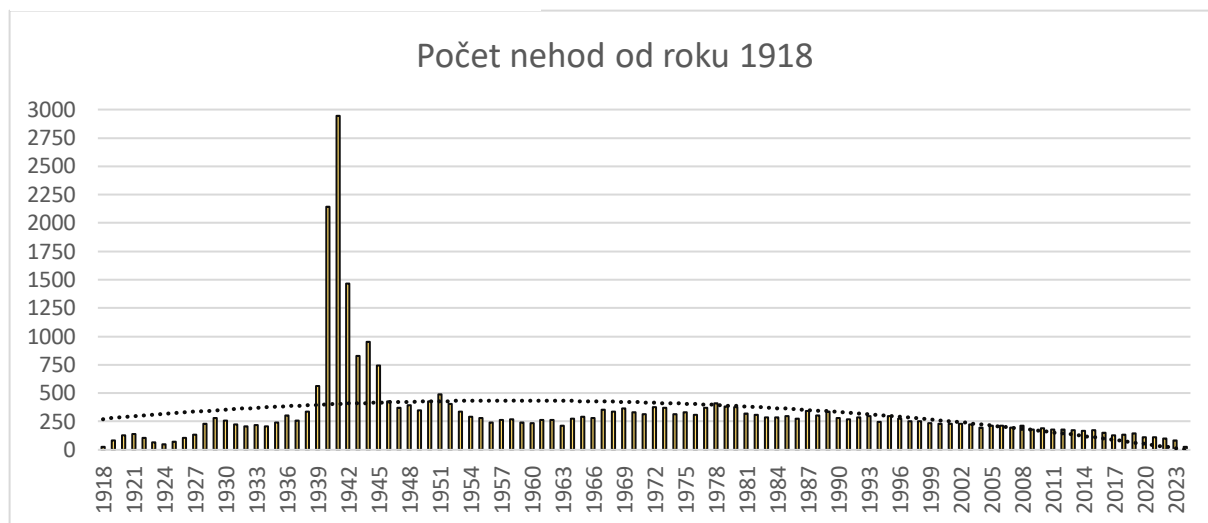
Graf 1: Poměr počtu smrtelných zranění na každou miliardu osobomil [2]



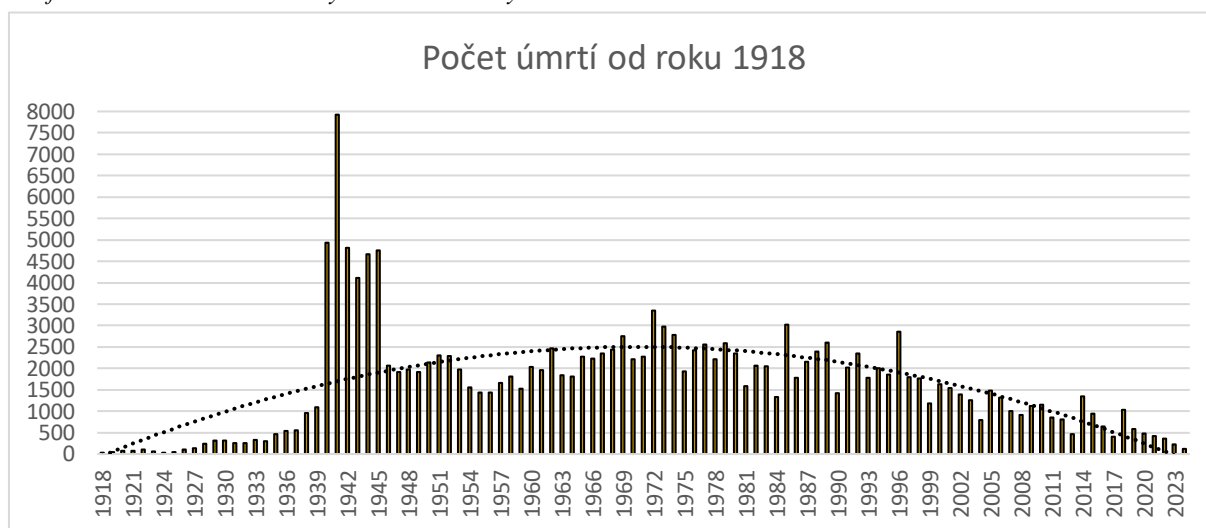
Ze všech druhů dopravy vychází z grafu 1 nejlépe komerční letecká doprava, přepravující 10 a více pasažérů. To je způsobeno primárně náročným pilotním výcvikem, údržbou a snahou o to vytvořit co nejbezpečnější letové postupy, které mají právě leteckým nehodám předcházet. Dalším druhem komerční letecké přepravy, který je v grafu 1 označen jako „Commuter plane“ je plánovaná letecká doprava, pro letadla, které převážejí méně než 10 pasažérů a vychází hned 1400krát hůř než první druh letecké přepravy, ale i tak tento druhý typ letecké přepravy statisticky o ¼ bezpečnější než jízda autem.

Leteckými nehodami velkých letadel (s maximální vzletovou hmotností řádově nad 2500 kg) se zabývá i Archiv Úřadu pro letecké nehody (B3A), který na svých webových stránkách [3] publikuje data na kterých jsou zachyceny nehody od roku 1918. Data z B3A, jsou dále zpracovaná na grafech 2 a 3.

Graf 2: Počet leteckých nehod mezi lety 1918-2024



Graf 3: Počet úmrtí během leteckých nehod mezi lety 1918-2024

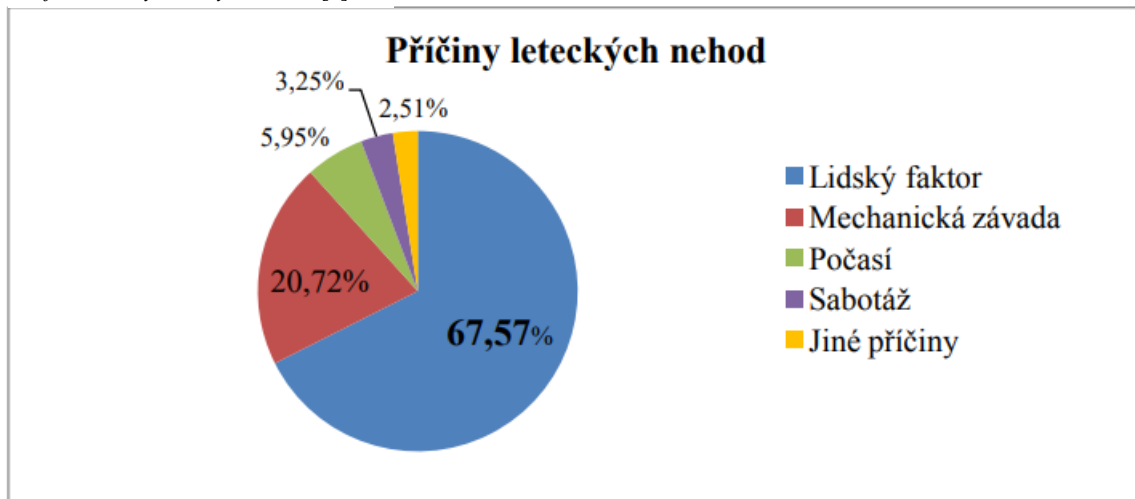


Na grafech 2 a 3 jsou největší hodnoty leteckých nehod tak úmrtí mezi lety 1940–1945, tedy v období druhé světové války. Oba grafy 2 a 3 jsou proloženy polynomem druhého řádu, na kterém můžeme sledovat jejich lokální maximum. U grafu 2 s nehodami dosahuje funkce svého maxima někdy kolem roku 1958 a od té doby se snižuje až do současnosti. U grafu 3 s úmrtím vlivem leteckých nehod je pak toto maximum více zřetelné a nachází se v roce 1968, kdy ustavičně klesá. Celkový počet leteckých nehod během zaznamenaných 106 let činí 34 494, tyto nehody vedly ke 173 696 úmrtím, to činí 5 mrtvých na jednu leteckou nehodu.

Druh letecké přepravy, který je pro tuto práci nejdůležitější, je označen jako „Private plane.“ Právě do něj spadají veškerá letadla malého letectví, jak certifikovaná letadla, tak i ultralehké letouny. Tyto typy letadel pochopitelně nezařaduje žádná velká aerolinka, která by vydávala postupy a pravidelně přeškolovala svoje piloty na simulátorech. Na piloty ultralehkých letounů jsou kladeny menší požadavky než na jiné piloty letounů, jak už ve výcviku, tak i v prodloužení pilotního průkazu. To je do jisté míry způsobeno i tím, že na ultralehkých letounech se nesmí provozovat žádná komerční činnost [30], kromě výcviku a pronájmu, což se v praxi často opomíjí.

Všechny 3 kategorie mají jedno společné, a to, že letecká nehoda nebývá způsobena jen jedním faktorem, ale z pravidla to bývá souhrn špatných rozhodnutí, nebo nešťastných náhod. V počátcích letectví tvořily nehody hlavně mechanické závady a jen malá část byla způsobena lidským faktorem. S technickým pokrokem se ale tento poměr otočil a dnes je naprostá většina nehod způsobena právě lidským činitelem [4]. Na následujícím grafu jsou zpracována data, které ukazují hlavní příčiny leteckých nehod.

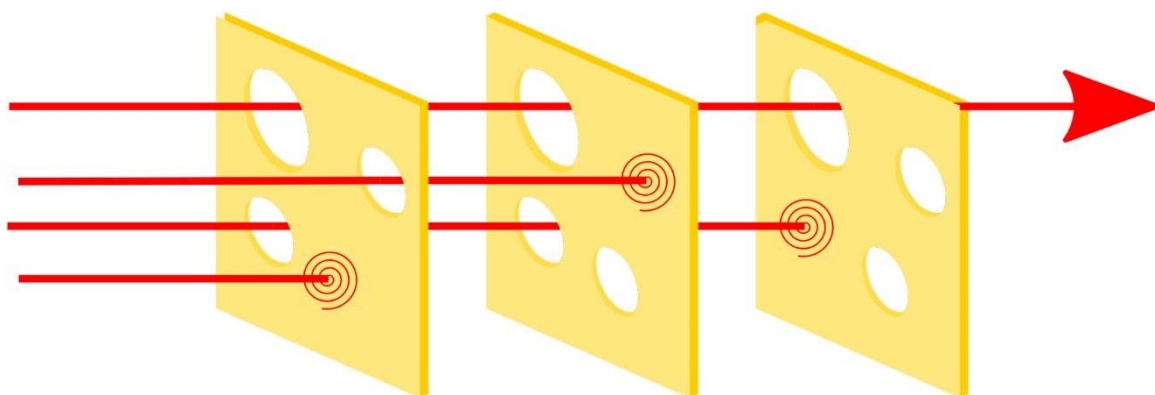
Graf 4: Příčiny leteckých nehod [5]



Graf 4 se zaměřuje především na nehodovost dopravních letadel, který do jisté míry reflektuje jevy, které se opakují i u ultralehkých letadel. Ultralehké letouny se sice nepotýkají se sabotáží, ale o to víc mívají horší údržbu, což může vést k mechanické závadě a menší požadavky na posádku, a to může způsobovat zvýšenou chybu vlivem lidského faktoru. Následující podkapitoly se proto zabývají modely, které představují vznik chyb vlivem lidského faktoru.

2.1.1 Reasonův model

Tento model publikoval James Reason v 90. letech minulého století a popisuje, že každá chyba se skládá z několika vrstev, které k ní vedly. Používá se nejen v letectví, ale všude tam, kde by mohlo dojít k lidskému selhání. V literatuře se často označuje jako model švýcarského sýru, protože právě na tomto děravém sýru Reason demonstroval svoji teorii.



Obr. 1: Reasonův model [6]

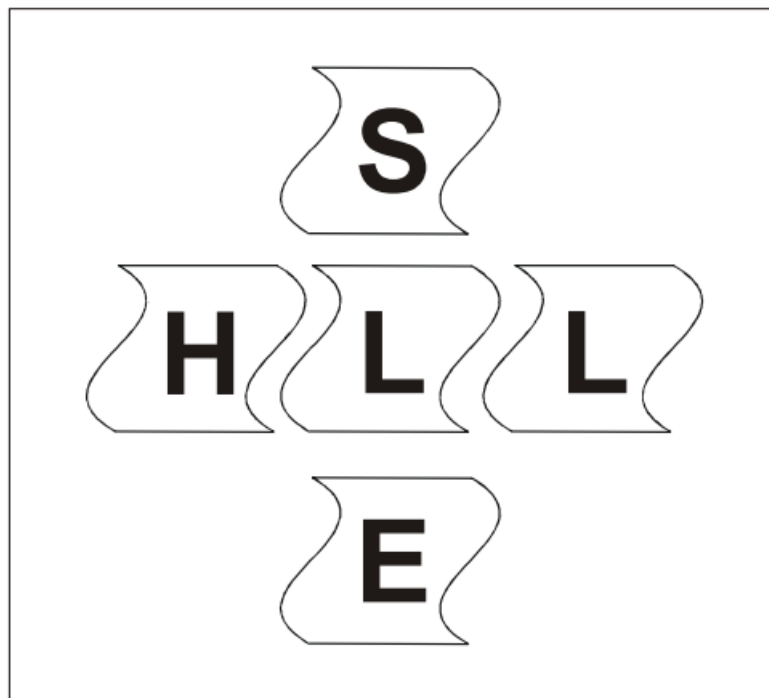
Na začátku do modelu vstupují čtyři vstupy, které se dají chápat jako možné nehody. Sýrem, který tvoří překážku, může být třeba kvalitní výcvik a už je evidentní, že jedna překážka

dokázala eliminovat jeden vstup. Následující překážkou by mohlo být třeba každoroční zimní školení pilotů, které opět by zamezilo dalšímu vzniku nehody.

Jednoduše čím víc se do modelu přidá překážek v podobě sýru, tím víc se snižuje možnost výskytu letecké nehody. Někdy ale ani to nemusí stačit, protože v podobě překážky může být skrytá vada, která se objeví, právě až po vzniku nehody. Takovou skrytou vadou může být třeba neustálé porušování předpisů, které jsou koncipovány tak, aby pomáhaly zlepšení bezpečnosti.

2.1.2 SHELL

Další možností, jak předejít vzniku chyb je zavedení modelu SHELL. Tento model vznikl již v roce 1972 a do grafické formy byl převeden v roce 1975 (obr. 2). Název se skládá z 5 písmen. Písmeno S reprezentuje anglické slovo **Software**, pod kterým se v tomto kontextu skrývají pravidla, předpisy, normy a různé postupy. H pak znamená **Hardware**, které pokrývá letadlo a jeho technické vybavení. Písmeno E značí **Environment** neboli česky prostředí, zde se dají zařadit třeba vibrace od motoru, nebo sociální a ekonomické vlivy. L potom v obou případech znamená **Liveware**, první L představuje pilota, nebo jiný sledovaný subjekt a druhé L pak všechny ostatní lidi, kteří se sledovaným subjektem interagují.



Obr. 2: Grafické znázornění modelu SHELL [7]

Důležité jsou vazby mezi jednotlivými písmeny. Tou nejdůležitější může být **Liveware – Liveware**, která popisuje mezilidské vztahy jak už mezi žákem a instruktorem, pilotem a řídicím letového provozu, nebo mezi členy aeroklubu.

Další vazbou je **Liveware – Environment**, je to vazba, kterou člověk nemůže přímo ovlivnit, ale má na něj značný dopad.

Rozhraní mezi **Liveware – Hardware** hraje velkou roli, protože popisuje vztah člověka s letadlem. Sedadla jsou například navržena s ohledem na anatomii lidského těla, zatímco displeje jsou přizpůsobeny dovednostem uživatele. Ovládací prvky jsou pečlivě koncipovány s ohledem na pohyblivost, intuitivní použití a ergonomii umístění.

Liveware – Software popisuje vztah jednotlivce k dodržování nastavených pravidel, norem a předpisů. Je důležité, aby předpisy byly nastavené tak, aby nebyly příliš omezující a nedělaly létání nebo jakoukoliv jinou činnost zbytečně složitou a nevybízely tak k jejich aktivnímu porušování.

2.1.3 Dirty dozen

Ačkoliv se metoda dirty dozen, nebo chcete-li česky „tucet špinavých“, používá hlavně v organizacích určených k opravám letadel, její krása spočívá v tom, že se dá implementovat na každou činnost. Tato metoda popisuje 12 možných chyb, kterých se člověk může dopustit.

Lack of communication	–	Nedostatek komunikace
Complacency	–	Spokojenost
Lack of knowledge	–	Nedostatek znalostí
Distraction	–	Rozptýlení
Lack of teamwork	–	Nedostatek týmové práce
Fatigue	–	Únava
Lack of resources	–	Nedostatek zdrojů
Pressure	–	Tlak
Lack of assertiveness	–	Nedostatek asertivity
Stress	–	Stres
Lack of awareness	–	Nedostatečná informovanost
Norms	–	Normy

Za nejzávažnější, nebo v tomto případě „nejšpinavější“ se považuje stres, tlak a únava, protože nejvíce ovlivňují ostatní ze zbývajících faktorů vzniku chyb. Ovlivňují také fyzické, psychologické a emocionální pocity člověka.

Nedostatek komunikace – Pokud není komunikace jasná nebo úplná, může to vést k nesprávnému pochopení instrukcí, nebo pokynům a následně k chybám. Tímto nedostatkem mohou být ohroženy informace o stavu a rizicích, což zvyšuje pravděpodobnost vzniku nehody. Nedostatečná koordinace a spolupráce mezi členy týmu, nebo organizace může také vyústit v chyby a nehody. Ztráta situačního povědomí, způsobená nedostatkem komunikace, dále zvyšuje riziko neadekvátní reakce na nečekané události či situace.

Spokojenost – Lidé, kteří se cítí příliš pohodlně a věří, že nemohou udělat chybu, mohou zanedbat důležité bezpečnostní postupy. Spokojenost může vést k nedostatečné pozornosti a soustředění, protože lidé si mohou myslet, že nemusí být tak opatrní, a mohou mít zpomalenou reakci na potenciální rizika nebo varovné signály. Velkou roli ve spokojenosti může hrát i rutinní činnost, například let po známé trati.

Nedostatek znalostí – Lidé s nedostatkem znalostí se mohou ocitnout v situaci, kdy nesprávně rozhodují nebo špatně manipulují s technickým vybavením, anebo nedokážou rozpoznat blížící se nehodu. Tyto nedostatky mohou vést k chybám a nesprávným krokům s potenciálně nebezpečnými následky, což v konečném důsledku zvyšuje riziko nehod. Je důležité, aby piloti měli dostatečné vědomosti a školení, aby byli schopni bezpečně a efektivně minimalizovat riziko nebezpečí.

Rozptýlení – Když jsou piloti rozptýlení, jejich pozornost k důležitým detailům a dějům kolem nich nemusí být dostatečná. To mnohdy vede ke zpožděné reakci v kritických situacích a k chybnému rozhodování, protože nemohou rychle zareagovat na blížící se hrozbu. Navíc se může rozptýlení projevit zvýšeným rizikem během chybné pilotáže.

Nedostatek týmové práce – Tento zdroj možné chyby úzce souvisí s nedostatkem komunikace a může opět nepříznivě ovlivnit vznik nehody. Jeho použití na ultralehké letouny se může zdát těžké, ale nejvíc se může projevit během výcviku, kdy je týmová práce důležitá jak pro žáka, tak pro instruktora. Historicky existuje několik nehod, ke kterým došlo právě v důsledku špatné komunikace a týmové práce, kdy se žák s instruktorem přetahovali o řídicí páky až do pádu letounu.

Únava – Když je pilot unavený, může to vést k poklesu reakčních schopností, snížení koncentrace a zhoršení schopnosti kritického rozhodování. To zvyšuje pravděpodobnost chyb a nepřesností, a to má většinou fatální následky. Unavený pilot může také mít obtíže s udržením pozornosti po delší dobu, to se projevuje hlavně na dlouhých letech. Ultralehké létání slouží především k rekreaci, a proto je důležité sedat do kokpitu odpočatý a znát svoje limity.

Nedostatek zdrojů – Tento nedostatek může mít široké dopady, včetně nedostatečné údržby a oprav letadel, nedostatečného školení posádky, omezení bezpečnostních opatření, nedostatečného vybavení letadel a používání zastaralých map. Nedostatek finančních zdrojů může zvýšit riziko technických poruch a chyb, což může vést opět k nehodám.

Tlak – Nejčastěji vzniká na pilota tlak, když se snaží provést let za každou cenu. Velký tlak na pilota může být způsoben špatným počasím, například při tvorbě cumulonimbů, kdy se jim piloti snaží často marně uletět na svoje domovské letiště. Tento tlak může ovlivnit jeho schopnost objektivně posoudit rizika a přijmout rozhodnutí v rozporu s bezpečnostními standardy.

Nedostatek asertivity – Když pilot nedokáže adekvátně vyjádřit své potřeby, názory nebo obavy, může být nucen realizovat let i za nevhodných podmínek, aby uspokojil očekávání zákazníků či cestujících. Nedostatek asertivity může vést k ignorování možných rizik a bezpečnostních faktorů a přijetí rozhodnutí pod tlakem, což zvyšuje pravděpodobnost nehody. Je tedy nezbytné, aby piloti byli schopni komunikovat jasně a rozhodně, a to i v situacích, kdy jsou vystaveni vnějšímu tlaku, a aby dávali přednost bezpečnosti nad očekáváním cestujících.

Stres – Když je pilot vystaven stresu, může to negativně ovlivnit jejich kognitivní funkce, reakční schopnosti a schopnost rozhodování. Stres může vést k nepozornosti, chybám v posuzování situace nebo rozhodnutí založených na emocích namísto na objektivních informacích. Tento stav může být zvláště problematický v naléhavých nebo mimořádných situacích, kdy je vyžadována rychlá a přesná reakce. Stres může také zvýšit únavu a snížit schopnost koncentrace, toto může vést k zvýšenému riziku chyb a nehod.

Nedostatečná informovanost – Je důležité, aby byl pilot dostatečně informován o aktuálních podmínkách, postupech, technických specifikacích letadla, nebo předpisech. Nedostatečná informovanost může vést k nesprávné interpretaci situace i nedostatečnému porozumění, což může způsobit chybné akce nebo opomenutí důležitých aspektů letu. Je opravdu důležité zjistit si před letem všechny nezbytné informace k provedení bezpečného letu.

Normy – Pravidla v letectví jsou jasně dána, ale i tak se občas stává, že se je někteří jedinci rozhodnou nedodržovat a vytváří si svoje neoficiální. Tato neoficiální pravidla mohou být motivována různými faktory, ať už je to tlak na provedení letu nebo snaha minimalizovat administrativní zátěž. Nicméně, tyto neoficiální pravidla mohou výrazně zvýšit riziko bezpečnostních incidentů a nehod.

Jak je patrné, tak možností, kde může nastat kritická chyba je opravdu hodně. Ačkoliv se na první pohled můžou zdát některé faktory jako nedůležité, opak je pravdou. A právě tyto faktory se mohou vyskytnout jako skryté vady například v modelu švýcarského sýru. Proto jejich opomíjení nemusí nutně postihnout toho, kdo je porušuje a bere na lehkou váhu, ale klidně i jiného člena organizace, který je svědomitě dodržuje.

3. Úvod do mechaniky letu

3.1 Horizontální let

Horizontální let představuje nejdéle trvající fázi letu. Během této fáze se letadlo pohybuje v konstantní nadmořské výšce a ve stejném kurzu. Z provozního hlediska ultralehkých letounů se jedná o druhý nejčastější stav, hned po pozemní fázi. Tato etapa je také důležitá pro optimální využití paliva, protože letadlo v horizontálním letu, při správné pilotáži, minimalizuje odpor vzduchu. Ačkoliv většina ultralehkých letadel nedisponuje autopilotem, tak toto je přesně ta fáze letu, kdy ho pilot, který jej má k dispozici, zapne.

3.1.1 Síly působící na letadlo v ustáleném horizontálním letu

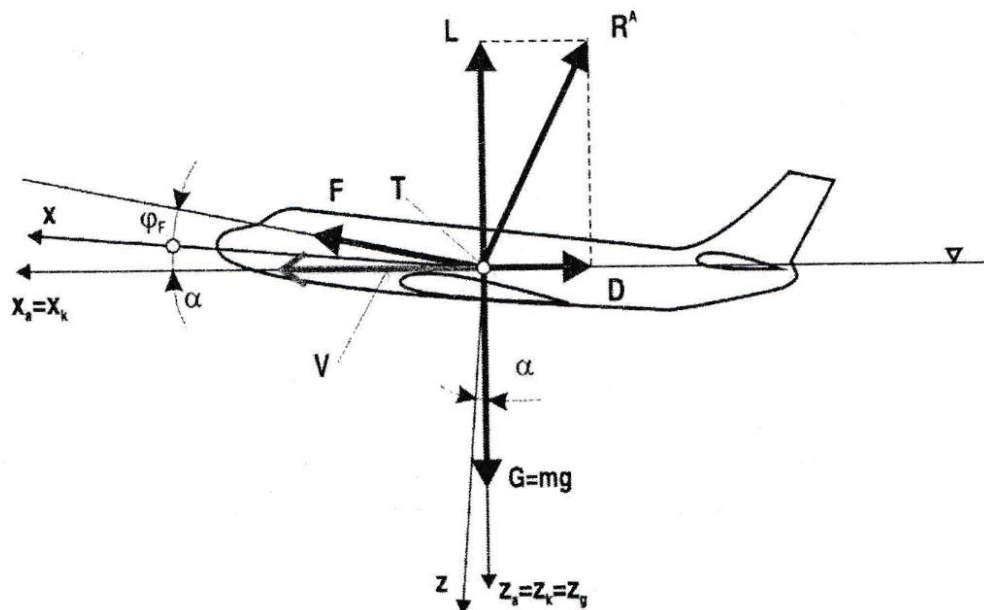
Během horizontálního letu na letoun působí čtyři hlavní síly: tah, odpor, vztlak a tíha (na obrázku 3 jsou označeny následovně F = tah, D = odpor, L = vztlak, G = tíha).

Vztlaková síla, drží letadlo ve vzduchu. Vztlak se generuje primárně křídly, ale ve skutečnosti jej vytváří i trup a další části letadla. Vztlak je aerodynamická síla, která se vytváří obtékáním vzduchu kolem profilu během jeho pohybu. Vztlaková síla působí proti smyslu tíhové síly a je vždy kolmá na odpor a na nabíhající směr vzduchu.

Odpor je aerodynamická síla, která brání pohybu letadla vzduchem. Odpor je generován každou částí letadla. Vektorový součet vztlaku a odporu vytváří výslednou aerodynamickou sílu R^A .

Tah je síla, která pohybuje letadlo vzduchem. Tah se používá k překonání odporu letadla. Tah je generován motorem letadla prostřednictvím pohonného systému.

Tíhová síla působí gravitační přitažlivostí Země na letadlo. Je závislá na hmotnosti letadla a na tíhovém zrychlení. Působí vždy v těžišti letadla směrem dolů k těžišti planety.



Obr. 3: Síly působící na letadlo v horizontálním letu [8]

Z předchozího obrázku se dají odvodit následné rovnovážné vztahy pro horizontální let:

$$F \times \cos(\alpha + \varphi_F) - c_D \times \frac{1}{2} \times \rho \times V^2 \times S = 0 \quad (3.1.1)$$

$$F \times \sin(\alpha + \varphi_F) + c_L \times \frac{1}{2} \times \rho \times V^2 \times S - m \times g = 0 \quad (3.1.2)$$

Obecně platí, že naprostá většina letadel létá v horizontálním letu na malém úhlu náběhu, a proto se tyto rovnice používají ve zjednodušeném tvaru, kdy se uvažuje $\cos(\alpha + \varphi_F) = 1$ a $\sin(\alpha + \varphi_F) = 0$. Po dosažení se pak předchozí rovnice dají zjednodušit takto:

$$F \times 1 - c_D \times \frac{1}{2} \times \rho \times V^2 \times S = 0 \Rightarrow F - D = 0 \quad (3.1.3)$$

$$F = D \quad (3.1.4)$$

$$F \times 0 + c_L \times \frac{1}{2} \times \rho \times V^2 \times S - m \times g = 0 \Rightarrow L - G = 0 \quad (3.1.5)$$

$$L = G \quad (3.1.6)$$

Z předchozích vztahů vyplývá, že během ustáleného horizontálního letu, se tah letounu přímo rovná jeho aerodynamickému odporu. Aerodynamický vztlak se pak rovná tíhové síle.

3.1.2 Potřebný tah

Síla, kterou letadlo potřebuje k překonání odporu vzduchu a k udržení nebo změně své rychlosti, se nazývá potřebný tah. Tento tah je důležitým parametrem pro ovládání letadla a dosahování požadovaného letového režimu. Potřebný tah závisí na několika faktorech, včetně hmotnosti letadla, úhlu náběhu křidel, charakteristik letadla a aktuálních podmínek vzduchu.

Piloti musí udržovat správný poměr mezi tahem a odporem vzduchu v závislosti na fázi letu. Například při startu je potřeba větší tah k překonání silného odporu vzduchu, zatímco při ustáleném horizontálním letu je potřebný tah vyvážen s odporem vzduchu tak, aby se udržela konstantní rychlost. Pro ustálený horizontální let pak platí následující vztah 3.1.7, kdy je tah roven odporu:

$$F_p = c_D \times \frac{1}{2} \times \rho \times V^2 \times S \quad (3.1.7)$$

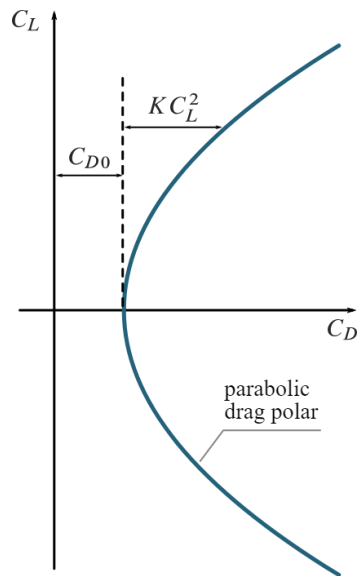
S přechodem na odlišnou rychlost v horizontálním letu dojde ke změně součinitele odporu. Vztah mezi součinitelem odporu letounu a součinitelem vztlaku lze vyjádřit prostřednictvím aerodynamické poláry letounu, která je odvozena z matematického vzorce 3.1.8:

$$c_D = c_{D0} + \frac{c_L^2}{\pi A e} \quad (3.1.8)$$

$$K = \frac{1}{\pi A e} \quad (3.1.9)$$

Tyto vzorce 3.1.8 a 3.1.9 vychází z grafu 5, který zachycuje závislost součinitele vztlaku na součiniteli odporu.

Graf. 5: Analytická polára [9]



Aerodynamická polára popisuje vztah mezi vztlakem a odporem v různých letových podmínkách. Tím umožňuje pilotům detailnější pochopení chování letadla při různých rychlostech a úhlech náběhu.

Po dosažení do předchozích rovnic a za pomoci jednoduché matematické úpravy se získá následující vztah 3.1.10:

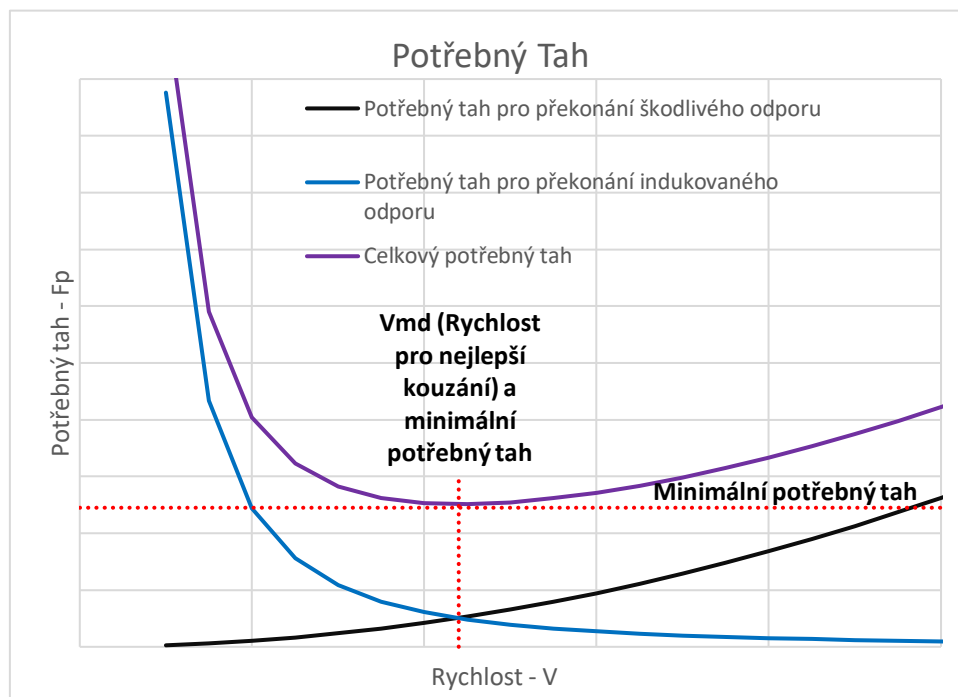
$$F_p = \frac{c_{D0} \times S \times \rho \times V^2}{2} + \frac{2 \times (m \times g)^2}{\pi \times A \times e \times S \times \rho \times V^2} \quad (3.1.10)$$

Z analýzy uvedeného vztahu lze vyčíst, že první podíl představuje nutný tah pro překonání škodlivého odporu letounu. Tento škodlivý odpor, vytvářený interakcí letounu s okolním vzduchem, roste s druhou mocninou rychlosti letu. Jeho nárůst s rostoucí rychlostí letu je zásadním faktorem, který vyžaduje odpovídající zvýšení tahu k jeho překonání.

Naopak druhý zlomek v uvedeném vztahu reprezentuje tah potřebný k překonání indukovaného odporu letounu. Indukovaný odpor je spojen s vytvářením vztlaku a má nepřímou úměrnost k druhé mocnině rychlosti letu. Tato část potřebného tahu s růstem rychlosti klesá kvadraticky.

Celková závislost mezi potřebným tahem a rychlostí letu je detailně znázorněna na grafu 6, kde lze sledovat, jak se mění tah vzhledem k oběma složkám odporu (škodlivému a indukovanému). Tato podrobná analýza je důležitá pro pochopení aerodynamických charakteristik letadla a poskytuje pilotům větší porozumění chování letounu při variabilních rychlostech.

Graf 6: Závislost rychlosti na tahu



3.1.3 Potřebný výkon

Obecně platí, že výkon se dá získat ze součinu rychlosti a tahu. Při výpočtu potřebného výkonu se pak potřebný tah vynásobí rychlostí letu.

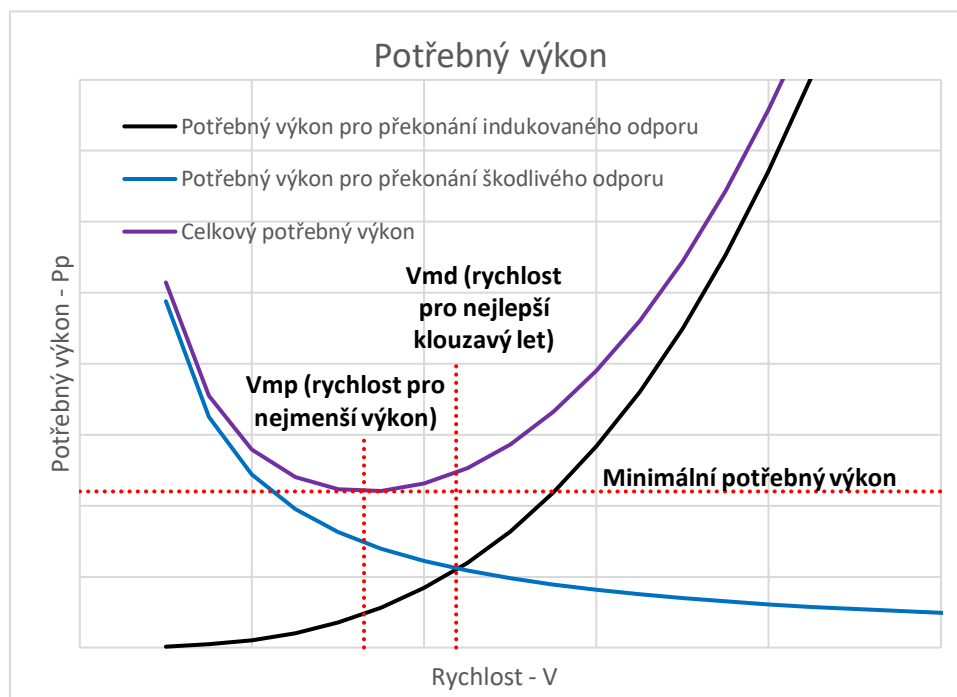
$$P_p = F_p \times V = \frac{c_{D0} \times S \times \rho \times V^3}{2} + \frac{2 \times (m \times g)^2}{\pi \times A \times e \times S \times \rho \times V} \quad (3.1.11)$$

Z uvedeného vztahu 3.1.11 vyplývá, že první člen představuje nutný výkon nezbytný k překonání škodlivého odporu letounu a vzrůstá úměrně třetí mocninou rychlosti letu. Tato závislost naznačuje, že s rostoucí rychlostí letu je nezbytné zvýšení výkonu pro překonání škodlivého odporu, což může značně ovlivňovat celkovou energetickou náročnost letu a podstatně omezuje letounu dosahovat vysokých rychlostí.

Druhý člen vztahu 3.1.11 odpovídá části potřebného výkonu pro překonání indukovaného odporu letounu. S rostoucí rychlostí je tento člen nepřímo úměrný rychlosti letu. Tato charakteristika naznačuje, že s nárůstem rychlosti může docházet ke snižování energetické náročnosti potřebné pro překonání indukovaného odporu.

Celkový průběh potřebného výkonu v závislosti na rychlosti letu je získán součtem obou členů. Tento průběh je znázorněn na grafu 7, který se hodně podobá grafu 6 s tím rozdílem, že místo kvadrátu druhé mocniny (V^2 a $\frac{1}{V^2}$) se zde vyskytuje rychlost ve třetí mocnině a její převrácené hodnotě (V^3 a $\frac{1}{V}$).

Graf 7: Závislost rychlosti letu na výkonu



Zatím co na grafu 6, který zachycoval závislost tahu motoru na rychlosti letu byl minimální odpor přesně nad průsečíkem v součtu funkcí indukovaného odporu a škodlivého odporu, ale zde je tomu jinak. Na grafu 7 je minimální potřebný výkon posunutý vůči minimálnímu tahu mírně doleva.

Letem na minimálním potřebném výkonu se dá dosáhnout maximální vytrvalosti, protože při menším výkonu motor spotřebuje menší množství paliva. Maximální vytrvalost je největší možný čas, po který se letoun udrží ve vzduchu. Výkon pro dosažení maximální vytrvalosti se pak definuje vztahem 3.1.12:

$$P = \sqrt{\frac{(m \times g)^3}{\frac{1}{2} \times \rho \times S}} \times \left(\frac{C_D}{C_L^2} \right) \quad (3.1.12)$$

Letem na minimálním poměru vzlaku a odporu se potom dá dosáhnout maximálního možného doletu. Výkon, který je potřeba vyvinout pro dosažení maximálního doletu závisí na maximálním poměru koeficientu vzlaku a koeficientu odporu. Tento poměr se často označuje jako koeficient pro nejlepší dosažitelnou klouzavost. V letových příručkách bývá uvedena rychlost pro dosažení nejlepší klouzavosti v nouzových situacích, kdy dojde ke ztrátě motoru, kdy tato rychlost vychází právě z koeficientu nejlepší klouzavosti.

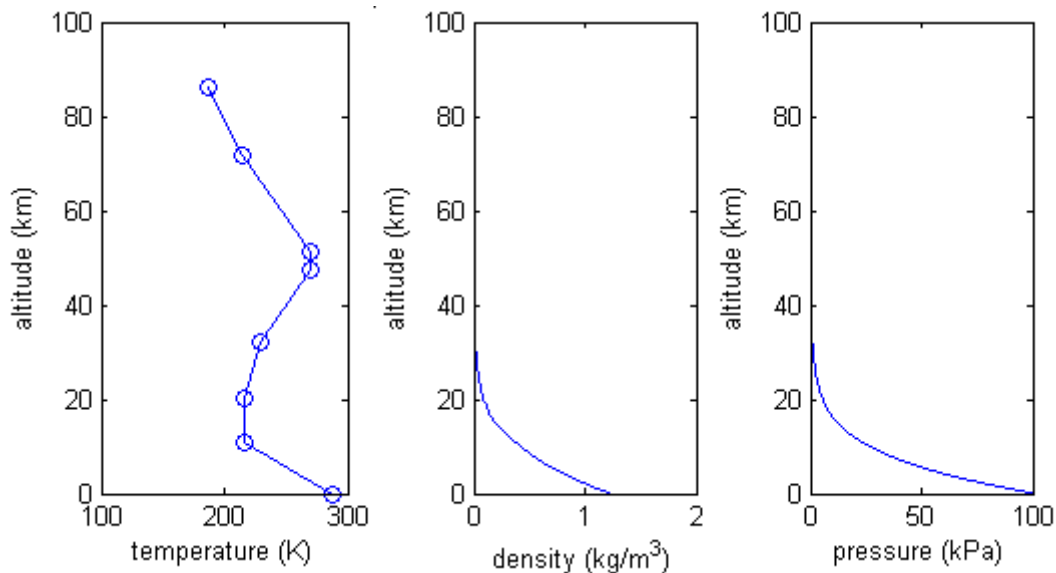
$$P = m \times g \times V \times \left(\frac{C_L}{C_D} \right)_{Max} \quad (3.1.13)$$

3.2 Faktory ovlivňující potřebný tah a potřebný výkon

Je důležité získat povědomí o tom, jak se vyvíjí průběhy potřebných tahů a výkonů v závislosti na různých podmínkách letu a aktuálním stavu letadla. Je nezbytné sledovat, jak tyto parametry varíují s měnícími se letovými podmínkami a jak se mohou měnit v závislosti na konkrétních situacích a konfiguracích letounu. Tato znalost je důležitá pro bezpečnou pilotáž letadla, a umožňuje pilotům blíže porozumět charakteristikám svého letounu.

3.2.1 Výška letu

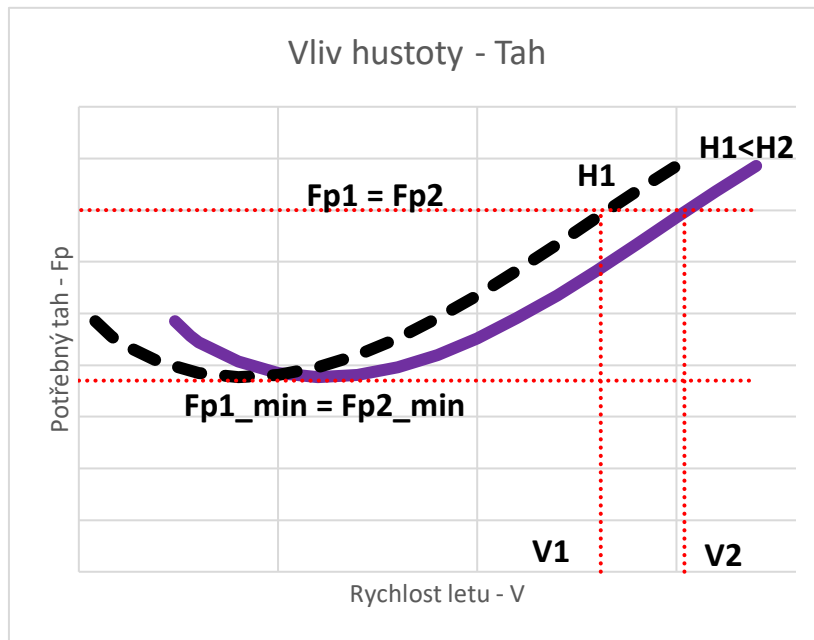
S rostoucí výškou letu klesá hustota okolního vzduchu a taky jeho teplota. Podle standardní mezinárodní atmosféry (ISA) teplota klesá o 6,5 °C na 1000 m, většina výškoměrů na ultralehkých letounech udává výšku v imperiálních jednotkách, konkrétně ve stopách, přepočít pak vychází na 2 °C na 1000 ft. Na obrázku 4 je zachycen průběh tlaku, hustoty a teploty v mezinárodní standardní atmosféře.



Obr. 4: Průběh tlaku, hustoty a teploty mezinárodní atmosféry [10]

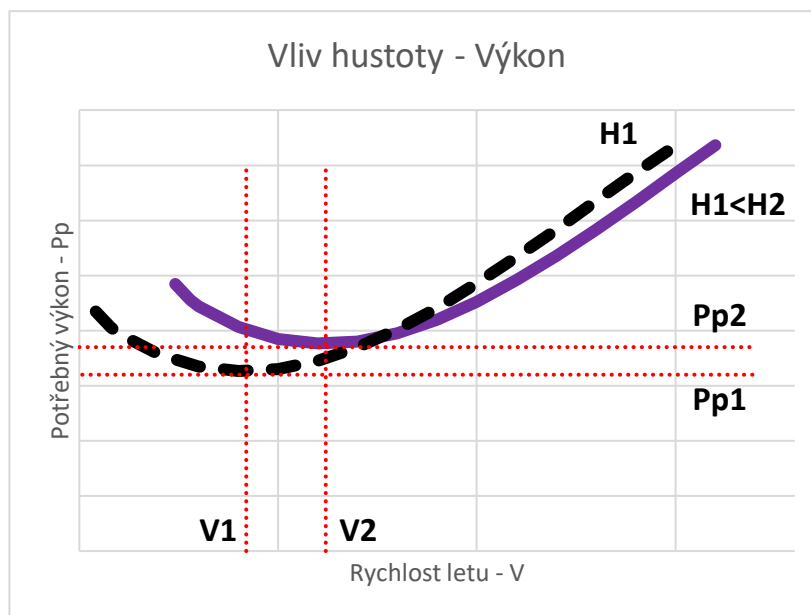
V civilním letectví má model ISA smysl jen do 18 km, tedy do výšky, ve které létal Concorde. Ultralehké letouny mohou létat zásadně jen za podmínek viditelnosti země (VFR), to znamená, že se mohou dostat až do letové hladiny 195 (přibližně 6500 m), za dodržení zvláštních podmínek mohou letět i výš než v této letové hladině, ale to by převyšovalo obsah této práce. Z obrázku je patrné, že v této výšce se tlak vzduchu dostane na 40 % hodnoty, jakou by měl na hladině moře. Takový rozdíl není zanedbatelný a působí negativně jak na výkonnostní charakteristiky letounu, tak na životní funkce pilota. Vliv na výkonové charakteristiky je znázorněn na grafech 8 a 9.

Graf 8: Vliv hustoty vzduchu na potřebný tah a rychlost



I přesto, že s nárůstem výšky roste rychlost letounu, situace s potřebným tahem má odlišný charakter. Jak je patrné z grafu 8, potřebný tah letadla rovněž stoupá s rostoucí výškou.

Graf 9: Vliv hustoty vzduchu na potřebný výkon a rychlost letu



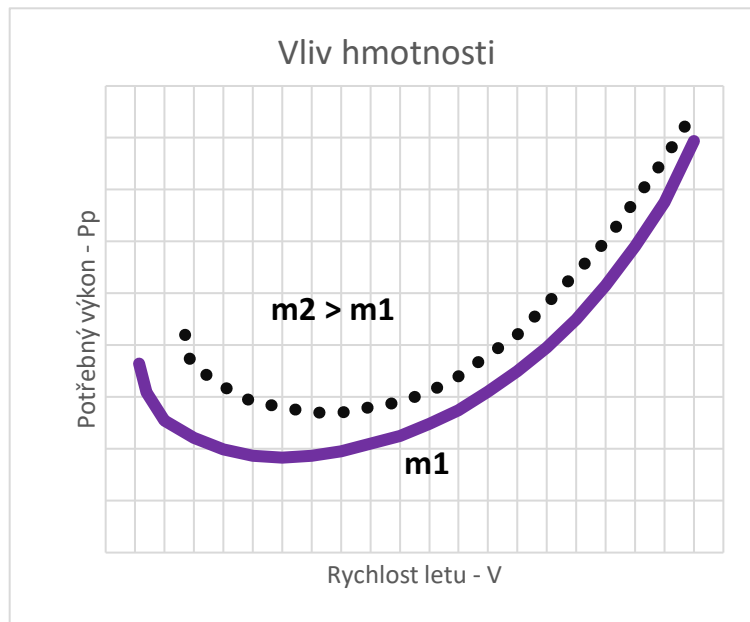
Oba předchozí grafy (8, 9) se dají zachytit následujícím vzorcem 3.2.1, který udává že potřebný výkon je ve stejném poměru jako rychlosti v rozdílných výškách, protože výkon je součinem rychlosti a potřebného tahu, který je v našem případě konstantní (graf 8).

$$\sqrt{\frac{\rho_1}{\rho_2}} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{V_2 \times F}{V_1 \times F} = \frac{P_{P2}}{P_{P1}} \quad (3.2.1)$$

3.2.2 Vliv způsobený změnou hmotnosti

V rovnicích (3.1.11 a 3.1.10) potřebného tahu a výkonu, se hmotnost vyskytuje pouze v čitateli indukovaného odporu. Tudiž se projevuje jen v indukované části, a ne v části, která je součástí škodlivého odporu, tak jak je patrné z grafu 10.

Graf 10: Vliv hmotnosti letounu na potřebný výkon a rychlost letu



Ačkoliv se hmotnost ultralehkých letounů nezdá velká, je potřeba si uvědomit, že potřebný výkon roste druhou mocninou s každým kilogramem. Celková hmotnost letounu se může docela drasticky změnit, pokud vezmeme v potaz, že průměrný ultralehký letoun má nádrž o objemu 100 litrů. Při maximální vzletové hmotnosti 600 kg palivo pak dělá 12 % z celkové hmotnosti. Z tohoto vyplývá, že tento vliv je nejvíce patrný při počáteční fázi letu.

3.2.3 Vliv způsobený změnou konfigurace

Změna konfigurace letounu se obvykle odkazuje na úpravy v uspořádání a nastavení různých systémů, nebo částí letadla, jako jsou křídla, vztlakové klapky, podvozek a další systémy. Tato změna může být prováděna za účelem optimalizace letounu pro různé fáze letu, zejména jako je vzlet nebo přistání.

Na rozdíl od hmotnosti, která se vyskytovala jen v indukovaném odporu v rovnicích potřebného výkonu a tahu (3.1.11 a 3.1.10), zde je to naopak. Změna konfigurace totiž ovlivňuje aerodynamické parametry a ty se vyskytují v části rovnice se škodlivým odporem.

Vliv konfigurace, lze krásně v praxi ověřit nezavřením malých klapek po vzletu. Pokud se dodrží bezpečné rychlosti na rychloměru v bílém oblouku, tak pilot sám uvidí, že letoun nemá velkou tendenci zrychlovat ani na maximální přípust' motoru. Jestli jeho letoun má slabší pohonnou jednotku, je dost možné, že se ani svou rychlostí nedostane z bílého oblouku do zeleného oblouku rychloměru.

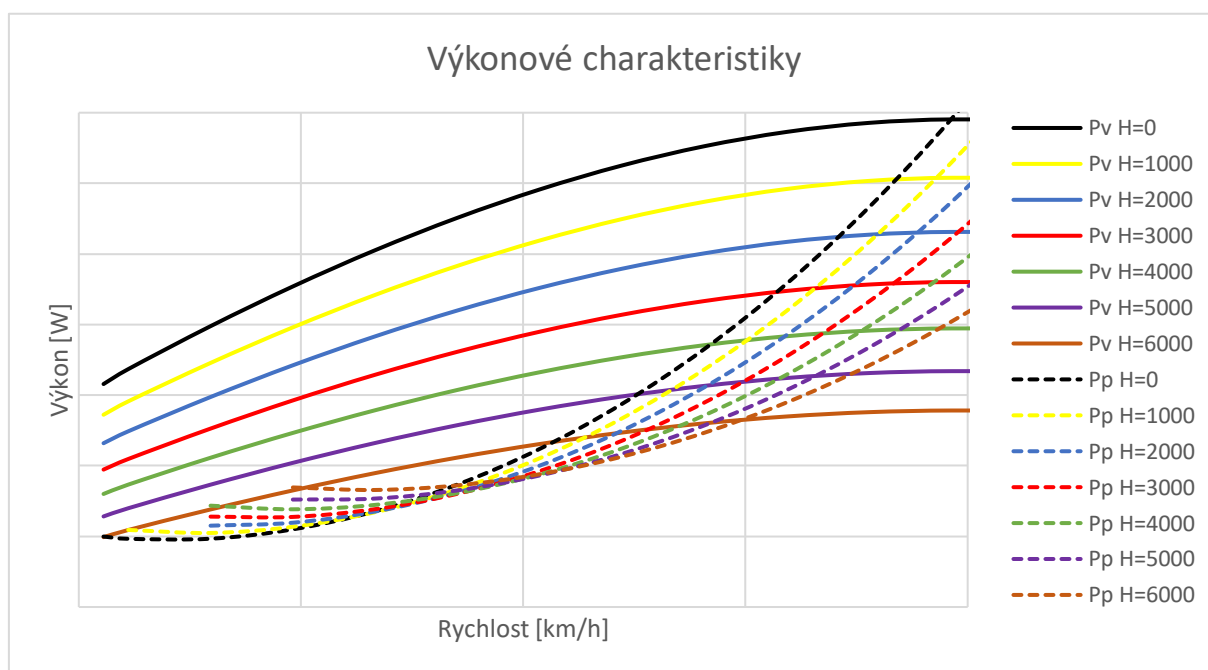
3.3 Využitelný tah a výkon

Každý letoun má pohonnou jednotku o svém nominálním výkonu. Některé letouny jich mají více, ale ultralehké letouny mívají právě motor jeden. V letectví se používají 3 základní druhy konstrukce motorů: pístový, proudový a turbovrtulový. V ultralehkých letadlech se u naprosté většiny nachází jeden pístový motor. Ačkoliv je v legislativních požadavcích pro ultralehké letouny UL [11] a ELSA [12], popsána jen certifikace pro pístové ultralehké letouny, tak se v zahraničí objevují i takové UL letouny, které jsou poháněny turbovrtulovou pohonnou jednotkou.

3.3.1 Maximální rychlost

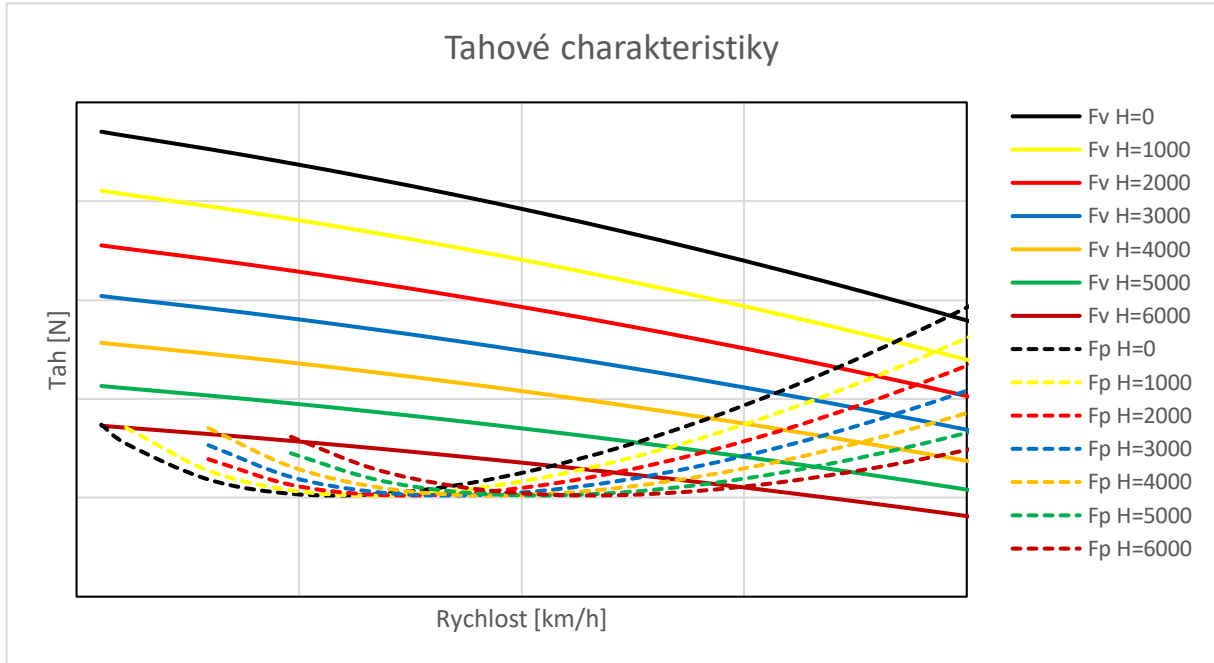
Charakteristika využitelného výkonu spolu s potřebným výkonem je vynesena do grafu 11, kde průsečík těchto křivek dává maximální rychlost letu, které lze v horizontálním letu dosáhnout. Rozdíl těchto dvou křivek se nazývá přebytek tahu a znázorňuje stav, kdy má jednoduše letadlo víc výkonu, než potřebuje. Tento nadbytek se dá využít například pro stoupání, zrychlení, vybírání ostrých zatáček nebo pro překonání terénu.

Graf 11: Využitelný výkon pístové pohonné jednotky v nulové výšce



U pístových pohonných jednotek bez přeplňování standardně jejich výkon klesá s rostoucí výškou, toto je způsobeno tím, že tato koncepce motoru potřebuje neustálý přísun směsi vzduchu a paliva. Správný poměr vzduchu a paliva bývá 15:1. Dosažením menšího poměru dochází k ochuzení směsi a ke ztrátě výkonu. S rostoucí výškou klesá i tlak a jeho pokles způsobuje neefektivní sání vzduchu do motoru, což stejně jako hustota ovlivňuje poměr směsi paliva a nepříznivě může ovlivňovat chlazení motoru. Popisovaný průběh je znázorněn na grafu 12.

Graf 12: Využitelný výkon pístové pohonné jednotky v různých výškách

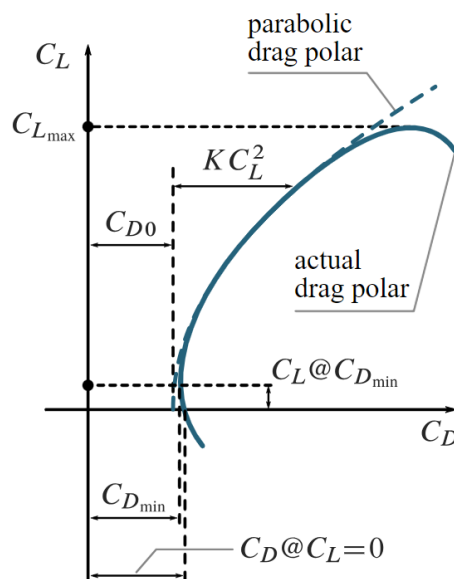


Definováním potřebného výkonu bylo stanoveno, že při letu ve větší nadmořské výšce ve stejné konfiguraci je třeba většího výkonu. Pokud se ale jedná o maximální rychlost, tak není fyzicky možné, aby se nepřepřehnané ultralehké letadlo dostalo nad tuto rychlost ve větší výšce, protože nedisponuje dostatečným přebytkem výkonu. Ze závislosti vyplývá, že maximální rychlost klesá s výškou až do takového bodu, kde se maximální rychlost rovná minimální rychlosti.

3.3.2 Minimální rychlost

Grafické vyjádření minimální rychlosti z potřebného tahu je obtížné, a tak je výhodnější sahat po skutečné aerodynamické poláře daného ultralehkého letounu, kde je definovaná z maximálního aerodynamického vztlaku.

Graf 13: Skutečná aerodynamická polára letounu [9]



Minimální rychlosti letoun dosahuje na maximálním koeficientu vztlaku, který je na grafu 13 označen jako C_{Lmax} . Se znalostí přechozích vzorců můžeme jednoduše odvodit pádovou rychlost tímto vztahem 3.3.1:

$$V_{min} \approx V_s = \sqrt{\frac{2 \times m \times g}{C_{Lmax} \times \rho \times S}} \quad (3.3.1)$$

Pokud letoun letí na maximálním koeficientu vztlaku, musí pochopitelně letět i na kritickém úhlu náběhu a působí na něj maximální vztlaková síla.

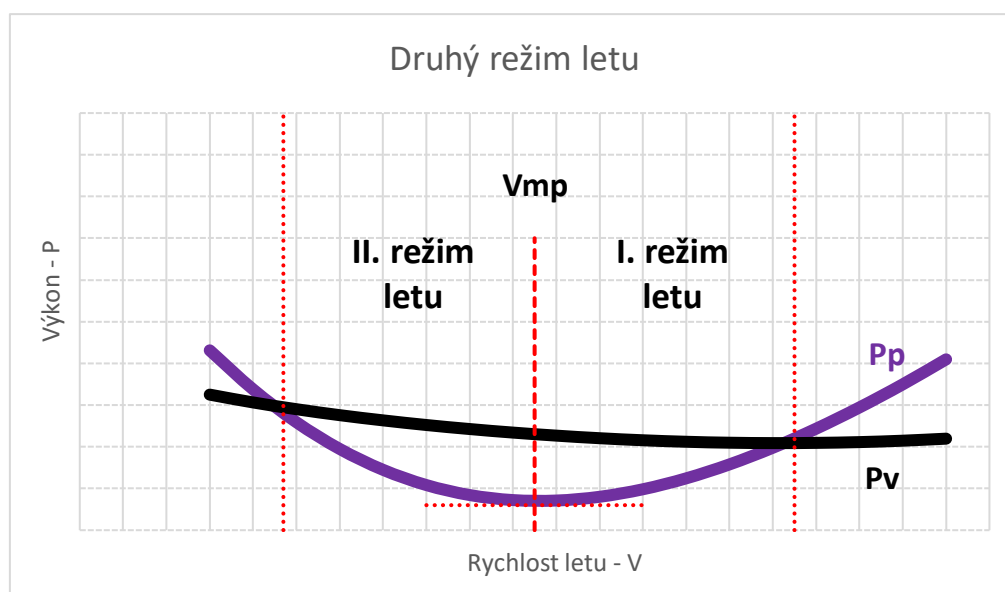
3.3.3 Druhý režim letu

Po poměrně vyčerpávajícím úvodu problematiky nehod ultralehkých letounů se dostáváme do stěžejní problematiky druhých režimů letu.

Druhý režim se vztahuje k části výkonové křivky, v níž je rychlost letu menší než rychlost letu s nejmenším potřebným výkonem, která je v grafu 14 jako V_{mp} . V této oblasti je při pomalejším letu ve skutečnosti zapotřebí většího výkonu motoru, protože se snižující se rychlostí letounu roste indukovaný odpor. Pokud se rychlost letounu v oblasti druhého režimu zvýší, je k udržení určité rychlosti zapotřebí menší výkon. Během vzletu, přistání a přiblížení na přistání může pilot neúmyslně způsobit, že se letoun dostane do oblasti druhého režimu.

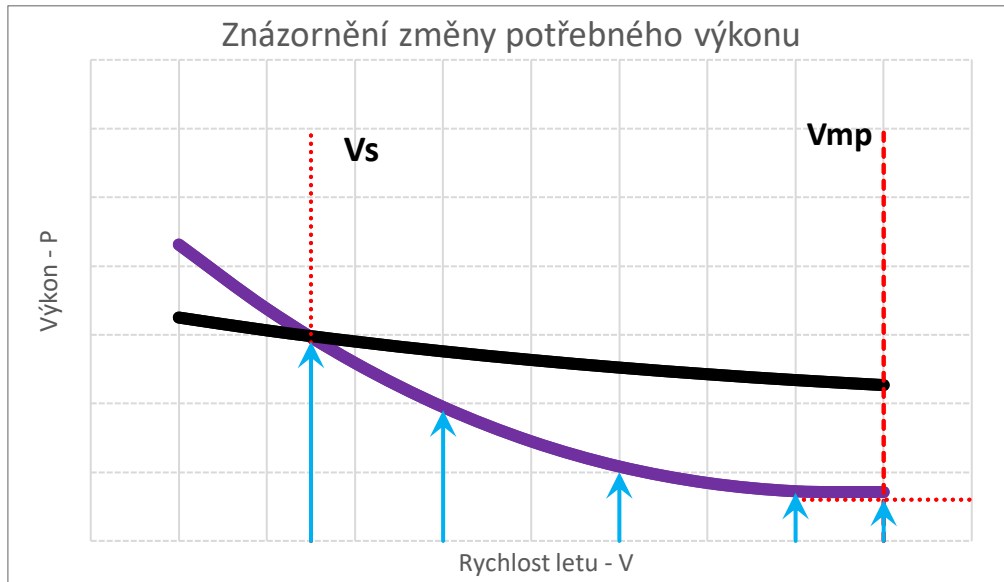
Pokud je například rychlost letu během přiblížení na přistání nízká, může se stát, že pilot zjistí, že rychlost zůstává nízká a letadlo klesá příliš nízkou i při plném výkonu motoru. V takovém případě může pilot dostat opravdu špatný nápad, tedy přitáhnout, aby zpomalil klesání. Je třeba si uvědomit, že při takto nízké rychlosti letu je indukovaný odpor tak velký, že jej motor nedokáže překonat. Pilot musí potlačit, vzdát se určité výšky a zvýšit rychlost letu. Tím se sníží odpor vzduchu do té míry, že jej motor může opět překonat. Po opuštění oblasti druhého režimu pilot může snadno převést letoun zpět do správného úhlu klesání pro dráhu a znovu nastavit správnou rychlost přiblížení.

Graf 14: Druhý režim letu



Jak je z grafu 14 patrné, druhý režim se nachází mezi pádovou rychlostí a rychlostí minimálního potřebného výkonu pro stabilní let. Změna hodnoty potřebného výkonu, je dále znázorněna na grafu 15.

Graf 15: Znázornění změny potřebného výkonu

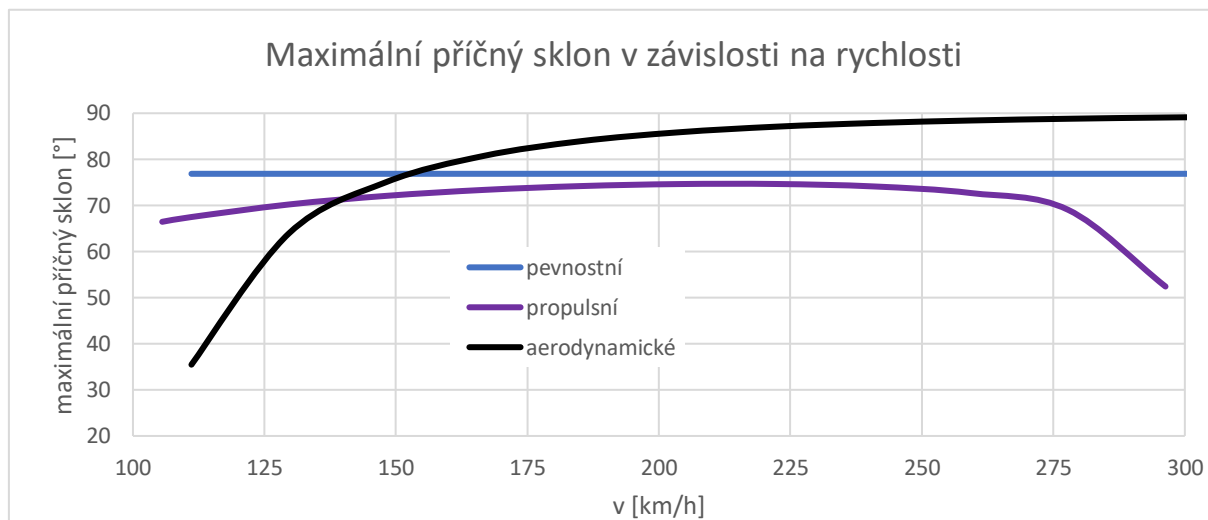


Na grafu 15 je v oblasti druhého režimu, tedy mezi pádovou rychlostí a rychlostí minimálního potřebného výkonu několik modrých šipek. Tyto šipky znázorňují o kolik se zvedne potřebný výkon pro udržení stabilního letu. Velikost šipky se na grafu 15 z V_{mp} na V_s zvětšila 5krát. Což znázorňuje, že pro stabilní let na malé rychlosti je potřeba výrazně zvětšit výkon motoru. Pokud se výkon nezvýší, zcela jistě dojde k nestabilnímu letu, kdy letoun bude neustále snižovat svou rychlost až do pádové rychlosti. Tento nestabilní režim se vyznačuje tím, že se letoun nevrátí do rovnovážné polohy. [8]

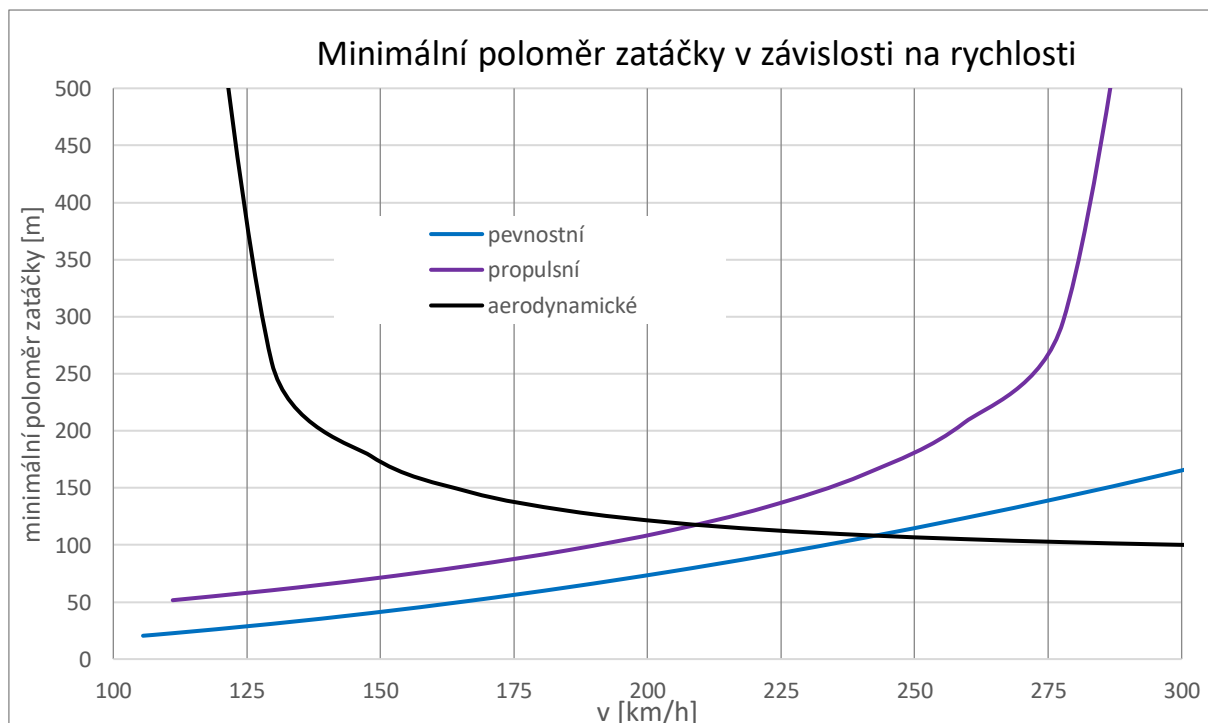
3.4 Omezení letounu v zatáčkách

Zatáčky každého letounu jsou omezeny třemi body. Jedná se o pevnostní, propulzní a aerodynamické omezení. U všech omezení se dají pozorovat další dva parametry a těmi je minimální poloměr zatáčky a maximální příčný sklon. Jejich závislost je zachycena na následujících dvou grafech 16 a 17.

Graf 16: Maximální příčný sklon v závislosti na rychlosti leu v zatáčce



Graf 17: Minimální poloměr zatáčky v závislosti na rychlosti letu



Z grafů 16 a 17 vyplývá, že nejvíce limitujícím omezením v malých rychlostech, a tedy i ve druhém režimu je aerodynamické omezení, které je dáno vztahy 3.4.1 a 3.4.2:

$$\text{Maximální příčný sklon:} \quad \phi = \arccos \left(\frac{V_s}{V} \right)^2 \quad (3.4.1)$$

$$\text{Minimální poloměr zatáčky:} \quad r = \frac{V^2}{g \times \sqrt{\left(\frac{V}{V_s} \right)^4 - 1}} \quad (3.4.2)$$

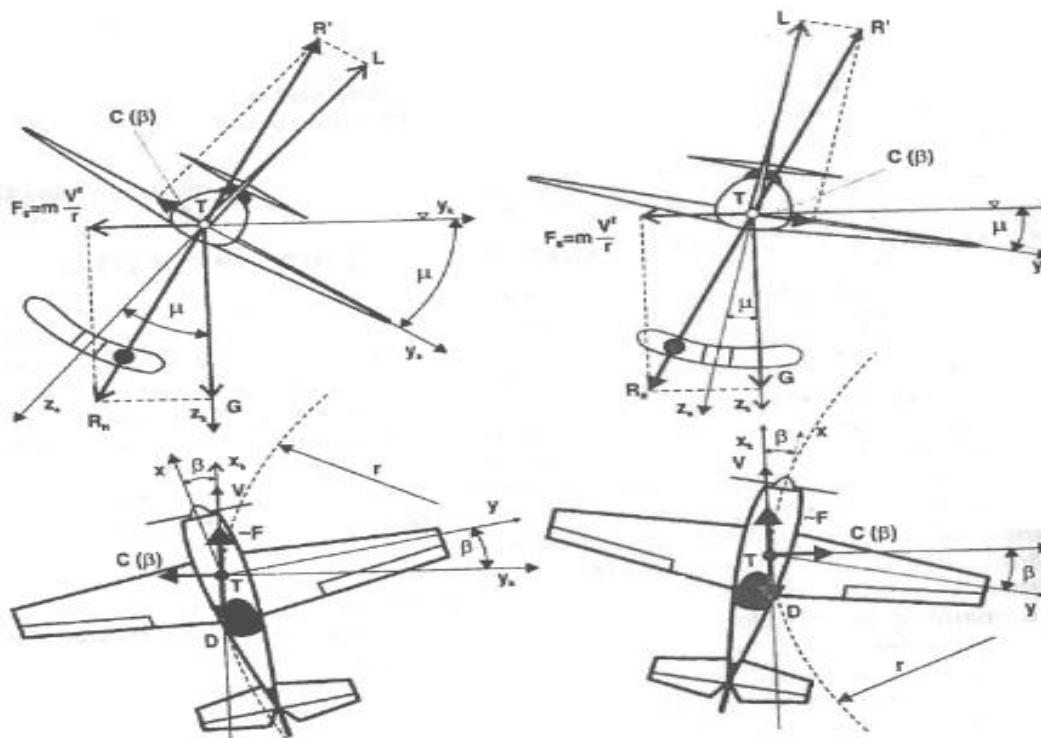
V obou vzorcích se vyskytuje pádová rychlost (V_s), která značně omezuje jak maximální příčný sklon, tak minimální poloměr zatáčky. Ve vzorci 3.3.1 byla vyjádřena pádová rychlost z maximálního koeficientu vztlaku, ale ta se dá také vyjádřit i rovnicí 3.4.3:

$$V_{s_zatáčka} = V_s \times \sqrt{n} = V_s \times \sqrt{\frac{1}{\cos(\phi)}} \quad (3.4.3)$$

Vzorec 3.4.3 podobně jako vzorec 3.4.1 popisuje zatáčku podle maximálního příčného sklonu s rozdílem, že omezení udává přímo v pádové rychlosti, která je pro piloty během letu více uchopitelná. Vzorec 3.4.3 dále popisuje, že se v pádová rychlost v zatáčce je přímo úměrná i násobku, tedy pokud v zatáčce roste násobek, zvedá se v ní i pádová rychlost.

Pokud se vrátíme zpátky k druhému režimu, kde pro let na menší rychlosti, než je V_{mp} , je paradoxně potřeba větší výkon pro dosažení stability letu. Zkombinujeme-li jej s letem v zatáčce na malé rychlosti, tak dostaneme potenciálně nebezpečnou situaci. Většina pilotů z nehod, které jsou rozebrány v kapitole 4 se dopustila pilotní chyby a dostala se právě do tohoto režimu letu a následně do vývrtky, ze které se v malé výšce neměla šanci dostat.

Další častou chybou, které se piloti v zatáčkách dopouštějí, je jejich nesprávné provedení. Špatné zatáčky se dělí na skluzové a výkluzové, které jsou znázorněny na obrázku 5.



Obr. 5: Skluzová a výkluzová zatáčka (vlevo skluzová, vpravo výkluzová) [8]

Tou horší ze dvou zatáček je výkluzová zatáčka, protože se při ní letoun může snadno dostat do vývrtky. Pilot ji může provést snadno přílišným vychýlením směrového kormidla. To způsobí, že na letoun začne působit dostředivá síla, která se jej snaží dostat do zatáčky, což způsobuje jeho zpomalení. Druhou zatáčkou, je skluzová zatáčka, ve které pilot vychýlil směrové kormidlo naopak málo. I takto provedená zatáčka je nebezpečná, ale méně než výkluzová. [8]

Správnost svých zatáček si může pilot během letu ověřit příčným sklonoměrem (kuličkou), která by měla být ideálně uprostřed. Výkluzová, jak už je z obrázku 5 patrné, se v pravé zatáčce na příčném sklonoměru projeví kuličkou vlevo. U skluzové zatáčky pak analogicky vpravo.

4. Nehody způsobené druhým režimem letu

V této kapitole jsou rozebrány všechny nehody ultralehkých letounů mezi lety 2023 až 2001, které mají dostupné závěrečné zprávy na stránkách ÚZPLN, jejichž at' už primární nebo spolupodílející se příčinou byl 2. režim letu.

Ústav pro odborné zjišťování příčin leteckých nehod šetří jen ty nehody ultralehkých letounů, kde došlo k úmrtí nebo se jednalo o letoun, který je zapsán v zahraničním leteckém rejstříku. Všechny ostatní nehody vyšetřuje na našem území Letecká amatérská asociace České republiky (dále jen jako LAA).

Protože při druhém režimu dochází téměř vždy k úmrtí pilota nebo pasažéra, byly zprávy LAA zakomponovány pouze do druhé části této kapitoly.

Dále je potřeba zdůraznit, že nelze vždy se stoprocentní jistotou říci, co způsobilo danou nehodu, protože ultralehké letouny nemají palubní zapisovače. U fatálních nehod nezbývá tedy nic jiného než se spolehnout na výpovědi svědků.

4.1. Nehody se smrtelným zraněním

4.1.1. ASSO 4 WHISKY, 8. září 2018

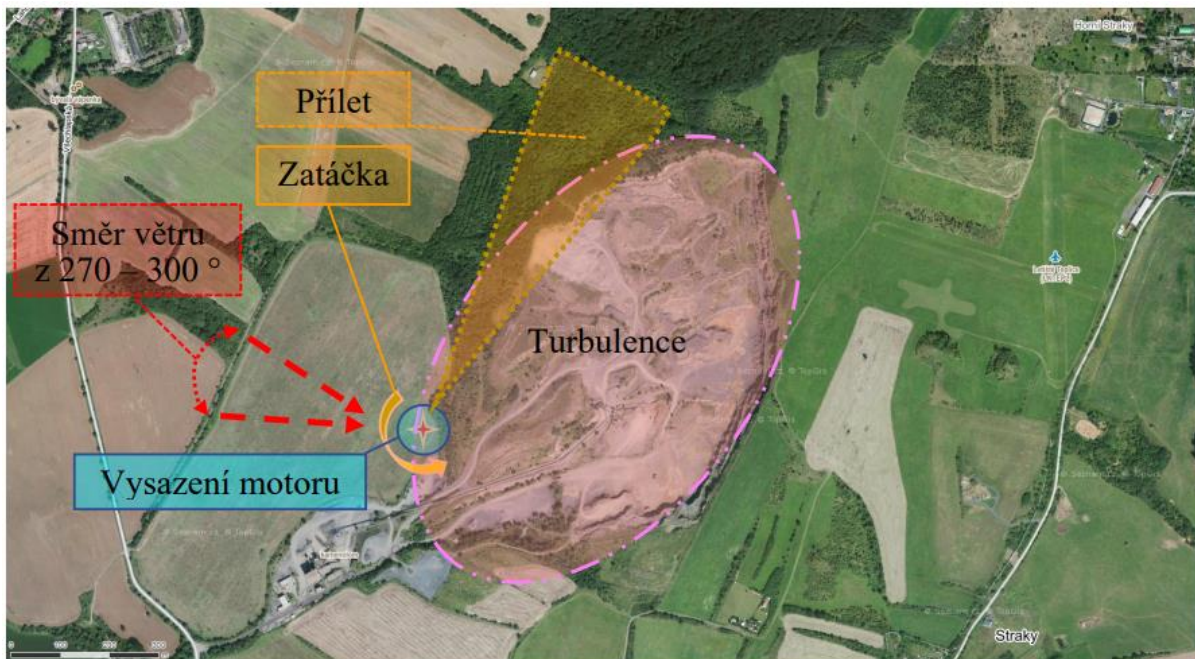
Dne 8. září se na ploše SLZ Náchod připravovali 2 piloti na let se svými ultralehkými letouny Tulák a Bohem do Teplic, kde se konal letecký den. Oba piloti měli svoje letadla připraveny pro let a měli již spuštěné motory. Když na letiště přijel pilot ASSO 4 WHISKY, bylo mu nabídnuto, aby letěl do Teplic s nimi. Pilot neodmítnul a snažil se dohnat svoje kolegy, kteří už měli letadla dávno připravená pro let. Natankoval tak palivo a byl rychle připraven pro inkriminovaný let, pilot Tuláka vypověděl, že s přípravou letounu spěchal tak moc, že si v hangáru zapomenul svačinu. Pilot Bohema vypověděl, že mu pilot přišel roztěkaný a nervózní, ale že tomu nepřikládal důraz, protože to tak prý měl vždy před každým letem.

Během letu se piloti z důvodu jiných cestovních rychlostí a navigačních schopností rozdělili a setkali se až nad Máchovým jezerem od kterého letěli do Teplic. Zanedlouho si zase navzájem uletěli. Nad plochou v Teplicích se snažil pilot Tuláka spojit s ostatními piloty, ale marně. Pilot Bohema již přistál a nedaleko od přistávací plochy byl vidět sloupec černého dýmu, pilot ASSO 4 WHISKY havaroval.

Další svědek, který se zúčastnil leteckého dne v Teplicích již pozoroval letoun ze země a vypověděl, že si všimnul jeho nestandardního chování. Během letu kolem plochy SLZ Teplice zpozoroval, že letoun letí pomalu a nízko, ale jeho motor nevykazoval známky poruchy. Po otočení 2. zatáčky do polohy po větru došlo k prvnímu prosednutí letounu o 5 až 10 metrů. Pak došlo k dalšímu zpomalení letounu a dalšímu prosednutí, po kterém následoval pád do vývrtky. Letoun padal v levé vývrťce asi 2,5 otočky, než ho svědek ztratil z dohledu.

Další už v pořadí 4. svědek vykonával na ploše SLZ službu RADIO, svou výpověď potvrdil svědectví 3. svědka a doplnil ji o postřeh, že do vývrtky přešel z levé zatáčky.

Na obrázku 6 je zmapované místo nehody a na obrázku 7 lze vidět letoun po nehodě a zásahu hasičského záchranného sboru.



Obr. 6: Místo nehody [13]



Obr. 7: Letoun na místě nehody [13]

Na obrázku 6 je zachycena oblast zvýšené turbulence, která způsobila prosednutí letounu. Dotázaní piloti na letišti potvrdili, že nad lomem také zaznamenali turbulence.

Pilot si svůj letoun ASSO 4 WHISKY postavil sám podle plánů Italského konstruktéra Giuseppeho Vidora. Letoun byl vyroben ze dřeva a opatřen pohonnou jednotkou ROTAX 912 ULS o maximálním výkonu 73,5 kW při 5800 otáčkách za minutu. Při ohledávání trosek se došlo k závěru, že těsně před nárazem letounu neběžel motor, což ale svědci nepotvrdili. Svědci se shodují že během letu z letadla nic neodpadlo a že ho pilot postavil kvalitně. Letoun měl platný technický průkaz a měl platné zákonné pojištění.

Pilot měl v době nehody nálet 260 hodin na motorovém rogalu a na ultralehkých letounech celkem 80 hodin a 14 minut. Přičemž jako velící pilot ULL pouze 57 hodin z toho na typu ASSO 4 WHISKY jen 25 hodin, měl tedy vydaný platný průkaz LAA. Pilot měl vydaný průkaz zdravotní způsobilosti druhé třídy s omezením, že na sobě během letu musel mít brýle na dálku a druhé brýle v záloze pro případ, že by první brýle ztratil.

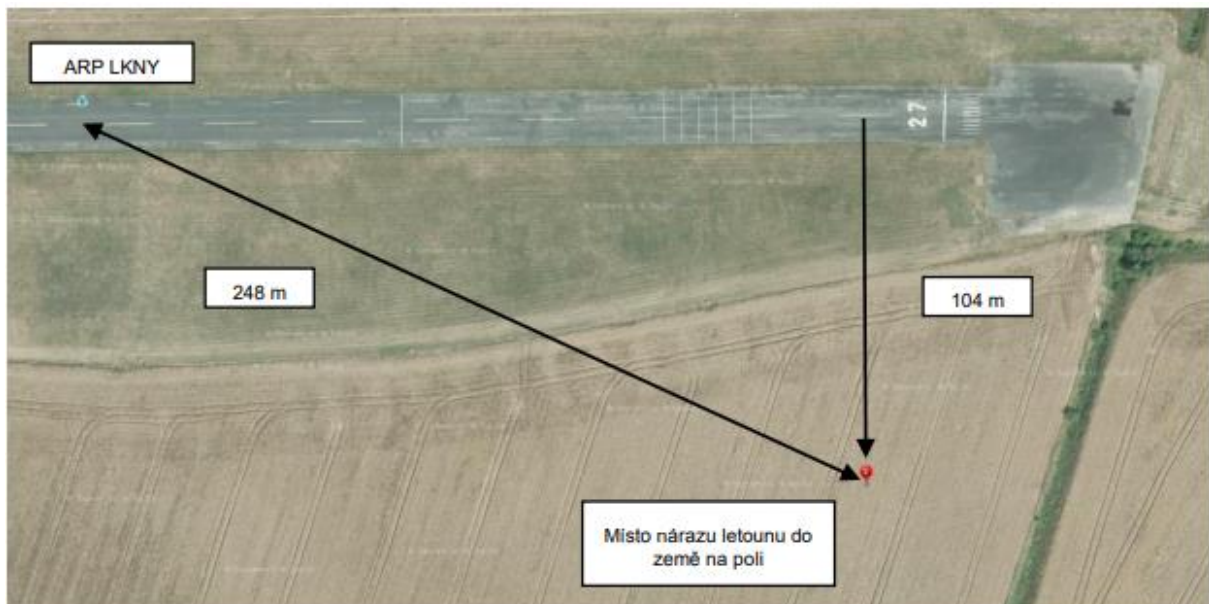
„Příčinou letecké nehody bylo nezvládnutí techniky pilotáže při provádění zatáčky na malé rychlosti s velkým úhlem náklonu. Spolupodílející se faktory, které přispěly ke vzniku LN byly malé letové zkušenosti pilota, vliv zadní složky větru, turbulentní prostředí a pravděpodobně i vysazení motoru.“ [13]

4.1.2. Zenair CH-601XL, 4. června 2016

Na kamerovém záznamu na letišti Česká Lípa je vidět, jak si pilot před letem natankoval do svého Zenairu CH-601XL palivo z 10 litrového kanystru a během čehož se bavil se dvěma osobami. Následně během jedné minuty provedl předletovou prohlídku a s jednou ze dvou osob nasednul do letadla a spustil motor. Po spuštění motoru pojížděl na vyčkávací místo vzletové a přistávací dráhy 13 na českolipském letišti.

Po vzletu se vydal na letiště Nymburk, kde se v den havárie konal XXVI. Slet letadel s leteckým dnem zde úspěšně přistál a asi po dvou hodinách se rozhodl provést kritický let.

Svědci se shodují, že po vzletu z dráhy 09 ihned přešel do stoupání na velkém úhlu náběhu, načež pokračoval levou zatáčkou do levého okruhu dráhy 09. V poloze po větru měl výšku asi 100 metrů nad zemí a malou rychlost. Po průletu třetí a čtvrté zatáčky se rozhodnul proletět dráhu 09 těsně nad zemí na zřejmě maximálním výkonu motoru a začal prudce stoupat až do 40 metrů, kde snížil ve stoupání výkon. Letoun se po snížení výkonu srovnal do horizontu, ale z důvodu malé rychlosti spadnul po pravém křídle s tendencí přejít do pravé vývrtky. Letoun spadnul kolmo k zemi 100 metrů od prahu dráhy 27 (obrázek 8).



Obr. 8: Místo nehody [14]

Svědci se dále shodli na tom, že motor letounu neměl nestálý chod a že nevykazoval znaky poruchy. Při zkoumání poškození letounu (obrázek 9), nebylo na motoru Suzuki 1,6 objeveno žádné poškození, které by mohlo způsobit nehodu.



Obr. 9: Letoun na místě nehody [14]

Vyšetřování zjistilo, že pilot ve věku 43 let měl platný průkaz vydaný LAA s kvalifikací pro ultralehké letouny. Taktéž měl vydaný platný průkaz zdravotní způsobilosti druhé třídy. Při žádosti 21. září 2015 o prodloužení pilotního průkazu uvedl jako svůj nálet 346 hodin. Během telefonátu s úpravcem motoru uvedl, že na typu Zenair CH-601XL má nalétáno přibližně 400 letových hodin.

Druhá osoba na palubě byl muž ve věku 50 let bez jakékoliv kvalifikace, která by jej opravňovala k pilotování ultralehkých letounů. Seděl na pravé sedačce.

Letoun měl celokovovou konstrukci nýtovanou z hliníkové slitiny a byl postaven ze stavebnice. Měl platný technický průkaz a měl platné zákonné pojištění a jevil známky dobré údržby. Zajímavostí je, že letoun měl nainstalován rychloměr z letounu L410 G s rozsahem rychlostí 50 až 600 km/h (obrázek 10). Rozsah rychloměru je rozložený do dvou rotací ručičky. První znaménko stupnice je 50 km/h a je označen červenou čarou, dál je přístroj rozdělen po 10 km/h. V rozsahu 50-200 km/h (čili asi v 1/3 celkového rozsahu) amatérsky bylo provedeno značení rozsahu provozních rychlostí, takto upravený rychloměr nemohl svou indikací poskytovat pilotovi dostatečné informace pro bezpečný let.

„Příčinou bylo pochybení pilota při provádění ostré zatáčky na malé rychlosti, v jehož důsledku došlo k překročení kritického úhlu náběhu, ztrátě kontroly nad letounem a pádu do vývrťky v malé výšce.“ [14]



Obr. 10: Rychloměr LUN 1110 z letounu L410 [14]

4.1.3. D4BK F80/100 Fascination, 9. dubna 2018

Dne 9. dubna z letiště Hosín poblíž Českých Budějovic odstartoval ultralehký letoun Fascination na výcvikový let. Na palubě byl spolu s instruktorem i jeho žák a měl to být let na kterém si měli vyzkoušet standardní nouzové a bezpečnostní přistání, tak jako během každého výcviku. Po vzletu z letiště Hosín zamířili na plochu SLZ ULDYNI, kde trénovali okruhy včetně nouzových přistání. Následně opustili severním směrem plochu SLZ a přesunuli nad pole k obci Kundratice, kde došlo pádu letadla po neúspěšném nácviu bezpečnostního přistání.

K dispozici je zaznamenaná trajektorie letu prostřednictvím aplikace Live Track 24, na které jsou zaznamenány informace o letu každých 5 sekund (obrázek 11).



Obr. 11: Trajektorie letu [15]

Z dat v aplikaci vyplývá, že během 30 sekund letoun zpomalil ze 140 km/h na 104 km/h a zase zpět na 140 km/h, přičemž začal prudce stoupat.

Svědék, který byl nejbliž nehodě pozoroval letadlo ze svého auta, když sjížděl z dálnice a popisuje, že letadlo stoupalo a klesalo, což odpovídá informacím z aplikace.

Druhý svědek jel tentokrát v jiném voze jako spolujezdec a letadlo pozoroval asi jednu minutu. Zaznamenal, že letadlo bylo ve výšce asi 2 nebo 3 sloupů elektrického vedení. Poté viděl, že

letadlo padá dolů ve vývrtce, která se zrychlovala a letadlo přitom mělo ocas nahoru a před dolů. Trvalo to asi 6 otoček kolem své osy, než spadlo na zem.

Řidič vozidla, ve kterém jel i druhý svědek si všimnul letadla, když bylo asi ve výšce 20 metrů a že vypadalo, že stoupá, ale nenastoupalo víc než 10 metrů. Dále se již musel věnovat dopravní situaci a letadlo přestal pozorovat.

Další řidička, která jela po dálnici D3 v opačném směru než minulé auto, si všimla, že se letadlo skoro nepohybovalo a bylo v malé výšce, její odhad byl asi 100 metrů. Poté se musela věnovat jízdě a letoun již dál nesledovala.

Podle kamarádky řidičky letělo letadlo asi ve výšce 50 metrů a přišlo jí, že se skoro nehýbe, poté začalo mírně stoupat nahoru do leva a následně přešlo do vývrtky. Potom už viděla jen černý kouř, který způsobila havárie (obrázek 12).



Obr. 12: Letoun bezprostředně po nehodě [15]

Pilot, který seděl na levé sedačce, neměl žádný letecký průkaz způsobilosti, měl platný průkaz zdravotní způsobilosti druhé třídy a byl majitelem havarovaného letounu. V průběhu svého výcviku měl na svém kontě nalétáno asi 20 hodin.

Velící pilot a instruktor byl naopak velmi zkušený pilot. Měl platné pilotní průkazy LAA jako pilot tak i instruktor. Dále byl zkušený pilot a instruktor kluzáků a motorových kluzáků s kvalifikací pro vlečení. Měl platný průkaz zdravotní způsobilosti druhé třídy. Na kluzácích měl nalétáno 1218 hodin a na ULL 513 hodin.

Vyšetřování odhalilo, že letoun byl převážen přibližně o 95,6 kg, tedy asi o 20,2% maximální vzletové hmotnosti. S největší pravděpodobností při navýšení výkonu došlo k nárůstu kroučícího momentu, který poslal už pomalu letící letoun do vývrtky. Následné ohledání těl odhalilo, že během pádu měli oba piloti na řídicích pákách ruce s tím rozdílem, že pilot na levé sedačce, měl větší páku a tím pádem jej pilot z pravé sedačky nemusel přetlačit. Příčinou letecké nehody byla hrubá chyba techniky pilotáže ve fázi počátečního stoupaní při opakování okruhu, která vedla k pádu a letecké nehodě ULL. [15]

4.1.4. WT9 Dynamic, 26. června 2014

Během plánovaného skupinového letu z letiště Slaný do chorvatského letiště Pula došlo k nehodě.

Dva piloti ultralehkých letounů se domluvili, že spolu poletí do chorvatské Puly. Každý z pilotů letěl na svém stroji. Jeden z pilotů ultralehkého letounu si vzal na palubu pilotku, která měla ve své licenci zapsanou doložku z angličtiny. A druhý pilot si do svého Dynamicu WT9 vzal cestujícího. Ještě před letem se domluvili, že pro případ nouze, mezi sebou budou komunikovat na frekvenci 122,400 MHz. Po hodině a půl oba letouny přistály na letišti v Českých Budějovicích z důvodu celní a pasové kontroly (ačkoliv už byla Chorvatská republika v Evropské unii, do Schengenského prostoru vstoupila až 1. ledna 2023).

Na letišti v Českých Budějovicích se pilotka šla seznámit s NOTAMy a podat letový plán pro skupinový let do Puly. Mezitím oba piloti sledovali vývoj počasí a zaznamenali, že jsou v Pule zhoršené viditelnostní podmínky což by pro ně mohlo znamenat let v IMC. Neviděli to ovšem jako překážku, protože počítali s případným přistáním na záložním letišti.

Po vzletu a opuštění provozní zóny letiště začaly oba letouny stoupat do FL75 a pokračovaly na bod GIMBO, který leží na hranici mezi Českou republikou a Rakouskou republikou, kde pilotka navázala spojení s WIEN INFORMATION (letová informační služba v Rakousku). Nepodařilo se jí ale spojit se s druhým letounem, a tak oznámila svůj úmysl o tom se vrátit WIEN INFORMATION a vrátila se zpět do českého vzdušného prostoru. Dále informovala PRAHA INFORMATION o tom, že neví, kde se druhý letoun nachází a pokračovala zpět na letiště v Českých Budějovicích, kde se spolu s pilotem dozvěděla, že posádka letounu WT9 Dynamic havarovala u obce Kunčice (obrázek 13).



Obr. 13: Plánovaná trasa letu s vyznačeným místem nehody [16]

Svědci, kteří nedaleko louky u Kunčic během pádu letounu opravovali střechu, vypověděli, že letadlo mělo nestálý chod motoru. Také si všimnuli, že letoun padal v pravotočivé vývrtce, která skončila pádem letadla na louku (obrázek 14).



Obr. 14: Letoun na místě nehody [16]

Během vyšetřování se na motoru nenašla žádná porucha, která by nebyla způsobená pádem. Protože byla vrtule polámaná, dá se předpokládat, že se vrtule točila do poslední chvíle. Meteorologické podmínky mohly způsobit namrznutí karburátoru, což by vysvětlovalo aperiodický chod motoru, který zaslechli svědci.

Letoun měl platný technický průkaz a zákonné pojištění, ale neoprávněnou úpravu přidavných palivových nádrží, dále byl přetížen o 132,8 kg, což překročilo maximální vzletovou hmotnost o 21,8 %. Dále jeho poloha těžiště byla mimo bezpečné meze o 4,95 %. Letoun byl dále vybaven záchranným systémem, který ale pilot nestihnul včas aktivovat, protože výška základny oblačnosti byla v místě nehody mezi 100 až 150 m.

Pilot měl 56 let a měl platnou pilotní licenci pro daný let s dohledatelným náletem 321 hodin z čehož 300 hodin bylo právě na jeho letounu Dynamic WT9. Neměl platné osvědčení zdravotní způsobilosti, což ho neopravňovalo provést jakýkoliv let. Pilot byl držitelem pouze omezeného radiotelefonního průkazu, se kterým nemohl letět do zahraničí. Dále neměl ve své pilotní licenci zapsanou jazykovou doložku.

Šedesáti tříletý cestující, který taktéž zahynul na palubě během nehody, neměl žádné letecké kvalifikace.

Vyšetřování pracovalo se dvěma možnými scénáři, jak k nehodě došlo, prvním verze pracovala se zamrznutím karburátoru a druhá se ztrátou viditelnosti země vzlétnutím do oblačnosti.

„Příčinou letecké nehody byla nezvládnutá pilotáž, při vzniku blíže nezjištěné nestandardní situace za letu, ke které mohlo přispět značné přetížení UL letounu a posunutí zadní polohy těžiště za výrobcem povolenou mez.“ [16]

4.1.5. Bristell NG 5 Elsa, 8. listopadu 2016

Instruktor s přezkušovaným pilotem vytáhli letoun z hangáru na letišti v pražských Letňanech a provedli standardní předletovou prohlídku.

Po vzletu se vydali severovýchodním směrem na letiště v Mladé Boleslavi, kde měli v plánu natankovat pohonné hmoty. Během letu neměli zapnutý odpovídač, takže je sekundární radary Řízení letového provozu nemohly zachytit. Objevili se ale na primárním přehledovém radaru, z jehož dat vyplývá, že se v době chvíli před nehodou pohyboval v rychlostním rozsahu od 40 do 100 uzlů. Taktéž se na obrazovkách radaru ztrácel, což by mohlo odpovídat klesání pod směrovou vyzařovací charakteristiku radaru. Poslední zachycená data radarem ukazovala rychlost 40 uzlů.

Svědék, který v momentě nehody jel kolem ve svém autě zpozoroval ultralehký letoun, který padal z výšky 250–200 metrů ve vývrtce. Neslyšel motor a letoun se mu zdál v nepoškozeném stavu. Vypověděl, že vývrtka se mu zdála nesymetrická a že se zastavovala, což by mohlo znamenat pokus posádky o vybrání vývrtky. Za lesem, kam letoun spadnul, ztratil s letounem kontakt a následně viděl jen černý dým z jeho troskek (obrázek 17).



Obr. 15: Trosky letounu na místě nehody [17]

Během vyšetřování se zjistilo, že letoun měl platný technický průkaz, měl uhrazené a platné zákonné pojištění. Jeho hmotnost nepřevyšovala maximální vzletovou hmotnost udávanou výrobcem a poloha těžiště se nacházela mezi přední a zadní mezí. Pohonná jednotka nepracovala, když letoun dopadnul na zem, ale nebyly nalezeny žádné poruchy, které by jí zamezovaly fungovat.

Šedesáti dvouletý instruktor měl během osudného letu platnou jak pilotní licenci, tak zdravotní způsobilost. Jeho celkový nálet byl 4050 hodin a 21 263 vletů. Na ultralehkých letounech byl jeho nálet 532 hodin a 3091 vletů. Na typu Bristell NG 5 měl pouze necelých 9 hodin a 56 startů.

Přezkušovaný pilot měl stejně jako instruktor platné všechny průkazy potřebné pro let. Na svém leteckém kontě měl nalétáno 62 hodin a 307 startů. Jeho letecké zkušenosti na typu Bristell NG5 byly nulové, protože se s instruktorem pokoušel o typovou kvalifikaci právě pro tento letoun. Jeho věk byl 29 let.

„Příčinou letecké nehody bylo nezvládnutí techniky pilotáže za letu v malé výšce, po vzniku objektivně nezjištěné příčiny situace, zakončené nevybranou vývrtkou. Vyšetřováním letecké nehody se nepodařilo vznik této situace objasnit.“ [17]

4.1.6. Skylane UL, 21. srpna 2015

Na ploše ve Strýčkovcích na Domažlicku měl být sraz ultralehkých letounů, kam měl pilot i svědek letět. Startovat měli oba z letiště Raná, kde měli oba hangárovane svoje letouny. Svědek se ale na poslední chvíli rozhodnul neletět, protože ten den pořádal oslavu narozenin, a tak se na let spolu s dalším cestujícím vydal pilot sám.

Svědek byl na zahradě svého domu v obci Lipno (okres Louny) a uslyšel letecký motor, tak si řekl, že mu nejspíš jdou kamarádi zamávat na oslavu narozenin. Letoun poprvé zahlédl ve výšce 100 m, přičemž minimální povolená výška pro lety VFR je nad zastavěnou plochou 300 m.

Podle svědka letěl letoun pomalu asi kolem 100 km/h po přiblížení letounu měl výšku někde mezi 50–100 m nad jeho hlavou. Následně přes stromy ztratil na chvíli s letounem kontakt a zaznamenal, že mu začal vynechávat motor. Následně zpozoroval letoun mezi domy, jak se v náklonu řítí k zemi mezi domy. Poté už slyšel jen 2 rány, které způsobil pád letounu. Celý popisovaný let, trval 10 sekund.

Pilot startoval z letiště Raná v neznámý čas a pravděpodobně se před letem na svědkovu oslavu stavil na ploše Líšnice, kde měl vymontovat dveře ze svého letounu. Nejspíše z důvodu pořízení fotografií z oslavy.

Vyšetřování zjistilo, že rozptyl trosk letounu (obrázek 16) neodpovídá výšce, kterou uvedl svědek. Výška, kterou vypočítala vyšetřovací komise byla určena na menší hodnotu, než rozsah 50–100 metrů a to na 40 metrů. Ačkoliv svědek uvedl, že slyšel asynchronní chod motoru vyšetřování odhalilo, že motor běžel i při nárazu do země. Svědka nejspíše oklamaly odrazy od okolních budov.



Obr. 16: Rozptýl trosky letounu [18]

Tricetiletý pilot, měl platnou pilotní licenci, ale jeho zápisník letů nebylo možné dohledat. Svědek a známý se shodnuli na tom, že mohl mít nalétáno asi 1500 letových hodin.

Cestující měl v době letu 58 let a byl převezen s těžkým zraněním do nemocnice, kde byl delší dobu hospitalizován. Měl platnou ULL licenci, ale v důsledku jeho zranění, si podrobnosti v době nehody nebyl schopen vybavit.

„Pravděpodobnou příčinou letecké nehody byl pád UL letounu v průběhu manévru na malé výšce a pravděpodobně i na malé rychlosti. Přestože se jednalo o zkušeného pilota, neměl reálnou šanci vzniklou situaci úspěšně vyřešit vzhledem k malé výšce. Případnou degradaci konstrukce nebo systému řízení UL letounu během letu se nepodařilo prokázat ani vyloučit.“ [18]

4.1.7. Ragwing Special, 4, dubna 2016

Dne 4. dubna došlo na letišti v Ústí nad Labem k letecké nehodě, kde havaroval pilot na svém amatérsky postaveném ultralehkém letounu Ragwing Special.

Svědci letoun viděli nad severovýchodním okrajem letiště ve výšce asi 50 metrů a pak ho přestali sledovat. Asi po dvou minutách uviděli letoun nad prahem dráhy 23, kde těsně přeletěl dráty elektrického napětí, které je asi ve výšce 9 metrů. Potom letoun převedl do mírného stoupání a začal zatáčet doprava. Svědkům se zdálo, že letoun letěl strašně pomalu a že jeho motor zněl jako skútr. Po dotočení zatáčky, začal letoun padat dolů k zemi. Samotný dopad svědci neviděli. Místo nehody je zachyceno na obrázku 17.



Obr. 17: Místo letecké nehody spolu s havarovaným letounem [19]

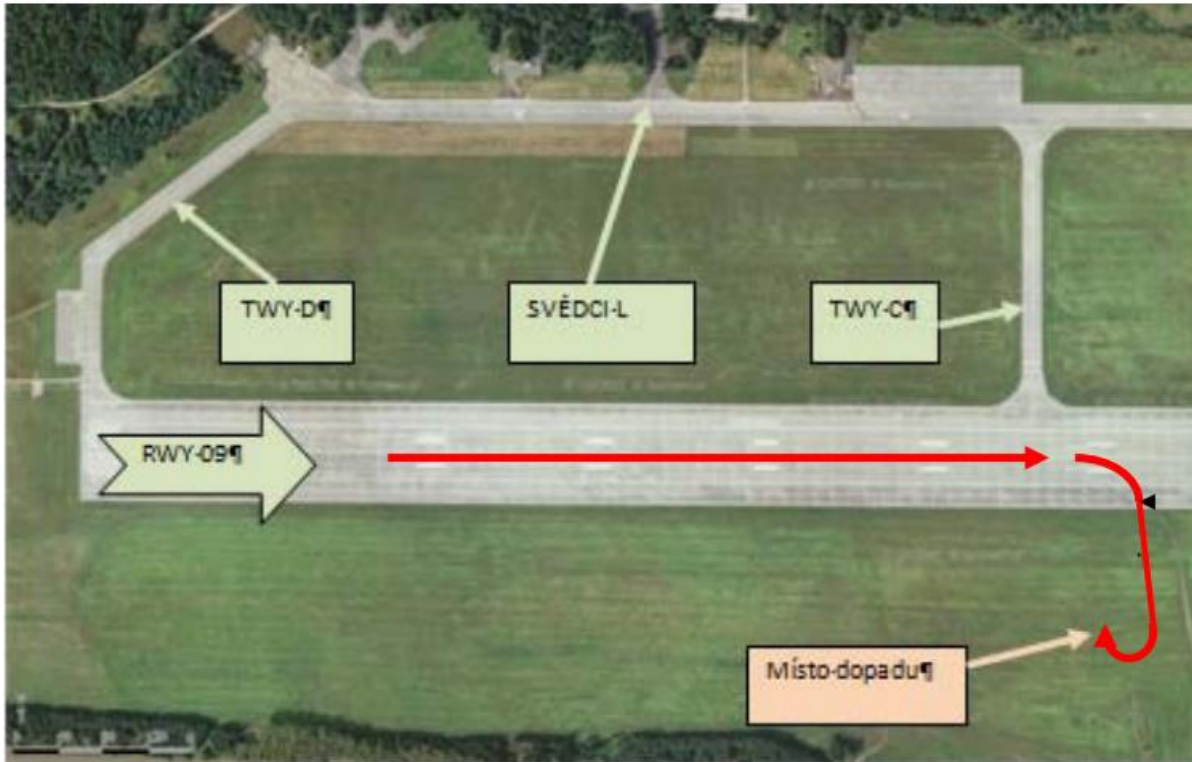
Pilot měl platný průkaz pilota ultralehkých letadel vydaný LAA, měl i platné osvědčení zdravotní způsobilosti. Jeho celkový nálet byl 846 hodin. V době nehody mu bylo 69 let.

Letoun, který pilot koupil už jako 4. majitel neměl platný technický průkaz ani pojištění. V jeho nádrži nebyly nalezeny žádné pohonné hmoty. Během motorové zkoušky nebyly na motoru nalezeny žádné poruchy.

Příčinou letecké nehody UL letounu, který nebyl zapsán v centrálním rejstříku LAA a neměl platný technický průkaz, byl jeho pád na malé výšce a na malé rychlosti po úplném spotřebování pohonných hmot. Vzniklou situaci, ač zkušený pilot, neměl reálnou šanci úspěšně vyřešit. [19]

4.1.8. Kolibřík KK-1, 29. září 2009

Dne 29. září brzo ráno pilot odstartoval z dráhy 09 na letišti v Českých Budějovicích, po rozjezdu a stupňovitém stoupání začal ve výšce mezi 20–50 metry zatáčet vpravo. V zatáčce začal letoun padat a dopadl až na místo dopadu (obrázek 18).



Obr. 18: Trajektorie letu Kolibříka [20]

Svědék, který celou nehodu pozoroval ze země byl vlastníkem letounu, který koupil v roce 2003 a v roce 2007 s ním provedl poslední let. Od roku 2007 do letecké nehody v roce 2009 stál letoun na letišti jako stálý exponát. V září se rozhodnul dát letoun do provozu a po výměně svíček a nalití 20 litrů paliva se snažil nastartovat, marně. Vypověděl, že z důvodu slabé baterie, kterou přes noc nabíl a následující den motor fungoval bez problému.

Pilot byl u úspěšného nastartování motoru a poprosil svědka, zda by si nemohl popojet po pojezděcí dráze. Spustil znovu motor a vyjel po pojezděcí dráze D ke vzletové a přistávací dráze 09. Svědci jej nemohli zastavit ani upozornit, protože neměli žádné rádio, se kterým by se s pilotem domluvili. Nikoho ani nenapadlo, že se pilot rozhodne pro vzlet. Přidal plný plyn a krátce po vzletu následoval pád. Z důvodu vzdálenosti od místa nehody a okolnímu hluku, svědci neslyšeli motor.

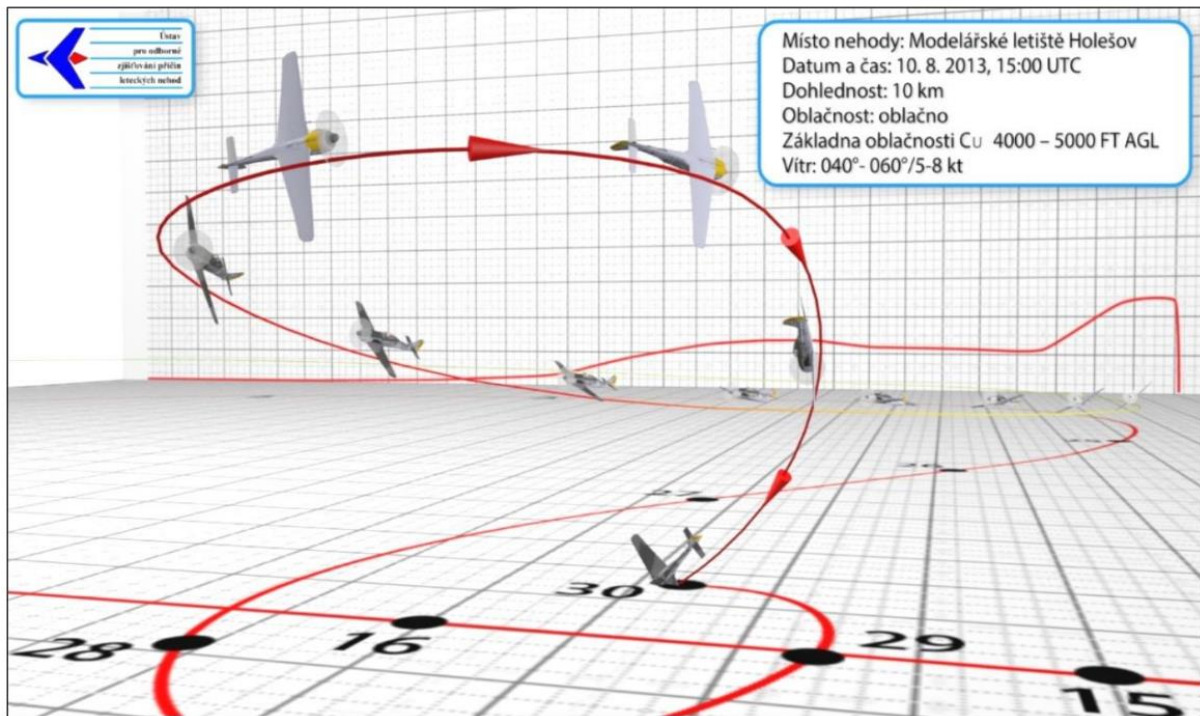
Protože stál letoun 2 roky na výstavišti, tak neměl technický průkaz a nebyl způsobilý letu. Poslední oficiální prohlídka motoru proběhla 9. září 1999. Pilot měl v době nehody 72 let a měl platný pilotní průkaz, neměl ale platné osvědčení zdravotní způsobilosti a jeho nálet se nepodařilo zjistit.

Pravděpodobnou příčinou LN mohlo být nezvládnutí techniky pilotáže v průběhu letu, se snahou pilota o udržení rychlosti větší než rychlosti pádové a po pravděpodobném pádu letounu na rychlosti menší než pádové. Technická závada letounu nebyla potvrzena ani vyvrácena. [20]

4.1.9. Corsair UL, 10. srpna 2013

Ještě před nehodou odstartoval pilot Corsairu na plochu bývalého letiště Holešov, protože se zde konala modelářská soutěž. Hned po přeletu provedl několik nízkých průletů nad modelářskou plochou a předvedl dva ostré obraty na malé rychlosti. Následně přistál na poblíž plochy bývalého letiště.

Z kamerových záznamů svědků, jejich výpovědí a dat, které zaznamenal přijímač GPS, se ÚZPLN podařilo podrobně zaznamenat kritický let a zachytit jej na následující obrázek 19.



Obr. 19: Schématický průběh nehody [21]

Pilot po vzletu přešel do stoupání, ve kterém nabíral rychlost a zároveň zatáčel doprava. Asi po třiceti sekundách přešel do klesání, ve kterém se letoun dostal téměř na jeho maximální rychlost. V této situaci začal pilot ostře zatáčet směrem k modelářské ploše a jeho letoun začal ztrácet rychlost. Následně přešel z pravé zatáčky do levé zatáčky a po tomto přechodu začal prudce stoupat, což vedlo k další ztrátě rychlosti, po které letoun havaroval.

Jak letoun, tak i pilot byli patřičně způsobilí k provedení letu. Pilot měl ve svých 41 letech na ultralehkých letounech nálet 85 hodin, letoun Corsair si pořídil 1 měsíc před nehodou a jeho nálet na něm, se nedal přesně dohledat. Dále byl držitelem průkazu způsobilosti soukromého pilota letounů PPL(A), vydaného Úřadem pro civilní letectví a ve svém zápisníku měl 64 hodin. Jeho poslední zápis v zápisníku byl na typu Z-142, na kterém začal akrobatický výcvik. Byl také držitelem platného průkazu zdravotní způsobilosti 2. třídy.

ÚZPLN uzavřel nehodu takto: Příčinou letecké nehody byl pád UL letounu na malé rychlosti způsobený nesprávnou pilotáží a nerespektováním omezení platných pro UL letouny. [21]

4.1.10. Fisher Flying Horizon 1, 29. července 2021

V roce 2016 si pilot zakoupil letoun jako stavebnici a celá stavba mu trvala přibližně 4 roky. Následoval jeho zálet zkušebním pilotem z LAA, který letoun vyhodnotil až na nedostatky, které byly odstraněny, jako bezzávadný.

Pilot, který letoun postavil neměl předchozí zkušenosti s podobným typem ultralehkého letounu a byl to vůbec jeho první let v letadle s podvozkem s ostruhovým kolem. Přesto se rozhodnul vydat se na kritický let, během kterého spadnul do vývrtky, nedostal tedy ani šanci si zkusit s letounem na tomto typu podvozku přistát.

Svěděk a známý pilota vypověděl, že pilotovi rozmlouval let, protože vyhodnotil meteorologickou situaci za nevyhovující k provedení právě prvního letu. Upozorňoval pilota, že nejlepší bude počkat na bezvětří a že nezná letové vlastnosti letounu. Pilot naopak tvrdil, že vítr pro let potřebuje a nedal se přemluvit. Nicméně mu pomohl vytáhnout letoun z hangáru a dál pilotovi rozmlouval zamýšlený let. Pilot si poprvé vyzkoušel rozjezd se zdvihem ostruhy a následně po druhém rozjezdu vzlétl. Let podle svědka trval jen několik vteřin a během těchto vteřin pilot vystoupal do 100 metrů a převedl letoun do horizontálního letu. Poté v místě zatáčky na okruhu provedl zatáčku s náklonem, který svědek odhadnul na 45 stupňů, spadnul čumákem na zem.

Svědkyň, která nedaleko od místa nehody zrovna venčila psa, vypověděla, že letadlo proletělo těsně nad ní a jejím psem a dále stoupalo. Pokračovala v procházce dál, ale dál sledovala letadlo, které zrovna zatáčelo doprava. Překvapilo ji, že letadlo zatáčelo poměrně dlouho a najednou začalo padat přímo k zemi. Místo dopadu letounu, stejně jako předchozí svědek, neviděla.



Obr. 20: Letoun na místě nehody [22]

Vyšetřování během prohlídky odhalilo nečistoty v palivovém systému, které byly v pohonné jednotce již delší dobu. Pohonná jednotka byla již dříve použita v jiném letounu, se kterým pilot měl havarovat již v roce 2017 během navigační soutěže, během které, mu právě tato pohonná jednotka měla vynechat.



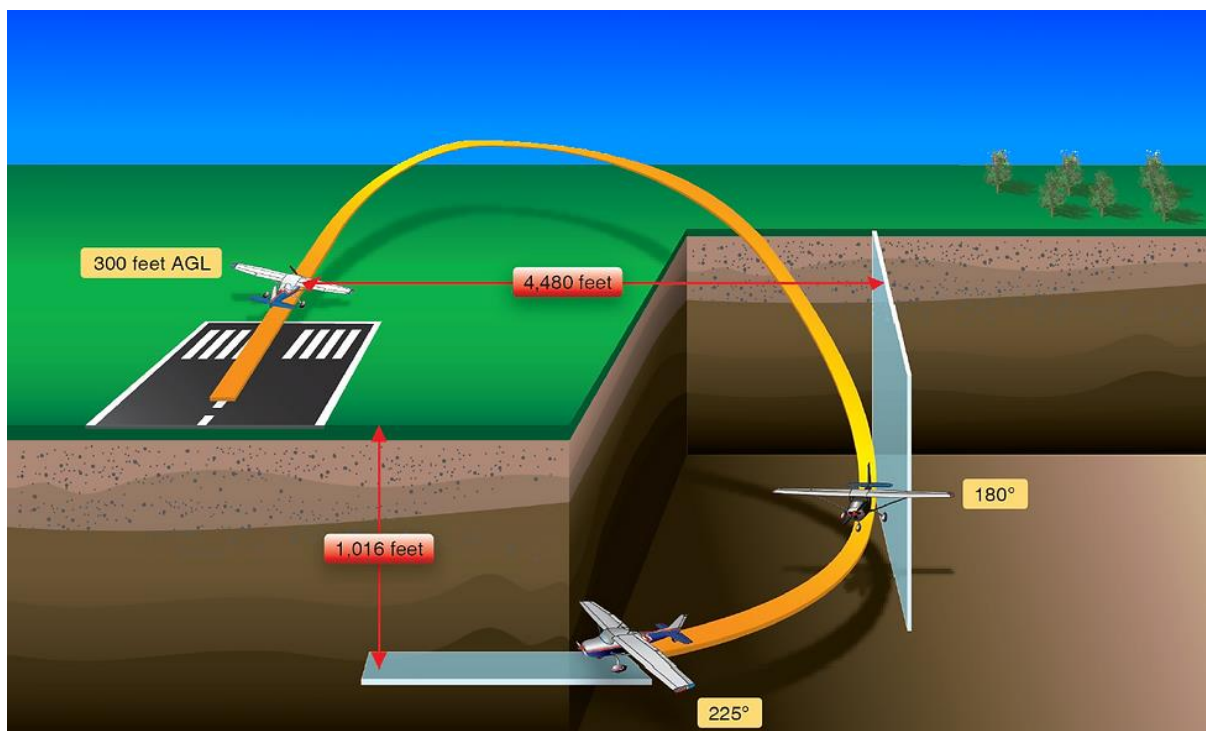
Obr. 21: Nečistoty v motoru [22]

Nečistoty se nejspíše dostaly do motoru opakovaným používáním starých dílů, protože ani v nádržích, tak ani v kanystrech na letišti, se nečistoty nevyskytovaly. Nečistoty v potrubí zůstávaly, protože hadice byla naistalována tak, že docházelo k jejímu ohnutí a důsledku toho zde také byl menší průtok (závěrečná zpráva ÚZPLN udává snížení průtoku paliva o 2/3).

Ačkoliv se jednalo o první let pilota na tomto typu, měl poměrně bohaté letecké zkušenosti. Začínal na kluzácích a následně přesedlal na motorové kluzáky, dle prvního svědka na nich měl velký nálet, který se ovšem nepodařilo ověřit. Na ultralehkých letounech byl jeho nálet asi 554 hodin, přičemž za poslední 2 roky jen 24 hodin. Měl platný jak pilotní průkaz s kvalifikací na ultralehké letouny včetně radiotelefonického průkazu a zdravotní způsobilosti 2. třídy.

Vyšetřovací komise pracovala s verzí, kdy došlo ve 100 metrech ke ztrátě výkonu motoru z důvodu nečistot v palivovém systému, které snižovaly přívod paliva do motoru na 1/3. Následně pilot převedl letoun do horizontálního letu a snažil se vrátit se zpět na přistávací plochu, ve které přešel letoun do pádu ve vývrtce. [22]

Tento manévř se v anglické literatuře nazývá jako „impossible turn“ neboli nemožná zatáčka, a jak už z názvu vyplývá, není možné ji provést.



Obr. 22: Nemožná zatáčka [23]

Pokud se pilot rozhodne pro vrácení na letiště, během zatáčky zjistí nepříjemnou skutečnost že, už nemá dostatek výšky a bude muset přistát mimo letiště. Ve většině případů se pilot rozhodne zvýšit náklon v zatáčce a přitáhnout, což vede ke druhému režimu a pádu do vývrtky. Tuto zatáčku lze provést pouze tehdy, když má pilot dostatečnou výšku a jeho letoun má odpovídající aerodynamické vlastnosti.

Standardní postup při ztrátě výkonu na malé výšce je jednoduchý a praxí ověřený, přistát před sebe nebo s vychýlením 30 stupňů od osy RWY. A pokud se i tak v prostoru nacházejí překážky, vždy je lepší trefit na pádové rychlosti křídlem letounu strom, než spadnout do vývrtky a na nekontrolovatelné rychlosti narazit do země. Nejlepší je, si před letem odpovědět na otázku kam přistát právě během takové poruchy a patřičně se na takovou událost připravit. Ultralehké letadla mají takovou výhodu, že ke vzletu potřebují podstatně kratší vzletovou délku než těžší certifikované letouny. Může se tedy stát, že pilot může ještě stihnout přistát na RWY letiště.

4.1.11 D8 Straton Moby Dick, 23. září 2016

Pilot na svém pozemku zrovna testoval svůj již v pořadí 3. amatérsky sestavený letoun, který z neznámé příčiny při pojíždění odskočil a pilot se rozhodnul pokračovat v letu.

Svědék, který jako jediný celou nehodu viděl, jel zrovna ve svém vozu kolem pozemku pilota. Zaznamenal, že letou se pohyboval z jižního okraje plochy a zhruba v polovině začal prudce zatáčet k poli. Několik metrů před polem se letoun vznesl a neustále zatáčel v malé výšce vlevo. Dále následoval jen tvrdý náraz přídí letounu do země do kukuřičného pole.



Obr. 23: Letoun na místě nehody [24]

Pilot, který na místě zemřel, neměl žádné letecké oprávnění, ale údajně létal nepřetržitě na ultralehkých letadlech již 20 let před osudovou nehodou. Letoun nebyl zapsán v leteckém rejstříku žádného státu a nebyla na něm provedena žádná forma kontroly letuschopnosti pověřenou osobou. Podle vyšetřovací komise byla nehoda způsobena nejspíše poryvem větru, na který překvapený pilot nestačil adekvátně zareagovat. Místo přistání na kukuřičné pole se rozhodnul provést již dříve zmiňovanou nemožnou zatačku, která mu nevyšla.

Komise dále zjistila, že letoun byl o 100 kg přetížen a že jeho těžiště nebylo v bezpečných mezích, které se udávaly ve výrobních výkresech letounu. [24]

4.1.12 EV-97 Eurostar, 19. července 2012

Ještě před kritickým letem se posádka, která se skládala z žáka a instruktora, provedla na svém ultralehkém letounu na letišti v Líních předletovou prohlídku. Zamýšleli let na plochu v Tchořovicích, na kterou se ale nedostali.

Svědka, který byl přítomen na místě nehody letadlo od vidění znal, a tak mu nevěnoval při prvním průletu nad polem velkou pozornost. Při druhém průletu nad obcí Osek si ovšem všimnul, že letadlo letí pomalu a mává křídly, což bylo právě to, co upoutalo jeho pozornost. Letoun podle svědka letěl v rozmezí 150–200 metrů. Po chvíli začal letoun náhle stoupat a spadnul do vývrtky přes pravé křídlo. Pilot podle něj dokázal v poslední chvíli vybrat rotaci vývrtky, ale dál už letoun nemohl vidět přes vysoký plot.

Další svědek si letadla všimnul až na upozornění od prvního svědka a jeho výpověď se shoduje s tím, že podle něj taktéž stihnul zamezit rotaci a že vývrтка se nedotočila.

Třetí svědek, který nehodu pozoroval z jiného místa než předchozí dva svědci, viděl letadlo letět nízko nad polem a následně prudce stoupat. Na vrcholu stoupání se mělo letadlo úplně zastavit, začalo padat po ocasu dolů a následně přešlo přes křídlo do pravé vývrtky. Pilot podle něj vývrtku vybral a pokračoval v horizontálním letu a zmizel svědkovi za korunami stromů. Přibližně za 2–3 sekundy došlo k velké ráně, která představovala pád letounu do lesíku mezi obcemi Osek a Volduchy.



Obr. 24: Letoun na místě nehody [25]

Velící pilot neboli instruktor, měl v době nehody platný průkaz vydaný LAA a byl držitelem průkazu zdravotní způsobilosti 2. třídy. V době letecké nehody měl nálet 349 hodin a létal převážně typ EV-97. V obci, kde došlo k nehodě měl trvalé bydliště.

Pilot žák, nedávno před kritickým letem absolvoval teoretickou výuku a začal létat nedávno, jeho nálet byl podle zápisníku 3 hodiny a 40 minut.

Letoun měl platný technický průkaz a komise neodhalila žádné známky poruchy na pohonné jednotce. Pohonná jednotka s největší pravděpodobností pracovala až do poslední chvíle, protože na místě nehody byly nalezeny pokácené větve od vrtule a samotná vrtule nesla známky opakovaného nárazu do tvrdého předmětu. Dále komise odhalila, že letoun měl překročenou maximální povolenou hmotnost pro vzlet, a tak nebyl schopný k provedení letu.

Podle vyšetřovací komise byla nehody způsobena letem na malé rychlosti, kdy se posádce podařilo uvést letoun do nezamýšlené vývrtky, kterou již instruktor nebyl schopný vybrat a bezpečně pokračovat v letu. [25]

4.1.13 Vixen II, 11. července 2011

Letadlo, které si pilot nechal sestavit u leteckého mechanika v Holešově, přivezl několik dní před nehodou ke zkušebnímu pilotovi na letiště v Kroměříži, kde úspěšně proběhl zkušební test motoru. Několik dní po zkušebním testu provedl zkušební pilot několik letů a našel několik závad, které pilot s mechanikem během několika mála dnů opravili a letadlo tak vyhovovalo

požadavkům letové způsobilosti. Pilot si vyzvedl u zkušebního pilota dokumentaci o provedených letových zkouškách a rovnou se se zkušebním pilotem proletěl. Podle zkušeného zkušebního pilota se u pilota projevovaly typické chyby, které se dějí při větší přestávce v létání. Ještě ten den, se pilot rozhodnul přeletět na brněnské letiště Tuřany i přes upozornění zkušebního pilota, že letadlo ještě nemůže být provozováno.

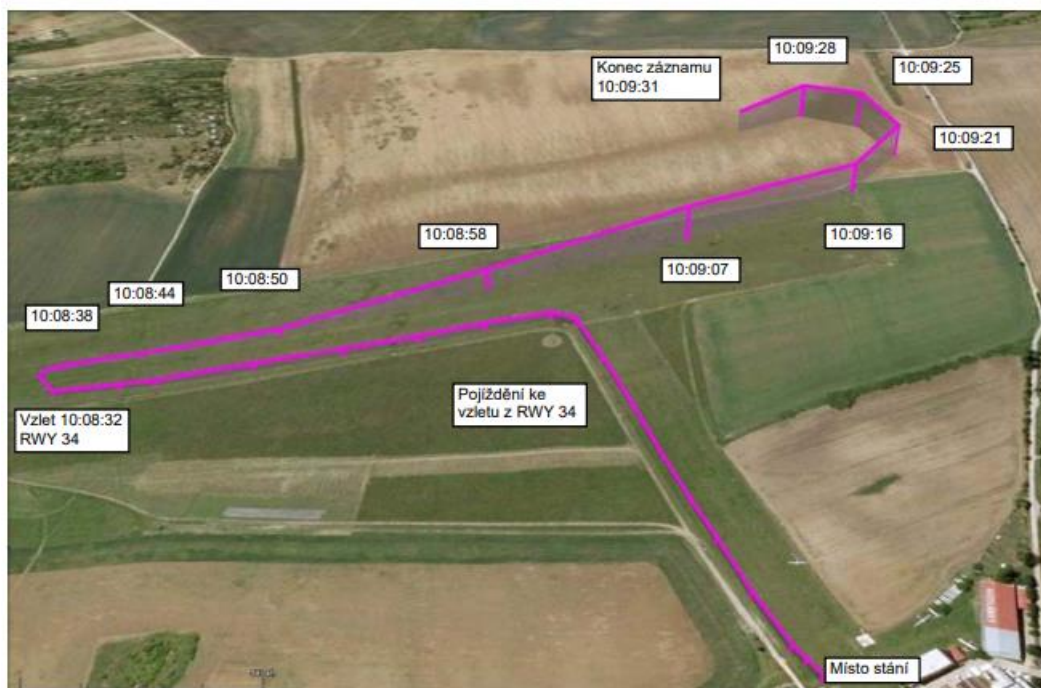
Na druhý den pilot plánoval let do Karlových Varů a potřeboval od zkušebního technika vydat doklady. Zkušební inspektor se chtěl potkat v Tuřanech, ale pilot spěchal, a tak přemluvil technika na setkání na letišti v brněnských Medlánkách. Zkušební technik našel na letadle závady a obeznámil s nimi pilota. Pilot se rozhodnul, že se vrátí zpět na letiště Brno Tuřany a přes faktickou připomínku, že letadlo není schopné letu, zapnul motor a vydal se k letu.

Na letišti v Medlánkách nevyužil celou délku plochy pro vzlet, přičemž při prvním startu toho dne si paradoxně na delším a vodorovnějším letišti v Tuřanech vyžádal právě takové opuštění pojezdové dráhy, které ho přivedlo na delší část plochy pro vzlet.

Po několika zatačkách a průletu nad hangárem na letišti v Medlánkách se vrátil na přistání, protože zaznamenal problémy s motorem, o kterých informoval i zkušebního technika. Během prohlídky motoru, nebyla nalezena žádná anomálie, nicméně přítomný svědek doporučil pilotovi nepokračovat v letu s takovým motorem.

Celá situace o vrácení se na letiště z důvodu špatných výkonových charakteristik motoru se opakovala hned dvakrát... Celé situaci nechyběla opět, již v pořadí druhá, konzultace a následná prohlídka stavu motoru se svědkem a zkušebním technikem, kteří pilotovi znovu doporučili nepokoušet se o další let.

Pilot se tedy znovu vydal na letiště v Tuřanech, ale krátce po vzletu mu vynechal motor a pilot havaroval ve snaze vrátit se zpět na přistávací plochu v Medlánkách.



Obr. 25: Chronologický průběh kritického letu [26]

Svědci nezávisle na sobě uvedli, že slyšeli pohonnou jednotku běžet, měla ale jiný zvuk. Jiný svědek vypověděl, že před posledním letem pilot uváděl motor do vysokých otáček a že při tom uslyšel výstřel do výfuku.

Podle jednoho svědka, který letadlo pozoroval od hangáru, došlo v zatáčce k pádu do vývrtky a k jejímu vybrání nedošlo.



Obr. 26: Místo nehody [26]

Pilot měl platný průkaz vydaný LAA, který ho opravňoval k pilotování ultralehkých letadel. Taktéž byl instruktor a vlekař. Jeho nálet byl 515 hodin, ale na typu Vixen II měl pouze 48 minut, měl ale přechozí zkušenosti s Vixenem GJP, který je typu podobný. Měl platný průkaz zdravotní způsobilosti 2. třídy. Dva roky před nehodou si dělal výcvik na soukromého pilota vrtulníků PPL(H), který ale po 19,5 letových hodinách ukončil a již v něm dále nepokračoval.

Při vyšetřování nehody, komise pracovala s verzí, že se v palivovém systému nacházely nečistoty, které si sám do letounu nalil již v Kroměříži na letišti. Ve 2 ze 3 kanystrů, které pilot použil k tankování byly nalezeny nečistoty, ale tato verze se nepovedla potvrdit. Palivový systém byl totiž v důsledku požáru zcela zničen. Motor byl podle závěrečné zprávy až do poslední chvíle v chodu.

Nehoda byla podle vyšetřovací komise způsobená 3 hlavními událostmi. Tou první a asi i nejzbytečnější byl vůbec pokus o let na letounu, který vykazoval špatné výkonové charakteristiky na pohonné jednotce. Další byl pokus o provedení nemožné zatáčky a tou poslední chyba pilotáže, kdy došlo k vývrtce a následnému pádu. [26]

4.1.14 Bristell ELSA, 24. dubna 2020

Celá nehoda se odehrála na letišti v Kyjově, kde měl instruktor působit a kde měl na ten den naplánované velké množství výcvikových letů. Hned první let byl s pilotkou ve výcviku, se kterou se vydal na nedaleké letiště do Kunovic, kde sídlí firma BRM AERO, s.r.o., která vyráběla letoun a měla ten den provést výměnu dílů. Mělo se jednat o aktuátor řízení klapek, indikátor polohy klapek a vyzvednutí dokumentace. V minulosti mělo na letounu docházet k situaci, kdy se klapky nevracely nebo se indikace neshodovala s přesnou polohou klapek.

Po příletu do Kunovic předali letadlo mechanikovi a ten je informoval o tom, že doba výměny dílů bude kolem 45 minut, tedy pokud vůbec díly najde ve skladu. Po asi 25 minutách měl práci hotovou, díly vyměněny, a ještě stihnul vyčistit kabinu. Instruktor byl podle výpovědi pilotky překvapený, že mechanik zvládnul práci tak rychle.

V závěrečné zprávě, ale výrobce popisuje celý zásah mechanikem naprosto odlišně.

„Na letadle se dělala v den nehody výměna jednotky ovládání vztlačových klapek. Ráno zavolal instruktor, že k nám má cestu pro nový deník a při tom sdělil, že se mu vyskytla porucha na ovladači klapek. Zeptal se, jestli mu to při té příležitosti můžeme vyměnit. Já jsem mu odpověděl, že bez problému, protože výměna je cca na 15 minut. Jedná se pouze o vyšroubování 4 kusů šroubků a vycvaknutí a nacvaknutí konektoru. Záznam o této výměně není, jelikož to po nás nikdo nepožaduje, a to včetně LAA ČR.“ [27]

Po odletu zpět do Kyjova nezaznamenali na letounu žádné anomálie. Po krátké pauze se instruktor s pilotkou vydal na navigační let s přistáním na letišti v Křižanově, opět bez problému ze strany letounu. Po návratu na letiště Kyjov se instruktor přemístil na letoun Z-43, na kterém prováděl další let tentokrát už s jiným pilotem ve výcviku. V době výcvikové činnosti na Z-43 měl ULL Bristell půjčený jiný člen aeroklubu, který na něm také nezaznamenal nic nezvyklého. Po dvou 30minutových letech předal pilot instruktorovi natankovaný letoun a instruktor se vydal na let se 3. pilotem, právě tento let byl fatální. Kritický let zaznamenali hned 4 svědci a k dispozici jsou i data ze sekundárního radaru poskytnuté Řízením letového provozu.

První svědek, pilot letounu Z-43 popisuje kritický let jako sérii nácvičku nouzových přistání. Po úspěšném přistání s vypnutým motorem znovu nastartovali a vydali se na další vzlet, během tohoto vzletu si svědek nevšimnul žádných problémů. Při stoupání mu ale letadlo zmizelo z dohledu a z vysílačky uslyšel chrčení a náraz. Následně viděl jen černý dým od hořícího letadla. Další svědek je pilot, který měl letadlo půjčené v době kdy instruktor letěl s letounem Z-43. Vypověděl, že letoun byl mezi 400-500 metry, kdy došlo ke stažení výkonu motoru, při kterém uslyšel ránu od výfuku. Letoun dál pokračoval na přistání s vypnutým motorem. Pak posádka motor opět spustila, nastavila klapky pro vzlet a převedla letoun do stoupání. Když byl letoun v 5 metrech tak jej svědek přestal sledovat a následně jen slyšel ránu a viděl plameny od hořícího letounu.

Třetí svědek, který působil v aeroklubu jako pilot kluzáků jel v době nehody autem a viděl letoun ve výšce 30 metrů s příčným náklonem 45°. Následně viděl letou, jak přešel do pádu po křídle a spadnul na zem. Poslední svědek, který jel se synem po cyklostezce, zastavil, aby mohl pozorovat letoun který létal podle jeho výpovědi “hezky nízko”. Při druhém průletu podle něj pilot silně přitáhnul a udělal 90° obrat. Letoun byl ve výšce asi korun stromů, a dokonce svědek viděl, že se točila vrtule. Potom se mu ztratil za stromy a byl vidět jen dým.



Obr. 27: Letoun na místě nehody [27]

Pilot, který seděl vlevo měl mimo platný pilotní průkaz vydány LAA, vydaný průkaz pilota kluzáků SPL, na kterých působil i jako instruktor FI(S). Jeho nálet na tomto letounu byl 51 hodin a na kluzácích jeho nálet činil 350 hodin. Měl platný průkaz zdravotní způsobilosti 2. třídy. Druhý a s přehledem nejzkušenější pilot v této práci je instruktor, který měl nejen vydaný průkaz od LAA, ale dokonce byl držitelem průkazu dopravního pilota ATPL(A), pilota kluzáků SPL s kvalifikacemi TMG a FI(S). Jeho nálet na všech letounech byl podle jeho motorového zápisníku asi 11299 hodin z toho 10290 ve vícečlenné posádce, v poslední době se živil jako první důstojník na Boeingu 737. Na jednomotorových letounech nalétal 1009 hodin a z toho 207 jako instruktor. Na kluzácích nalétal více jak 800 hodin. Na tomto typu ULL měl 87 hodin a jeho celková praxe na ULL byla 345 hodin.

Vyšetřování odhalilo, že letoun přesahoval svoji maximální vzletovou hmotnost o 7 kg, ale poloha těžiště se nacházela v bezpečných mezích. Balistický záchranný systém nebyl před letem odjištěn, a tak nemohl být použit. Pilot na levé sedačce nezvládnul převést letoun do klouzavého letu a levou nohou jej převedl do pádu po levém křídle. U instruktora byly zjištěno užívání antidepresiv, čímž mohla být negativně ovlivněna jeho pozornost a výkonnost. Instruktor nejspíše snížil výkon motoru, a protože věřil leteckým zkušenostem pilota na levé sedačce nestačil zabránit jeho chybné pilotáži. [27]

4.1.15 TL-2000 Sting, 28. dubna 2012

Ultralehký letoun Sting vyrazil s pilotem a inspektorem na přezkušovací let z letiště Toužim do prostoru jihozápadním směrem v ATZ. Let byl naplánovaný asi na 30 minut, ale po 15 minutách na letišti přistály 2 rogalá a oznámili, že letoun havaroval.

První svědek, který viděl letoun ještě před pádem, si všimnul, že se letoun začal stáčet doprava a že jeho příď byla hluboko pod rovinnou horizontu. Taktéž přestal slyšet pohonnou jednotku. Po první otočce o 360° se vystřelil padák, který se neotevřel na větší velikost než rozměr letounu. Druhý svědek uvedl, že letoun viděl jen krátce, než se mu schoval za stromy, ale že na

jeho letu neshledal nic zvláštního. Neslyšel zvuk motoru a letoun pak viděl ve vývrtce a nad ním nenafouknutý padák.

Další svědek, slyšel chod motoru a následně ránu od balistického záchranného systému. Padák se ale plně neotevřel a letoun padal s velkým podélným náklonem ve vývrtce dolů.



Obr. 28: Letoun na místě nehody [28]

Na základě popisu nehody a nadmořské výšky pozorovatelů komise určila výšku letu mezi 30–90 metry.

Přeškolený pilot byl držitelem pilotní licence vydané LAA, měl platné osvědčení o zdravotní způsobilosti, jeho nálet byl 304 hodin.

Instruktor měl platnou pilotní licenci s celkovým náletem na ultralehkých letadlech 1362 hodin z toho 865 hodin jako instruktor. Byl dokonce zkušebním pilotem a měl plachtařský průkaz s náletem 1549 hodin z čehož bylo 423 hodin na motorových kluzácích. Měl platné osvědčení zdravotní způsobilosti.

Závěry vyšetřovací komise neobjasnily přesnou příčinu vzniku nehody, nicméně nejspíše k ní došlo během zatáčení na malé rychlosti, kde došlo k pádu do vývrtky. Posádka se tuto situaci snažila zachránit pomocí aktivace balistického záchranného systému. Nicméně pod bezpečnou výškou jejího použití. To, zda pohonná jednotka fungovala se také nepodařilo objasnit. Lana záchranného balistického systému nesplňovala předpis, který jim udával větší pevnost o 37 %, z toho důvodu se po nárazu utrhla. [28]

4.2. Nehody bez smrtelného zranění

4.2.1. ELLIPSE Spirit, 10. srpna 2019

Týden před nehodou přiletěl pilot se svým ultralehkým letounem Ellipse Spirit do opravy na letišti Skuteč.

Pilot vypověděl, že se mělo jednat o malou opravu krytu příďového podvozku a malé opravy konce křidel. Taktéž to bylo jeho první přistání na letišti, se kterým neměl předchozí zkušenosti. Po předání letadla do servisu odletěl jiným ULL, tentokrát už jako pasažér.

Zástupce firmy, která měla servis vykonat vypověděl, že od letadla před předáním pilot odpojil sám baterii a aktuátor, který ovládá překryt kabiny. To, aby se mechanici mohli v případě potřeby dostat do kabiny hned a nemuseli čekat, než jim ji elektricky poháněný aktuátor otevře. Předmětem opravy, jak už bylo řečeno, byl kryt příďového podvozku a konec křídla, a tak podle zástupce firmy mechanici do kabiny nezasahovali. S překrytem kabiny ani s aktuátorem podle něj nikdo z mechaniků nemanipuloval. Při předání nedostal ani žádnou provozní dokumentaci od letounu.

Po opravě ukázal pilotovi rozsah vykonané práce a její výsledek a ten letoun převzal. Potom už viděl pilota jen jak se mu nad hlavou zavírá překryt a že jej zajišťuje na straně cestujícího.

Po vzletu se chtěl pilot vydat na letiště ve Frýdlantu nad Oslavicí. Během vzletu na nerovné travnaté vzletové ploše se mu v důsledku dynamických rázů od povrchu, pootevřela kabina. Byl už v poslední čtvrtině délky drahý a na základě předchozí zkušenosti se rozhodnul pokračovat ve vzletu a následně přistát a vyřešit problém se zámkou překrytu kabiny. Podle jeho výpovědi mu překryt v minulosti držel právě elektronický systém, který ovládá již zmiňovaný aktuátor. Hned jak to bylo možné se rozhodnul pro plochou zatáčku vlevo zpět na letiště. Během točení zatáčky ale došlo dvakrát k poryvu větru, který mu kabinu otevřel do pravého úhlu. Na překonání škodlivého aerodynamického odporu způsobeného změnou konfigurace letounu reagoval správně přidáním plynu, ale řízení se mu zdálo stále měkčí a měkčí, což způsobovalo přibližování k pádové rychlosti. Letoun ale neustále zpomaloval a ve výšce 50 metrů se dostal do vývrtky, kde se pilot pokusil aktivovat záchranný bezpečnostní systém, marně. Průběh jeho letu je zachycen na obrázku 29. Pilot byl následně s těžkým zraněním převezen do Fakultní nemocnice v Hradci Králové.

Svědék, který v době nehody působil jako dispečer na letišti vypověděl, že zaznamenal hned první otevření překrytu, ale než na to stačil pilota upozornit, tak se překryt otevřel do maximální výchylky. Vyhodnotil, že nebylo pilota nutné o této informaci informovat, a ještě víc jej zahlcoval informacemi. Ke vzletu mělo podle dispečera dojít asi v polovině dráhy. Pilot se měl krátce po vzletu ještě dotknout všemi koly podvozku země, kde pokračoval (místo brždění) ve vzletu. Následně viděl letoun vykonávat levotočivou zatáčku s přechodem do vývrtky a jak letoun spadl na místo nehody (obrázek 30).



Obr. 29: Trajektorie vzletu [29]



Obr. 30: Letoun na místě nehody, převrácený na podvozek [29]

Vyšetřovací komise zjistila, že pilot měl platné pilotní průkazy vydané LLA tak i průkaz vydaný Slovenskou federací ultralehkého létání, měl tedy patřičné oprávnění pro daný let. Letoun měl platný průkaz letové způsobilosti, ale neměl patřičně aktualizovanou provozní dokumentaci, protože letoun byl výrazně upraven. Jak je na obrázku 30 patrné, pilot má na obou křídlech zalepené sloty na náběžných hranách křídla. Sloty se při malých rychlostech automaticky vysouvají a zvětšují tak plochu křídla, čímž zvyšují vzlak a tím se snižuje pádová rychlost. Pilot vypověděl, že úpravu si nainstaloval z důvodu lepších letových vlastností během letů, kdy

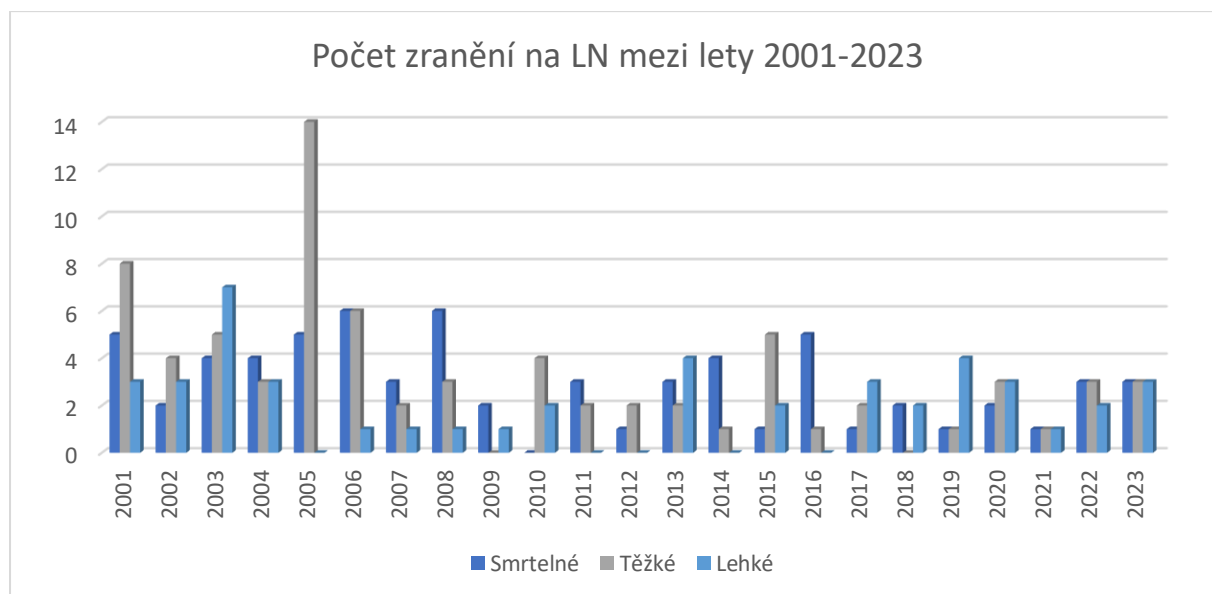
měl zapnutého autopilota. Nálet pilota činil v době nehody 237 hodin a v posledních 30 dnech pouze 6 hodin. V době letu mu bylo 51 let.

Příčinou nehody bylo hned několik faktorů pilot létal po celou dobu provozu s ultralehkým letounem, který měl nespolehlivé boční zámky. Nepřipojil vzpěru lineárního elektromechanismu při přebírání letounu z údržby a nedokonale uzavřel zadní zámek překrytu kabiny. Ztráta říditelnosti letounu byla způsobena turbulentním obtékáním ocasních ploch v úplavu za otevřeným překrytem kabiny, což bylo dáno především nedostatečným zavřením zadního zámku. Negativní vliv na pádovou rychlost a říditelnost letounu mělo také přelepení slotů. [29]

4.2.2. Další nehody

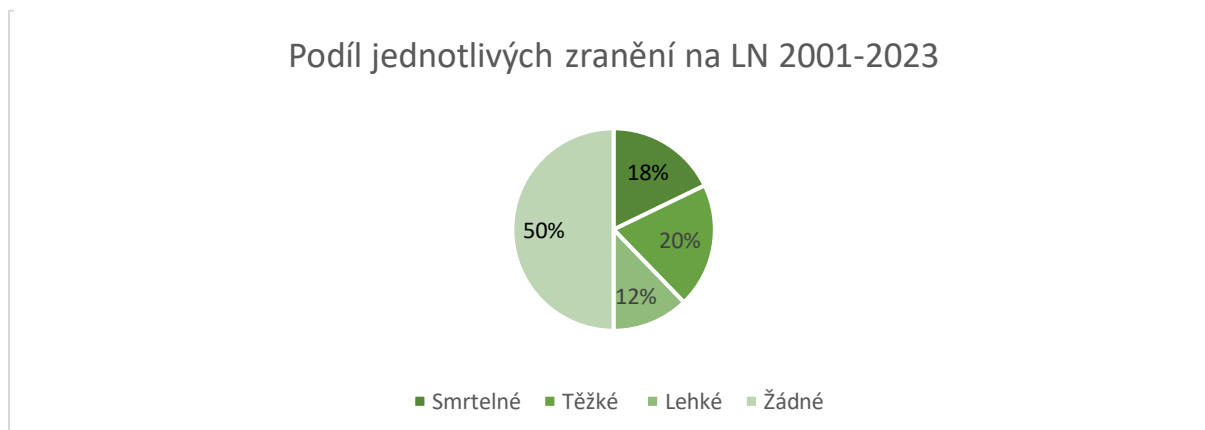
Další nehody, které byly způsobené druhým režimem letu jsou bohužel neveřejné nebo ještě nebyly řádně vyšetřeny. Letecká amatérská asociace České republiky naštěstí vydává každoroční výroční zprávu, která mimo jiné vydává i rozbory nehod ultralehkých letounů. Tyto zprávy se vydávají již od roku 2001, ale není zde rozlišeno, co kterou nehodu způsobilo a co jí předcházelo. V těchto zprávách bývají vypíchnuty 2-3 nejzávažnější nehody způsobené v daném roce a nevyskytují se zde všechny informace o kvalifikovanosti posádky a technickém stavu letounu. Nicméně i z dat ze závěrečných zpráv se dají zjistit cenné informace a ty pak převést do grafů.

Graf 18: Počet zranění během leteckých nehod mezi lety 2001-2023



Z grafu 18 jako nejhorší rok pro ultralehké letectví vyšel rok 2005, kde došlo k 14 těžkým zraněním a 5 smrtelným. Nejhorší roky se zaměřením na smrtelné nehody, byly pak roky 2006 2008, kdy došlo k 8 smrtelným nehodám. Rok 2010 je jediným rokem v celé historii ultralehkého létání, kde nedošlo k žádné smrtelné letecké nehodě. Nejhorší rok pro pády letounů v druhém režimu byl bezpochyby rok 2016, kde došlo celkem k 6 úmrtím z celkových 7, kde došlo k letecké nehodě z důvodu tohoto fenoménu. V grafu 19 jsou započítány všechny nehody, které se staly během letu, nebo v pozemní části.

Graf 19: Počet jednotlivých zranění během leteckých nehod v letech 2001-2023



Tento graf 19 obsahuje data, které znázorňují počet jednotlivých zranění, které byly způsobeny leteckou nehodou. Největší podíl ze všech leteckých nehod představují takové nehody, kdy prakticky nedošlo k žádnému zranění, jedná se o polovinu všech hlášených leteckých nehod. Druhou polovinu všech leteckých nehod pak představuje součet lehkých, těžkých a takových zranění, které nejsou slučitelné se životem. Největší z těchto tří představuje skupina těžkých zranění, které zaujímají 20 % všech nehod a 40 % takových nehod, kde došlo ke zranění. Druhá nejvíce početná skupina představuje zranění smrtelná, kde statistika vychází na celkových 18 % a 36 % v nehodách, kde došlo ke zranění. Nejméně početnou skupinou jsou nehody, kde došlo k lehkému zranění a to pouhých 12 %. Každý rok dojde průměrně k 17 nehodám z toho 2 nehody s lehkým 3 těžkým a 3 se smrtelným zraněním.

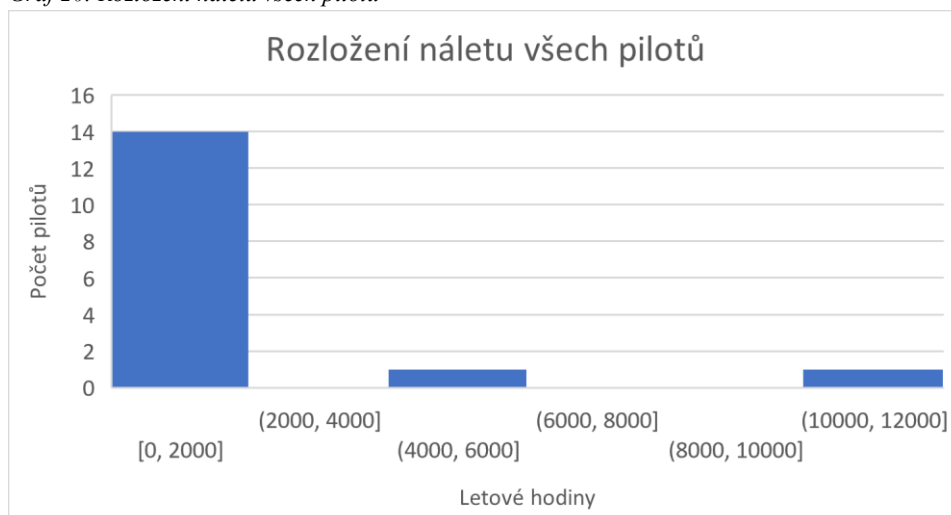
4.3. Vyhodnocení nehod

V práci je podrobně rozebráno 16 nehod, které byly do velké míry způsobeny druhým režimem letu. Každá nehoda je ovšem specifická a není jednoduché najít očividné pojičko, které je všechny spojuje. Ze závěrečných zpráv leteckých nehod jdou získat data jak o členech posádky letounů, tak o technickém stavu ultralehkých letounů. Nejčastější data členů posádky jsou pak jejich věk, platnost pilotní licence, další letecké kvalifikace a nálet. O letounech se pak dá zjistit jejich technický stav, jak byly postaveny a kolik jich ještě létá.

4.3.1 Nálet

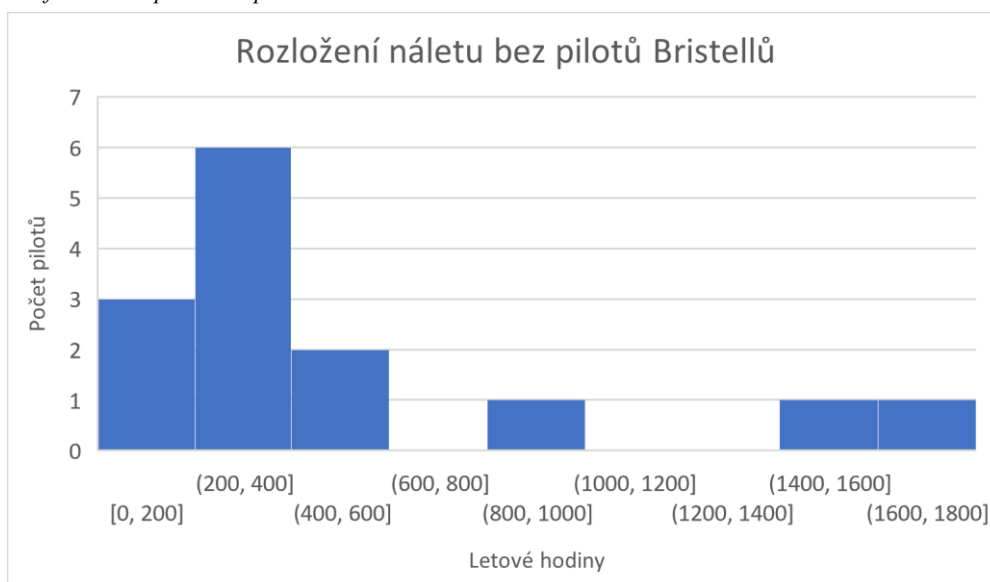
Nálet se určuje ze zápisníku letových hodin a nedá se říct, že by si jej každý pilot pečlivě a svědomitě vedl, což znemožňuje práci komise dohledat tyto data. Také se může stát, že se zápisník během letecké nehody zničí a jediná data, která má komise k dispozici jsou informace, které pilot uvedl při žádosti o prodloužení pilotní licence. Ze značné absence zápisníků letů v rozebraných nehodách, nebylo možné stanovit nálet pilotů na jednotlivých typech letounů. Na následujících histogramech, jsou znázorněny nálety pilotů z předchozích nehod.

Graf 20: Rozložení náletu všech pilotů



Na tomto grafu 20 jsou v jednotlivých skupinách znázorněni všichni velící piloti, kteří byli součástí ve výše zmiňovaných nehodách. Graf 20 je rozdělen do šesti skupin po 2000 hodinách a nejvíce z nich vyčnívají piloti, kteří se nacházejí na spektru letových hodin podstatně dál než ostatní piloti. Jedná se o piloty z kapitoly o smrtelných nehodách, kteří shodou okolností pilotovali ultralehký letoun Bristell. Pilot s největším náletem působil jako dopravní pilot na letounu Boeing 737 a druhý s menším, ale pořád velkým náletem měl také bohaté zkušenosti jako dopravní pilot. Jejich nálety převyšují ostatní piloty natolik, že znemožňují bližší nahlédnutí na letecké zkušenosti ostatních pilotů a z toho důvodu jsou z následujícího histogramu vynecháni.

Graf 21: Nálet pilotů bez pilotů Bristellů

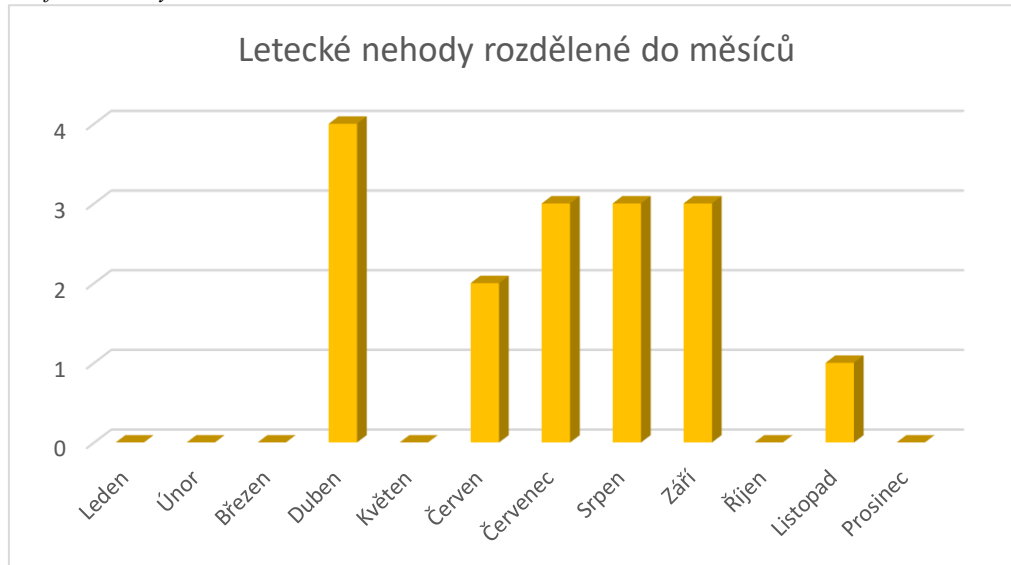


Tento graf 21 představuje bližší zaměření na skupinu pilotů v rozmezí náletu 0–2000 letových hodin do širšího měřítka, tentokrát po 200 hodinách. Z grafu vyplývá, že nejčastěji se leteckých nehod zúčastnili piloti v prvních třech skupinách čili piloti, jejichž nálet byl menší než 600 letových hodin. Úplně nejpočetnější skupinou pilotů je pak skupina s náletem 200–400 hodin, která čítá 6 pilotů.

4.3.2 Přestávka v létání

Tyto histogramy pracují s celkovým náletem, který o letecké zkušenosti říká víc než dost, nicméně chybí informace o rozlétanosti pilotů. V případě dopravního pilota, jistě nehrozí pauza v letecké praxi, ale většina pilotů se létáním neživí a je pro ně létání spíše o rekreaci. Takoví piloti, zvláště když mají menší nálet mohou jednoduše vyjít ze cviku a přecenit svoje schopnosti. Hlavní sezona pro ultralehké létání začíná prakticky hned po konci chladných zimních měsíců a trvá až do jejich začátku. Na následujícím grafu 22 jsou zaznamenány jednotlivé měsíce s leteckými nehodami.

Graf 22: Nehody rozdělené do měsíců

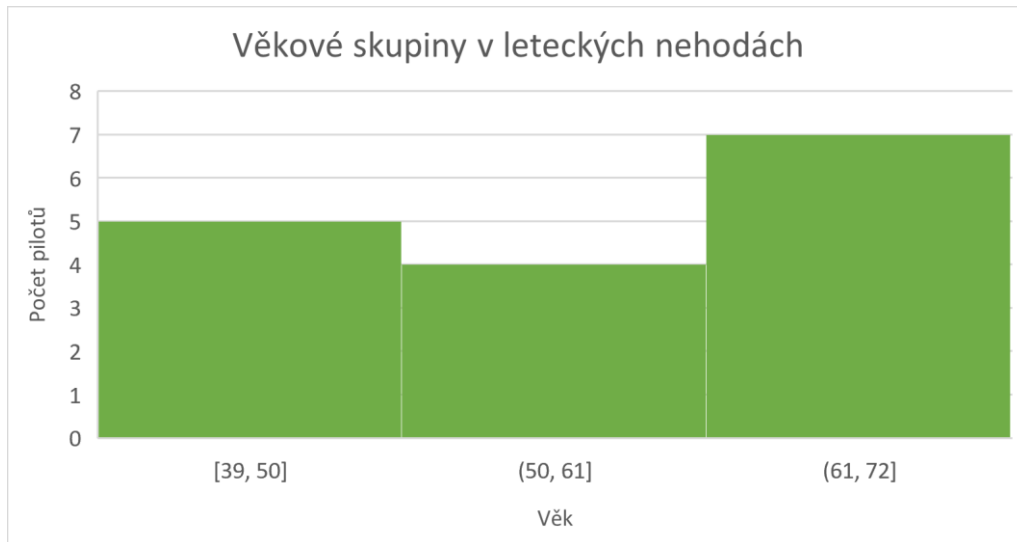


Nejhorší měsíc pro nehodovost vychází na měsíc duben, kde došlo ke 4 leteckým nehodám. Zimní měsíce vyšly z hlediska nehodovosti nejlépe, což je ovšem jednoduše zapříčiněno tím, že ultralehký provoz se prakticky nekoná. Na konci sezony v listopadu, pak došlo jen k jedné nehodě, což by mohlo být způsobeno tím, že na jejím konci už mají většinou piloti osvojeny svoje praktické letecké zkušenosti.

4.3.3 Věk

Dalším parametrem, kterým jdou piloti rozdělit do skupin je jejich věk. Věkový průměr velících pilotů ve všech nehodách byl 57 let.

Graf 23: Rozložení pilotů do věkových skupin

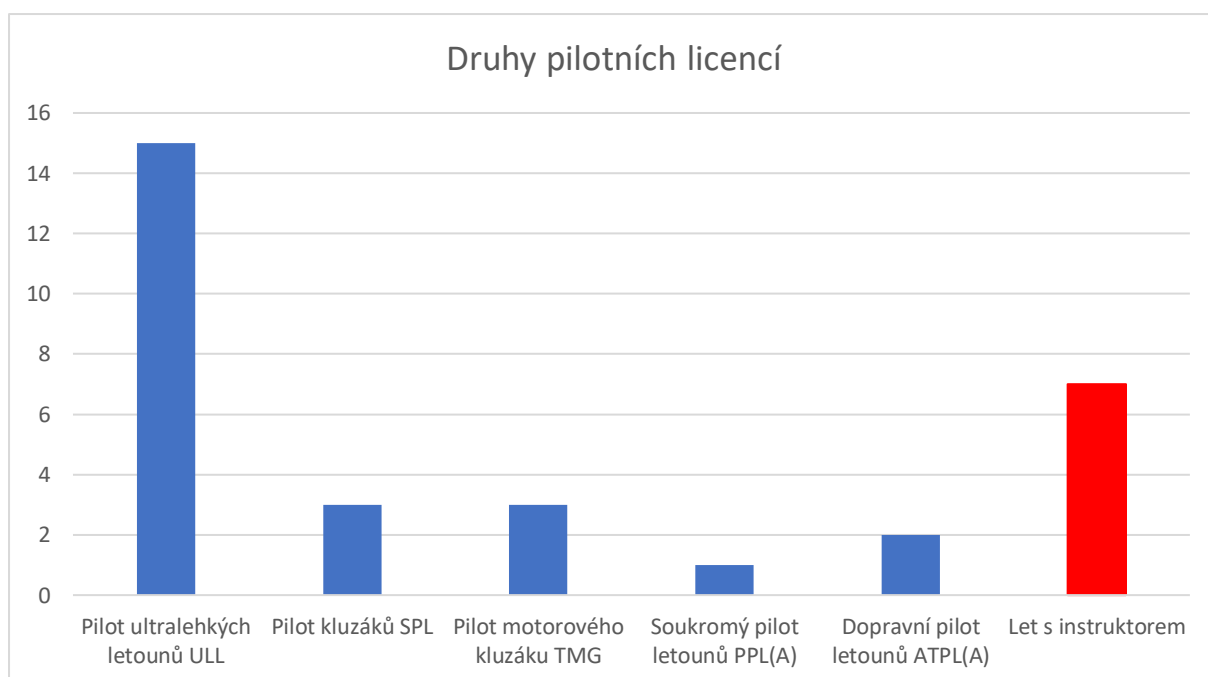


Celý graf 23 je rozdělen od nejmladšího pilota až po nejstaršího pilota do třech skupin. Nejpočetnější skupinou jsou piloti, kteří se nachází ve věkovém rozmezí 61–72 let. Druhá nejvíce početná skupina je pak ve věkovém rozmezí 39–50 let a nejmenší skupinou je rozmezí 50–61 let. Pilot, který chce legálně létat i po dovršení 50. roku musí minimálně každý rok docházet ke svému leteckému lékaři, který mu vystaví osvědčení zdravotní způsobilosti 2. třídy, jehož platnost trvá jen jeden rok. Pro srovnání pilot před dovršením 40. roku má platnost tohoto průkazu stanovenou na 5 let. Nicméně pouze 3 piloti neměli platný průkaz zdravotní způsobilosti. První pilot nebyl zdravotně způsobilý letu, což ale nezpůsobil jeho vysoký věk, ale antidepresiva, které nekonzultoval se svým leteckým lékařem. Další pilot neměl vůbec vydaný průkaz a u třetího pilota nebylo blíže specifikováno, proč mu již nebylo prodlouženo osvědčení zdravotní způsobilosti.

4.3.4 Pilotní průkazy

Dalším důležitým průkazem po osvědčení zdravotní způsobilosti, je samotná pilotní licence. Pilotní licenci pro ultralehké letouny vydává Letecká amatérská asociace České republiky, která ji vydává pilotům po absolvování teoretických testů a praktického přezkoušení. Tento průkaz je pouze národní a pilot s ním může vykonávat svoje práva v plném rozsahu pouze v České republice a některých dalších státech. Piloti ultralehkých letounů ale často začínají na kluzácích nebo na „velkých letounech“ a pro takové letadla je nutné mít licenci, kterou vydává Úřad pro civilní letectví České republiky podle předpisu Agentury Evropské unie pro bezpečnost letectví Part FCL. Takto vydaný průkaz umožňuje pilotům vykonávat svoji funkci v každém státu, který je součástí této Agentury. Na tomto grafu 24 jsou znázorněny pilotní licence, kterých byli piloti držitelé.

Graf 24: Druhy pilotních licencí

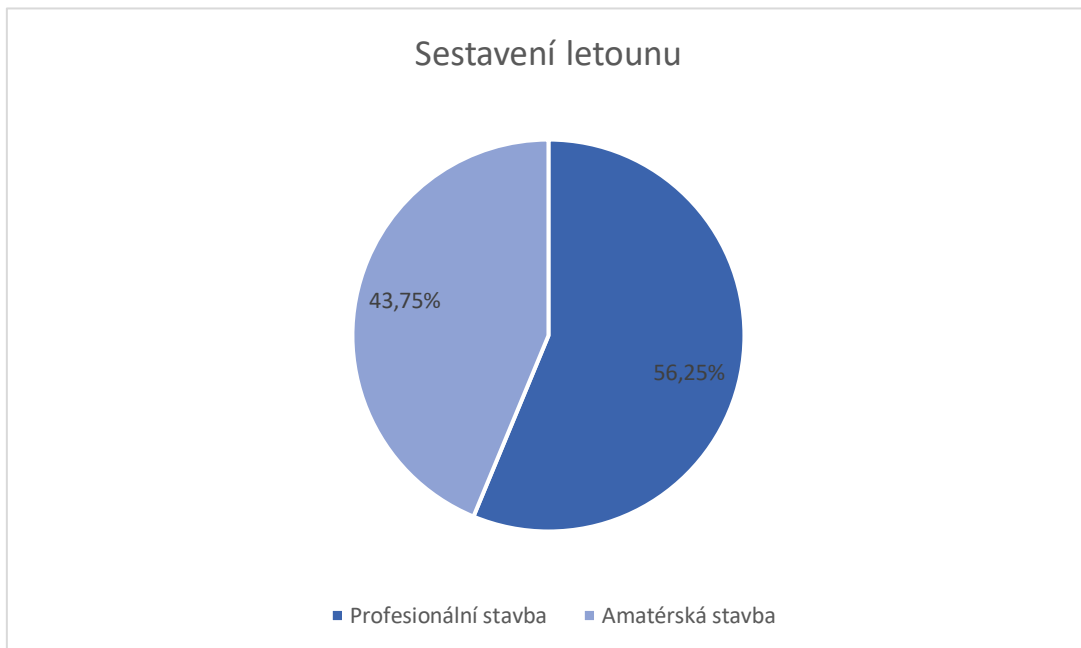


Z grafu 24 vyplývá, že všichni piloti, až na jednoho, měli platné pilotní průkazy na ultralehké letouny vydané LAA. V 7 letech došlo k pádu letounu, kdy byl na palubě inspektor s žákem nebo s přezkušovaným pilotem. To jenom potvrzuje fakt, že před druhým režimem nejsou ochráněni ani piloti pod dohledem zkušenějších instruktorů. Celkem 3 piloti měli zkušenosti s kluzáky a motorovými kluzáky. Na první pohled se může zdát, že zkušenosti bezmotorových letadel se nemohou přenést do motorového létání, ale opak je pravdou. V minulosti bylo zabráněno nejméně dvěma leteckým dopravním nehodám, protože kapitáni na inkriminovaných letech měli bohaté plachtařské zkušenosti. Jedná se například o lety Canadian 767 a US Airways 1549, mimo plachtařské licence měli pochopitelně oba kapitáni pilotní licence dopravních pilotů ATPL(A), kterou měli i 2 piloti z nehod obsažených v této práci. Pilotní licence dopravního pilota se řadí jako nejnáročnější licence v civilním letectví a její držitel musí prokázat mimořádné teoretické a praktické dovednosti.

4.3.5 Stavba letadel

Na rozdíl od velkých a malých certifikovaných letounů, ultralehké letouny nepodléhají, tak přísným certifikačním požadavkům. Největším rozdílem při stavbě ultralehkého letounu je ten, že si nový vlastník může vybrat, jestli si u výrobce nechá postavit celý letoun, nebo mu letoun přijde jako stavebnice, kdy si ho dostaví sám. Další možností je, si ultralehký letoun postavit od nuly sám, což je jistě nejambicióznější možnost, která vyžaduje poměrně velké znalosti o konstrukci letadel. Nicméně možnosti dnešních ultralehkých letounů, které se běžně vyrábí z lehkých kompozitních materiálů, se nedají srovnávat s amatérským letounem postaveným ze smrku a ocelových trubek, a proto se od těchto letounů čím dál víc opouští. Na následujícím grafu 25 je znázorněn poměr původu stavby letounů z leteckých nehod.

Graf 25: Sestavení letounu

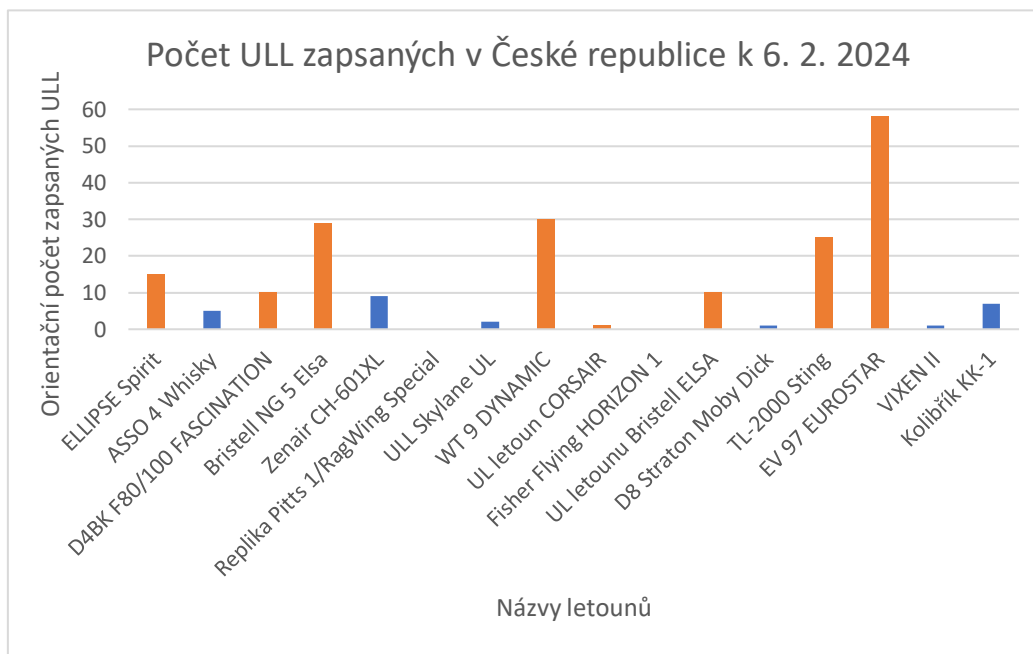


Z grafu 25 lze vyčíst, že 56,25 % letounů, které havarovaly, byly sestaveny zcela profesionálně výrobcem. Naopak u 43,75 % výrobce dodal stavebnici a provozovatel, který si letadlo zakoupil, si jej sestavil z části sám. Do skupiny amatérských staveb spadají i takové letouny, které si provozovatel postavil sám bez jakékoliv podpory od výrobce, takové letouny se v práci vyskytují 2. Z celkového počtu ultralehkých letounů pak $\frac{1}{4}$ neměla platný technický průkaz a shodou okolností 100 % těchto letounů spadá do kategorie amatérských staveb. Ačkoliv se může zdát, že ultralehké letouny, které nebyly postaveny celé výrobcem vykazují větší míru nebezpečí, není to pravda a jedná se spíš o nešťastnou náhodu.

4.3.6 Počet ultralehkých letounů zapsaných v leteckém rejstříku LAA ČR

Součástí zadání této práce je i porovnání počtu zapsaných letounů v leteckém rejstříku. Letecký rejstřík pro ultralehké letouny spravuje LAA a je bohužel neveřejný. Nicméně mé žádosti o tyto data bylo vyhověno a chtěl bych tak poděkovat hlavnímu inspektorovi letecké ultralehké techniky, který mi poskytl alespoň orientační informace.

Graf 26: Počet ULL v rejstříku LAA



Na prvním místě s nejvíce zapsanými letouny se umístil v grafu 26 tuzemský výrobce letadel Evector se svým letounem EV 97 Eurostar a to s 58 kusy. Toto číslo představuje všechny Eurostary, které jsou zapsané v rejstříku LAA a které byly postaveny v továrně, která sídlí v Kunovicích. Všechny letouny, které jsou v grafu označeny oranžovou barvou, byly postaveny ve výrobních prostorách výrobce letounů. Naopak letouny, které jsou v grafu 26 označeny modře, byly postaveny amatérsky ze stavebnice podle předpisu ELSA [12]. Z grafu vychází, že nejčastěji se v leteckých nehodách vyskytovaly spíše letouny, které byly už v praxi osvědčeny. Několik letounů, ale bylo takovým unikátem, že po jejich zničení v rejstříku nezbyly další téhož typu nebo zbyly jen jednotky kusů.

5. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo analyzovat letecké nehody ultralehkých letounů, které byly částečně způsobeny druhým režimem letu. Při řešení práce se vycházelo primárně ze závěrečných zpráv Ústavu pro odborné zjišťování příčin leteckých nehod, který zprávy o leteckých nehodách vydává. Závěrečné zprávy o leteckých nehodách detailně popisují chyby, které si vyžádaly životy ostatních pilotů, a bohužel mnohdy odhalují opakující se chyby v pilotáži. Tyto tragické události převážně skončily fatálně, což nám připomíná, že je důležité je brát vážně a poučit se z nich.

Zvláště ohroženou skupinou se ukázali být piloti ve věku 61 až 72 let, kteří měli za sebou do 600 letových hodin. Většina z nich létala na letounech, které byly postaveny jako amatérské stavby a byli držiteli průkazu pilota ultralehkých letadel, bez dalších pilotních kvalifikací. V některých případech se piloti rozhodli absolvovat let i na letounech, na kterých nebyla řádně prováděna údržba. Tato skupina se ukázala být jako skupina, která byla nejvíce vystavena chybám v druhém režimu letu. Je ovšem důležité brát výsledky s nadhledem, protože vycházejí z poměrně malého vzorku dat. S vyšším počtem dat by mohlo být dosaženo výsledků, jejichž interpretace by nemusela reflektovat závěr této práce.

Častou chybou, která zbytečně připravuje piloty o život, je pokus o provedení nemožné zatáčky, která spočívá ve snaze vrátit se na letiště po vysazení motoru v malé výšce. Nejednu fatální nehodu způsobila pilotní nekázeň, kdy piloti létali na malé rychlosti pod minimální povolenou výškou nad svým bydlištěm, nad bydlištěm svých známých nebo se během leteckých dnů snažili předvádět akrobacii.

Ideální by skutečně bylo, aby se podobné letecké nehody již nikdy neopakovaly a jejich počet klesl na nulu. I když počet nehod ultralehkých letounů dnes dosáhl poloviční úrovně oproti situaci před 20 lety, dosažení naprosto bezpečného stavu zatím zůstává v nedohlednu a připomíná spíše utopii než reálně proveditelný cíl.

Klesajícímu trendu do jisté míry pomáhají školení pilotů, které obsahují mimo jiné i nehody ultralehkých letounů. Velkou roli hraje i dostupnost kvalitních informací o letectví, které jsou dnes doslova na dosah ruky díky internetu. Je proto na každém pilotovi, co si z nepřeborného množství informací a možností odnese, protože počet nehod mohou ovlivnit jen jednotlivci, kteří se neustále vzdělávají a každý den se snaží být lepší.

Na závěr se hodí říct staré inspirativní letecké moudro:

„Stát se pilotem není těžké, ale stát se starým pilotem, to je velká výzva.“

6. Zdroje literatury

- [3] BUREAU OF AIRCRAFT ACCIDENTS ARCHIVES. *Statistics*. Online. BUREAU OF AIRCRAFT ACCIDENTS ARCHIVES. Bureau of Aircraft Accidents Archives. 2024. Dostupné z: <https://www.baaa-acro.com/statistics>. [cit. 2024-03-12].
- [8] DANĚK, Vladimír. *Mechanika letu I letové výkony*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2009. ISBN 987-80-7204-659-1.
- [9] FLIGHT MECHANICS FOR PILOTS. *Teaching material for student pilots of the Italian Air Force Academy*. Online. DE MARCO, Agostino. AGODEMAR. Flight Mechanics for Pilots. 2020. Dostupné z: <https://agodemar.github.io/FlightMechanics4Pilots/mypages/drag-polar/>. [cit. 2024-05-09].
- [7] INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. Doc 9859 AN/474, *Safety Management Manual (SMM)*. Third Edition. Montréal, 2012.
- [5] JEŽEK, M. Rozbor leteckých nehod způsobených chybnou údržbou. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 40 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Rostislav Košťal.
- [4] JONÁŠ, J. Vliv preventivních bezpečnostních opatření na nehodovost v leteckém provozu ČR. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 90 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jiří Chlebek, Ph.D.
- [1] L 13 ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD A INCIDENTŮ. In: LETECKÝ PŘEDPIS. 2020. Dostupné z: <http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-13/index.htm> [cit. 2024-05-09].
- [12] LETECKÁ AMATÉRSKÁ ASOCIACE ČESKÉ REPUBLIKY. ELSA – A, *Požadavky letové způsobilosti amatérsky postavených ELSA*. Praha, 2011.
- [30] LETECKÁ AMATÉRSKÁ ASOCIACE ČESKÉ REPUBLIKY. UL 1 - Část I., *Pravidla provozu sportovních létajících zařízení*. Praha, 2010.
- [11] LETECKÁ AMATÉRSKÁ ASOCIACE ČESKÉ REPUBLIKY. UL 2 - Část I., *Požadavky letové způsobilosti SLZ Ultralehké letouny řízené aerodynamicky*. Praha, 2019.
- [24] QUIZ AERO. *The imposible turn*. Online. Quiz Aero. 2022. Dostupné z: <https://www.quizaero.co.uk/post/the-impossible-turn>. [cit. 2024-05-09].
- [6] REASON, James. *Human Error*. 1. Manchester: Cambridge University Press, 1990. ISBN 9780521314190.
- [10] Technical Report – Defining constants, equations, and abbreviated tables of the 1975 US Standard Atmosphere: NASA Technical report,
- [2] TURBLI. *The Safest Transport Modes, Ranked by Statistics From 10 Years of Data*. Online. Dostupné z: <https://turbli.com/blog/the-safest-transport-modes-ranked-by-statistics-from-10-years-of-data/>. [cit. 2024-03-12].

- [20] ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD. *Průvodní formulář k předběžné a závěrečné zprávě*. Online. ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD. UZPLN. 2010. Dostupné z: <https://uzpln.cz/incident/176>. [cit. 2024-03-04].
- [26] ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD. *Průvodní formulář k předběžné a závěrečné zprávě*. Online. ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD. UZPLN. 2011. Dostupné z: <https://uzpln.cz/incident/296>. [cit. 2024-04-09].
- [25] ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD. *Průvodní formulář k předběžné a závěrečné zprávě*. Online. ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD. UZPLN. 2012. Dostupné z: <https://uzpln.cz/incident/307>. [cit. 2024-04-08].
- [28] ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD. *Průvodní formulář k předběžné a závěrečné zprávě*. Online. ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD. UZPLN. 2012. Dostupné z: <https://uzpln.cz/incident/343>. [cit. 2024-04-11].
- [21] ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD. *Průvodní formulář k předběžné a závěrečné zprávě*. Online. ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD. UZPLN. 2014. Dostupné z: <https://uzpln.cz/incident/379>. [cit. 2024-03-15].
- [16] ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD. *Průvodní formulář k předběžné a závěrečné zprávě*. Online. ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD. UZPLN. 2015. Dostupné z: <https://uzpln.cz/incident/447>. [cit. 2024-02-28].
- [18] ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD. *Průvodní formulář k předběžné a závěrečné zprávě*. Online. ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD. UZPLN. 2016. Dostupné z: <https://uzpln.cz/incident/469>. [cit. 2024-03-01].
- [14] ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD. *Průvodní formulář k předběžné a závěrečné zprávě*. Online. ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD. UZPLN. 2016. Dostupné z: <https://uzpln.cz/incident/491>. [cit. 2024-02-26].
- [19] ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD. *Průvodní formulář k předběžné a závěrečné zprávě*. Online. ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD. UZPLN. 2016. Dostupné z: <https://uzpln.cz/incident/495>. [cit. 2024-03-01].
- [17] ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD. *Průvodní formulář k předběžné a závěrečné zprávě*. Online. ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ

PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD. UZPLN. 2016. Dostupné z: <https://uzpln.cz/incident/505>. [cit. 2024-02-28].

[24] ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD. *Průvodní formulář k předběžné a závěrečné zprávě*. Online. ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD. UZPLN. 2018. Dostupné z: <https://uzpln.cz/incident/536>. [cit. 2024-04-07].

[15] ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD. *Průvodní formulář k předběžné a závěrečné zprávě*. Online. ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD. UZPLN. 2019. Dostupné z: <https://uzpln.cz/incident/574>. [cit. 2024-02-27].

[29] ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD. *Průvodní formulář k předběžné a závěrečné zprávě*. Online. ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD. UZPLN. 2020. Dostupné z: <https://uzpln.cz/incident/603>. [cit. 2024-03-04].

[13] ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD. *Průvodní formulář k předběžné a závěrečné zprávě*. Online. ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD. UZPLN. 2020. Dostupné z: <https://uzpln.cz/incident/626>. [cit. 2024-02-26].

[27] ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD. *Průvodní formulář k předběžné a závěrečné zprávě*. Online. ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD. UZPLN. 2021. Dostupné z: <https://uzpln.cz/incident/629>. [cit. 2024-04-10].

[22] ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD. *Průvodní formulář k předběžné a závěrečné zprávě*. Online. ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD. UZPLN. 2022. Dostupné z: <https://uzpln.cz/incident/677>. [cit. 2024-04-07].

7. Seznam zkratek a symbolů

A	Štíhlost křídla
ATPL(A)	Průkaz dopravního pilota letounů
ATZ	Část vzdušného prostoru v těsném okolí neřízeného letiště
B3A	Archiv Úřadu pro letecké nehody
C_D	Koeficient odporu
C_{D0}	Součinitel indukovaného odporu
D	Odpor
e	Oswaldův koeficient aerodynamické účinnosti letounu
F	Tah
FI(S)	Letecký instruktor
FL	Letová hladina
F_P	Potřebný tah
ft	Stopa
F_V	Využitelný tah
G	Tíha
g	Tíhové zrychlení
GPS	Satelitní navigační systém
IMC	Meteorologické podmínky výhradně pro let podle přístrojů
ISA	Mezinárodní standardní atmosféra
km	kilometr
km/h	kilometr v hodině
kt	uzel
L	Vztlak
LAA	Letecká amatérská asociace České republiky
m	Hmotnost
m	Metr
MHz	Megahertz
n	násobek
NOTAM	Poznámka pro letce

P_p	Potřebný výkon
PPL(A)	Průkaz soukromého pilota letounů
PPL(H)	Průkaz soukromého pilota vrtulníků
P_v	Využitelný výkon
r	Minimální poloměr zatáčky
RWY	Plocha sloužící ke vzletům a přistáním letadel na letištích
S	Plocha
SLZ	Sportovní létající zařízení
SPL	Průkaz pilota kluzáků
TMG	Průkaz pilota motorových kluzáků
UL	Ultralehký
ULL	Ultralehký letoun
ÚZPLN	Ústav pro odborné zjišťování příčin leteckých nehod
V	Rychlost
VFR	Pravidla pro let za viditelnosti země
V_{min}	Minimální rychlost
V_{mp}	Rychlost pro nejmenší potřebný výkon
V_s	Pádová rychlost
$V_{s_zatáčka}$	Pádová rychlost v zatáčce
α	Úhel náběhu
φ_F	Úhel nastavení motoru
Φ	Maximální příčný sklon
ρ	Hustota
$^{\circ}C$	Stupeň celsia