



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

LUCIE SMETANOVÁ

**ANALÝZA SOUČASNÉHO PŘÍSTUPU
K VÝKONOVÝM VÝPOČTŮM VE VŠEOBECNÉM
LETECTVÍ**

Bakalářská práce

2018



K614..... Ústav aplikované informatiky v dopravě

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Lucie Smetanová

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – ITS – Inteligentní dopravní systémy

Název tématu (česky): **Analýza současného přístupu k výkonovým výpočtům ve všeobecném letectví**

Název tématu (anglicky): General Aviation Performance Calculations Approach
Analysis

Zásady pro vypracování

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

- Principy výkonových a W&B výpočtů
- Legislativní požadavky
- Výcvik zaměřený na výkonové výpočty ve všeobecném letectví
- Analýza současného přístupu
- Návrh zlepšení současného stavu



- Rozsah grafických prací: určí vedoucí práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Oxford Aviation Books - Mass & Balance and Performance
Jeppesen EASA ATPL Manual
AIR-OPS - 965/2012
ICAO Annex 6

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ota Hajzler**
Ing. Lukáš Řasa

Datum zadání bakalářské práce: **13. června 2017**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **13. června 2018**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia


doc. Ing. Vít Fábera, Ph.D.
vedoucí
Ústavu aplikované informatiky v dopravě


prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. h. c.
děkan fakulty



Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.



Lucie Smetanová
jméno a podpis studenta

V Praze dne 13. června 2017

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této práce. Zvláště pak děkuji Ing. Otovi Hajzlerovi za odborné vedení a konzultování bakalářské práce a za rady, které mi poskytoval po celou dobu mého studia. Dále bych chtěl poděkovat všem, kteří mi umožnili přístup k mnoha důležitým informacím a materiálům. V neposlední řadě je mou milou povinností poděkovat svým rodičům a blízkým za morální a materiální podporu, které se mi dostávalo po celou dobu studia.

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

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

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

V Praze dne 4. května 2018

.....

podpis

Název práce: Analýza současného přístupu k výkonovým výpočtům ve všeobecném letectví

Autor: Lucie Smetanová

Obor: Inteligentní dopravní systémy

Druh práce: Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. Ota Hajzler

Ústav aplikované informatiky v dopravě K614

Fakulta dopravní, ČVUT v Praze

Abstrakt: Tato bakalářská práce se zabývá tématem výkonových výpočtů ve všeobecném letectví, mezi tyto výpočty patří vyvážení a výkony letounu jako je například délka přistávací a vzletové dráhy. Představuje legislativní požadavky, které jsou k tomuto tématu dostupné, popisuje způsob výuky tohoto tématu v leteckém výcviku a shrnuje mobilní výpočtové aplikace dostupné na trhu. Výstupem této práce je posouzení současné situace ohledně tohoto tématu a návrh na její zlepšení.

Klíčová slova: výkonové výpočty, hmotnostní výpočty, všeobecné letectví

Title: **General Aviation Performance Calculations Approach Analysis**

Author: Lucie Smetanová

Branch: Intelligent Transport Systems

Document type: Bachelor's thesis

Thesis advisor: Ing. Ota Hajzler

Department of applied informatics in transportation

Faculty of Transportation Science, CTU in Prague

Abstract: This thesis deals with theme of performance and weight and balance calculations in general aviation. Among these calculations are the balancing and performance of the aircraft such as take-off and landing distance required. Thesis also presents legislative regulations available for this topic. Describes pilot's training and summarizes mobile calculation applications available on the market. The output of this thesis is an assessment of current situation concerning this topic and a proposal for its improvement.

Key words: Weight and balance calculations, performance calculations, general aviation

Obsah

1. ÚVOD	9
2. PRINCIPY VÝKONOVÝCH A W&B VÝPOČTŮ	10
2.1. Weight and balance	10
2.1.1. Odpovědnost za správnost vyvážení letadla	11
2.1.2. Vliv hmotnosti na letadlo	11
2.1.3. Vliv polohy těžiště na letadlo	12
2.2. Výkonové výpočty (Performance)	13
2.2.1. Minimální délka vzletové dráhy	13
2.2.2. Stoupání	14
2.2.3. Přistání	16
3. LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY	18
3.1. Hmotnost a vyvážení	20
4. VÝCVIK ZAMĚŘENÝ NA VÝKONOVÉ VÝPOČTY VE VŠEOBECNÉM LETECTVÍ	22
4.1. Osnova teoretických znalostí daná Úřadem civilního letectví	22
4.2. Osnovy leteckých škol	23
5. ANALÝZA SOUČASNÉHO PŘÍSTUPU	25
5.1. Vypočítání hodnot Performance podle POH	25
5.1.1. Minimální délka vzletové dráhy	26
5.1.2. Potřebné palivo	27
5.1.3. Přistávací dráha	30
5.2. Výpočet weight and balance podle POH	30
5.3. Výpočet hodnot pomocí mobilních aplikací	34
6. NÁVRH ZLEPŠENÍ SOUČASNÉHO STAVU	49
6.1. Legislativa	49
6.2. Výcvik pilotů	49
6.3. Vývoj inovativního výpočtového software	50
6.3.1. Funkce	50

6.3.2. Cena.....	50
6.3.3. Podpora systémů.....	51
7. ZÁVĚR	52
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	54
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	56
SEZNAM TABULEK.....	56

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AIP – Aeronautical Information Publications (letecké předpisy v konkrétních státech)

ASDA – Accelerate Stop Distance Available

CG – Center of gravity

DOW – Dry operating weight

EASA – European Aviation Safety Agency

GPS – Global positioning system

ICAO – International Civil Aviation Organization

IFR – Instrument flight rules

LDA – Landing distance available

LDR – Landing distance required

METAR – Message d'observation météorologique régulière pour l'aviation

NOTAM – Notice to Airmen

SMS – Short message service

TAF – Terminal aerodrome forecast

TAS – True airspeed

TODR – Take-off distance required

TORR – Take-off run required

VFR – Visual flight rules

W&B – Weight and balance

1. ÚVOD

Všeobecné letectví zahrnuje operace civilního letectví, které nejsou pravidelné, ani vojenské. Obecně se dá všeobecné letectví vyjádřit jako letectví menších letadel, která jsou provozována z velké části soukromě. Do všeobecného letectví patří lety kluzáků, malých sportovních letadel, ultralightů a motorových padáku.

Při provádění letu je potřeba dbát na všechny letecké předpisy a držet se pravidel pro létání. Všeobecné letectví nemá pravidla stejná jako například obchodní letecká doprava. I přesto, že se ve všeobecném letectví pohybuje o mnoho více pilotů než v obchodní letecké dopravě, je materiálů pro všeobecné letectví velmi málo. Například legislativní předpisy a pravidla, která by se zabývala všeobecným letectvím se velmi těžko hledají a často jsou pouze jako dovětek, nebo dodatek u obecných pravidel pro civilní létání. [1]

Tento fakt mě přivádí k prvnímu z cílů této bakalářské práce, kterým je snaha o zvýšení povědomí o výpočtech, které je nutno provádět před letem v této části letectví. Předletová příprava je velmi důležitou částí plánování letu. Při předletové přípravě je třeba nasbírat aktuální informace o počasí, povrchu dráhy letiště, i samotném letounu. Výpočty, které předletová příprava zahrnuje jsou jednou z nejdůležitějších částí přípravy. Hmotnostní výpočty jsou důležité pro správné vyvážení a stabilitu letadla. Výkonové výpočty nám zase říkají, zda s danou hmotností za daných podmínek vzletíme a poté zase přistaneme. Proto se tyto výpočty nesmí podceňovat a zanedbávat.

Když se řekne letectví, většina lidí si vybaví letadlo, které vidí na obloze nebo letadlo, kterým letí na dovolenou. Už jen málo lidí začne přemýšlet nad tím, co je vše potřeba před letem vykonat. Tyto výpočty jsou nesmírně důležité a někteří lidé o nich nemají tušení. V této práci tedy představím výkonové výpočty pro zlepšení povědomí o předletové přípravě. Dále také legislativní požadavky pro tyto výpočty a současný přístup k nim.

Dalším cílem této práce je navržení zlepšení aktuálního přístupu k předletovým výpočtům. V současné době se tyto výpočty provádějí buď na základě pilotní příručky POH, nebo s pomocí výpočtových aplikací. Postup výpočtů podle příručky je velmi zdlouhavý a nepřehledný. V mobilních aplikacích jsou tyto výpočty provedeny v kratším čase a více přehledně, bohužel ale tyto aplikace nefungují vždy dokonale správně, nebo v nich není možné provést všechny úkony, které je zapotřebí, a pilot tedy musí mít těchto aplikací několik. Z těchto důvodů je zlepšení současné situace skoro nezbytně nutné.

2. PRINCIPY VÝKONOVÝCH A W&B VÝPOČTŮ

Výkonové a weight and balance výpočty jsou pro plánování letu velmi důležité, dokonce je možné tvrdit, že je to jeden z nejdůležitějších kroků při plánování letu. Při nesprávném vypočítání těchto hodnot mohou být následky smrtelné.

Například v červenci roku 2016 havaroval český letoun Piper Warrior II PA-28-161 na rakouském letišti Zell am See, příčinou této nehody je právě zanedbání předletové přípravy v podobě výpočtů. Vzlet na letišti v Zell am See je i za ideálních podmínek velmi obtížný a vyžaduje zkušeného pilota, při této nehodě měl pilot svůj průkaz pouze pár týdnů a letiště dostatečně neznal. Hlavní příčinou této havárie se zdá být vysoká teplota okolního vzduchu, která v nadmořské výšce letiště (753 m) vytváří velmi řídký vzduch, a tudíž i menší výkon motoru a menší vztlak. Dalším faktorem by mohlo být přetížené letadlo, které se při vzletu pohybovalo v maximálních hodnotách povolené vzletové hmotnosti. [2]

Další nehodou, ve které hrálo roli zanedbání předletových výpočtů je nehoda, která se stala malému letounu PA-31 na Karibských Ostrovech. V letadle byl pouze pilot a pro něj byla nehoda smrtelná. Tento letoun měl za úkol přepravit krabice s čerstvými krevetami, které se pro převoz skladují v přeprávkách s ledem, na každé krabici byla udána hmotnost samotných krevet, ale ne celková hmotnost krabice. Pilot si při počítání weight and balance nedal pořádný pozor a hmotnost ani jedné z krabic kontrolně nepřevážil, pro výpočet používal hodnoty uvedené na krabicích, tudíž bylo letadlo přetížené. Další chybou, které se dopustil je nedostatečné zajištění nákladu před pádem. Pilot krabice naskládal na sebe ke straně letadla a nezajistil je sítěmi, které se při přepravě nákladu obvykle používají, krabice tedy při letu spadly a změnilo umístění těžiště letadla, které najednou nebylo v povolených normách. V kombinaci komplikací přetíženého letadla a změněného těžiště se letadlo zřítilo a pilot zahynul. [3]

Obecně si pod těmito výpočty můžeme představit například výpočet nejkratší možné vzletové dráhy nebo třeba výpočet těžiště letadla pro správné rozmístění nákladu. Tyto výpočty ale potřebují nepřehledné množství informací, a proto je třeba se tomuto tématu věnovat podrobněji.

2.1. Weight and balance

Výpočty weight and balance jsou zaměřeny na přesné vážení a správnost rozložení hmotnosti v letounu. Při nedodržení pravidel hrozí nebezpečí narušení stability letadla a v horším případě i jeho pádu a smrti cestujících. Proto je potřeba na tyto výpočty, stejně jako na výpočty výkonu, velmi dbát. Zahraniční studie ukazují, že při nákladních letech je dokonce 8,5krát více nehod způsobených špatným vyvážením letadla než při letech s pasažéry. [4] Při

pilotním výcviku nemusí být trénování správného vyvážení letounu věnováno dostatečné množství času, to může být další důvod častých nehod způsobených nedokonalou stabilitou.

2.1.1. Odpovědnost za správnost vyvážení letadla

Odpovědnost, za správné naložení a stabilní let ale nenese pouze pilot, ale tato zodpovědnost začíná už u návrhářů daného modelu letadla, kteří navrhují jeho tvar a také je jejich povinností správně vypočítat a nastavit meze maximální hmotnosti a těžiště. Dalším člověkem, který za správnost těchto parametrů ručí, je výrobce daného letounu, který by měl letoun vyrobit bez sebemenších odchylek a udat skutečnou váhu samotného letadla (DOW). Dále je také dobré klást důraz na správné zdokumentování oprav letounu, kdy se i nepatrným přidáním materiálu při opravě, nebo servisu mohou změnit váhové parametry letadla. Až jako poslední v řadě má zodpovědnost sám pilot, jeho zodpovědnost je ale největší, protože pochybení právě v předletové přípravě provedené pilotem patří mezi nejčastější příčiny nehod sportovních letadel v porovnání s ostatními třemi odpovědnými osobami. [5]

2.1.2. Vliv hmotnosti na letadlo

Hmotnost nákladu má na letadlo a samotný let nezanedbatelný vliv. Přetížené letadlo má velmi malou šanci dosáhnout svého cíle nebo dokonce jen vzlétnout. Většina novějších letadel je navržena tak, že pokud je letadlo plně obsazeno dospělými osobami, má plný nákladní prostor i plnou nádrž, je přetížené. Výrobci nepočítají s tím, že by někdo všechny tyto kapacity naráz opravdu využil, proto se každý pilot musí předem rozhodnout, jestli poletí plně naložený, ale na krátkou vzdálenost, nebo poletí velkou vzdálenost, ale jen s menším nákladem. Pokud je potřeba přepravit velké množství nákladu a osob na velkou vzdálenost, je potřeba naplánovat let s několika zastávkami pro doplnění paliva.

Přetížení letounu může způsobit mnoho komplikací. První z nich nastane hned při vzletu, těžší letoun má pomalejší akceleraci, tudíž letoun potřebuje delší rozjezd a někdy tento potřebný rozjezd může být tak dlouhý, že nestačí runway a letadlo havaruje. Další komplikací je menší úhel stoupání, tudíž je na některých horských letištích vzlet nemožný. Přetížené letadlo logicky také znamená nižší cestovní rychlost a větší spotřebu paliva na daný let, takže je při dlouhých letech nutno častěji přistávat a doplňovat palivo. Samozřejmě je také delší přistávací dráha, která může být stejnou komplikací jako vzletová. Další komplikací, která může nastat při přistávání s přetíženým letadlem je tvrdé dosednutí. Menší letadla, která se používají ve všeobecném letectví nejsou stavěna na velké nárazy při tvrdším dosednutí, které při přetíženém letounu nastává velmi často. Tento náraz, na který není letoun připravený, může způsobit zničení některé z důležitých částí letounu, dopad nemusí vydržet křídlo, podvozek nebo jakákoli další část letounu. Při zničení křídla nebo podvozku může být havárie fatální. Při tomto tvrdém nárazu se také může stát, že některá část je poničená, ale tato vada

není viditelná, což se může stát osudným při dalším letu, při kterém se bude zdát, že je vše v pořádku. [5]

2.1.3. Vliv polohy těžiště na letadlo

Výpočtem a ujištěním se, že letadlo není přetížené naše řešení správné hmotnosti a stability teprve začíná. Dalším velmi důležitým aspektem je umístění těžiště. Poloha těžiště je pro létání velmi důležitý údaj, který má vliv na chování celého letadla. Poloha těžiště má vliv především na stabilitu a ovladatelnost letadla a může se také projevit na výkonu motoru. Proto je velmi důležité dbát na to, že poloha těžiště se nachází mezi svými mezemi, a že se z nich při letu nevychýlí. Tyto meze se nazývají přední a zadní centráž.

Neutrální bod – neutrálním bodem letounu je místo, ve kterém je výslednice klopivého momentu konstantní, většinou nulová. Pokud by letoun měl v tomto bodě svůj podvozek, byl by na zemi stabilní, ale ve vzduchu by měl problém svou stabilitu udržet kvůli rozdílným vnějším silám jako je vzlak a tíhová síla.

Točivý (klopivý) moment – jinak nazýván jako kroutivý moment nebo také moment síly. Tento moment znázorňuje sílu, působící na rameno kolmé k ose otáčení. Lze vypočítat jako velikost síly násobenou vzdáleností bodu působení síly od osy otáčení, která je v našem případě označena jako d . Osou otáčení je v tomto případě myšleno těžiště letounu.

$$M = F * d$$

Těžiště – také nazýváno jako hmotný střed tuhého tělesa je působiště síly, působící na těleso, v našem případě gravitační síly. Jedná se o takový bod, na který má působení tíhové síly stejný účinek, jako kdyby působila na celé těleso. V těžišti působí veškerá hmotnost tělesa. Těžiště se tedy dá spočítat jako podíl celkového momentu síly působícího na těžiště a celkové hmotnosti letounu, včetně všech pasažérů, nákladu a dalších komponent. V našem případě budeme těžiště označovat jako CG, což je anglická zkratka pro překlad slova těžiště, tedy Center of Gravity.

$$CG = \frac{M}{m}$$

Kvůli výše zmíněným účinkům neutrálního bodu se přední i zadní centráž umísťují před tento bod. Přední centráž je tedy největší možná vzdálenost těžiště od neutrálního bodu. Zadní centráž je nejmenší možná vzdálenost těžiště od neutrálního bodu, volí se tak, aby i v případě těžiště umístěného přímo na zadní centráži byl letoun vyvážený. Pokud je těžiště příliš blízko přední centráži, je letadlo více stabilní, ale o to hůře manévrovatelné. V případě těžiště blízko zadní centráže je letadlo méně stabilní, a naopak lépe manévrovatelné. Těžiště je tedy vhodné umístit mezi tyto body. [6]

Všechny potřebné statické veličiny, které k těmto výpočtům potřebujeme nalezneme v POH daného letounu, pro ukázkou jsou zde uvedeny hodnoty pro letoun Cessna 172 S Skyhawk.

Tabulka 1 - veličiny pro hmotnostní výpočet letounu Cessna 172s Skyhawk

Maximální vzletová a přistávací hmotnost	2550 liber
Přední limit těžiště	41 palců
Zadní limit těžiště	47.3 palců
Maximální množství paliva	56 galónů

2.2. Výkonové výpočty (Performance)

Výkonové výpočty neboli performance výpočty, jsou závislé na mnoha aspektech, například meteorologických podmínkách, výkonnostních charakteristikách letounů, anebo třeba také na umístění letiště. Tyto výpočty jsou prováděné pro zjištění skutečnosti, jestli s danou hmotností letounu bezpečně vzletneme a přistaneme. Vypočítáváme úhel stoupání, minimální délku vzletové dráhy, rychlost stoupání a další důležité veličiny nutné pro bezchybný let. Při těchto výpočtech se uplatňují základní matematické postupy a zákony trigonometrie.

Předpokládané hodnoty těchto výpočtů za určitých váhových a povětrnostních podmínek můžeme najít v POH, to ale ještě nemusí být zaručeně hodnoty, ke kterým se během svého letu bude pilot přibližovat. V této sekci výpočtů nezáleží jen na vlivech prostředí, ale také na lidském faktoru, proto si každý pilot k vypočítané vzletové a přistávací dráze přidává ještě o několik procent navíc kvůli bezpečnosti. Většina pilotů si k výsledku přidává až 50 % vypočítané hodnoty navíc. [7]

2.2.1. Minimální délka vzletové dráhy

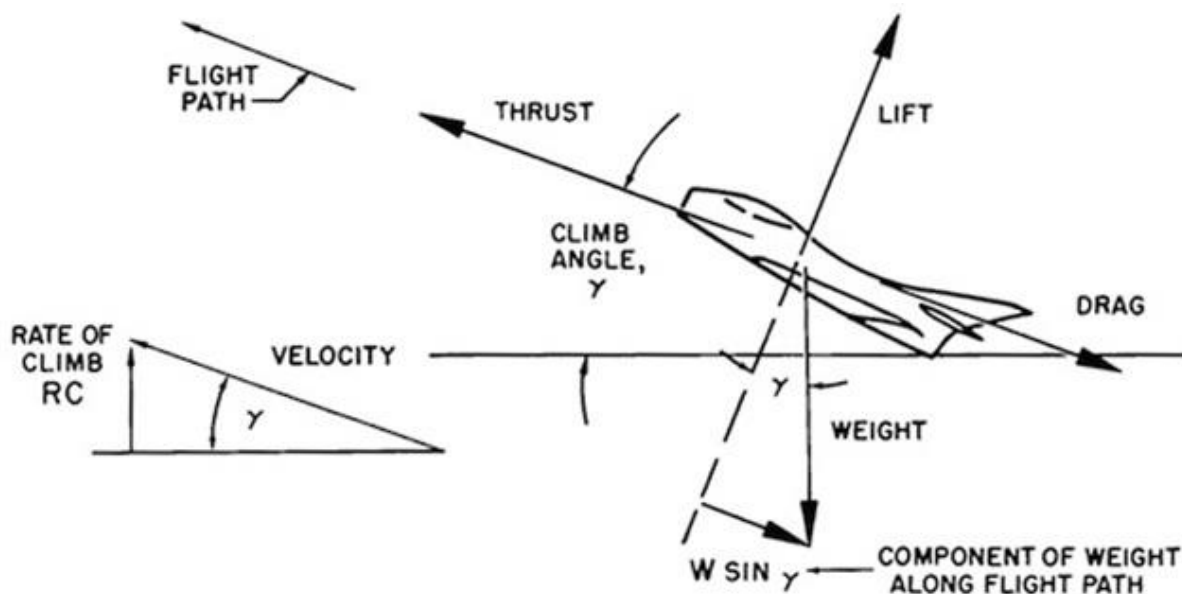
Minimální délkou vzletové dráhy se rozumí takový úsek letištní dráhy, který letoun urazí od momentu rozjíždění se až po moment, kdy se letoun dostane do bezpečně letové hladiny. Vzletová dráha se skládá ze tří částí. První částí je úsek od začátku rozjíždění letadla, tedy od rychlosti 0 km/h, až po chvíli, při které se podvozek letadla přestane dotýkat země. Tato část vzletu se nazývá délka potřebná pro rozjezd (TORR). Druhou částí je úsek, který začíná momentem, kdy se podvozek letounu přestane dotýkat země až po chvíli, při které se letoun dostane do předepsané výšky. Tento prostor je uvažován jako prostor za letištěm, který neobsahuje žádné vyvýšené překážky, které by mohly zkomplikovat stoupání letounu do předepsané výšky. Tato část vzletu se nazývá předpolí. Pokud budeme tyto dvě části vzletu uvažovat společně, budeme mluvit o dráze potřebné pro vzlet (TODR). Třetí a poslední částí vzletové dráhy je dráha potřebná pro případný přerušovaný vzlet, tato část dráhy by při

bezchybném vzletu neměla být použita, počítá se s ní pouze pro případ, že by byl pilot nucen nouzově ukončit vzlet, nebo pokud by kvůli jakékoli závadě nebyl schopen s letadlem vzlétnout. Tato část vzletové tratě má zkratku ASDA. [3]

Znečištění letové dráhy jako je například bláto, sníh nebo voda zvyšují tření mezi povrchem vozovky a kolem podvozku letadla má za následek pomalejší akceleraci letounu a tím pádem i potřebu delší dráhy pro vzlet.

2.2.2. Stoupání

Stoupáním rozumíme tu část letu, která přichází po vzletu, a končí začátkem cestovního letu ve stabilní letové hladině. Důležitými veličinami pro tuto část letu jsou pro nás úhel stoupání a rychlost stoupání. Na následujícím obrázku můžeme vidět síly, které na stoupající letadlo působí.



Obrázek 1 - rozložení sil při vzletu

Zdroj: <http://code7700.com/v-y.htm>

Těmito silami jsou síla tíhová, která působí směrem ke středu země, tedy dolů. V případě stoupání letadla tato síla není kolmá na jeho osu, ale její působení můžeme jednoduše vyjádřit pomocí goniometrické funkce. Protože úhel γ (γ), který svírá dráha letadla s povrchem země je totožný s úhlem, který svírá kolmice dráhy letadla s tíhovou silou působící na něj. V tom případě bude tíhová síla vypočítána jako $F_t = m * g * \sin \gamma$. Další silou znázorněnou v tomto obrázku je síla vztlaková. Tato síla působí opačným směrem, než tíhová a pro let musí být větší. Vzniká obtékáním vzduchu okolo křidel, které způsobuje změnu tlaků nad a pod

křídlem, proto vzlaková síla. Dalšími dvěma silami, které na sebe také působí vzájemně opačně jsou tah a odpor. Odporovou silou se rozumí všechny odpory, které na letadlo působí, nejvýznamnějším z nich je odpor vzduchu neboli aerodynamický odpor. Tento odpor roste s kvadrátem rychlosti. Poslední silou je tedy síla tahová, která, jak je výše zmíněno, působí opačným směrem než síla odporová a musí odporovou sílu překonat. [3]

Když jsou tyto síly popsány, bude jednoduché vypočítat **úhel stoupání**. Úhel stoupání se vypočítá velmi jednoduše, za předpokladu, že mezi funkcí sinus tohoto úhlu a hodnotou tohoto úhlu je jen velmi malý. Úhel stoupání je tedy roven rozdílu tahové a odporové síly děleného silou tíhovou. Pokud by bylo zapotřebí spočítat gradient tohoto úhlu, je nutné výsledek vynásobit číslem sto. [3]

$$\theta \approx \sin \theta = \frac{T - D}{W}$$

$$\text{Grad}[\%] = \frac{T - D}{W} * 100$$

Rychlost stoupání je čistě jen svislá složka síly. Rychlost stoupání a úhel stoupání jsou na sebe přímo úměrné. Rychlost stoupání vypočítáme jako násobek úhlu stoupání a TAS, což je zkratka pro True-Airspeed, tedy opravdovou vzdušnou rychlost. To se také dá považovat za rozdíl použitelné síly a síly potřebné, jejichž rozdíl je dělen tíhovou silou. [8]

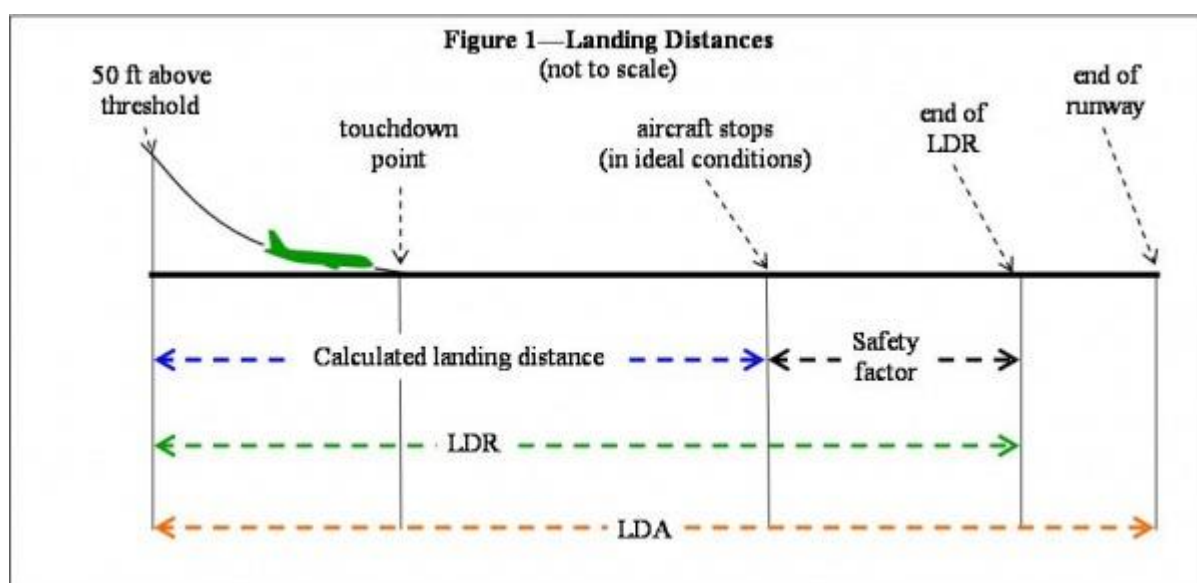
$$\text{Rychlost stoupání} = \frac{T - D}{W} * TAS$$

$$\text{Rychlost stoupání} = \frac{\text{Síla použitelná} - \text{síla potřebná}}{W}$$

Kapitola performance, nebo výkonové výpočty je velmi obsáhlá a zahrnuje nepřehledné množství výpočtů, všechny tyto výpočty a jejich postupy je možné najít v příručkách POH každého letounu. V těchto příručkách je možné se dočíst i předpokládaných hodnot těchto výpočtů za určitých letových podmínek. Každý pilot by při předletové přípravě měl těmto výpočtům věnovat dostatečné množství času a neměl by žádný z nich vynechat.

2.2.3. Přistání

Výkon letadla při přistání je dalším z důležitých faktorů. Přistáváním rozumíme pohyb letounu, který začíná ve smluvní výšce při referenční rychlosti a končí zastavením letadla na letišti určené. Samotný manévr přistání se skládá ze dvou částí. První částí je vzdušná fáze, tato fáze končí v okamžiku, kdy se kola podvozku dotknou země. V tomto bodě začíná fáze druhá a tou je pozemní část přistání neboli ground roll. V následujícím obrázku vidíme délky přistávacích drah. LDR je zkratka pro potřebnou délku přistávací dráhy. Tato délka v sobě zahrnuje vzdušnou i pozemní část přistání a skládá se z vypočítané letové dráhy sečtené s bezpečnostní rezervou. LDA znázorňuje dostupnou délku dráhy. Při přistání působí na letoun několik vnějších sil jejichž účinky musíme brát v potaz. [8] [3]



Obrázek 2 - délky přistávacích drah

Zdroj: https://www.skybrary.aero/index.php/Landing_Distances

Přistávací hmotnost nesmí překročit limit konstrukční hmotnosti, limit hmotnosti daný délkou letištní dráhy a limit hmotnosti na stoupání při nezdařeném přistání. Například pro model 172S Skyhawk letounu Cessna je maximální povolená provozní hmotnost pro přistání 2550 liber, což je rovno maximální povolené hmotnosti letounu pro vzlet. Velikost hmotnosti nesmí překročit limitní hmotnost pro přistání na určené délce přistávací dráhy. Vyšší hmotnost totiž zvyšuje přistávací rychlost, a tudíž prodlužuje vzdálenost potřebnou pro bezpečné přistání. [9]

Odpor při přistání na letoun působí ve třech různých formách. První z nich je parazitní odpor, což je odpor, který je dán nedokonalostmi při výrobě letounu, zvlněním plechů letounu

nebo třeba špatným utěsněním otvorů v konstrukci letounu. Druhou formou odporu působícího při přistání je odpor indukovaný. Tento odpor je tvořen víry, které jsou vyvolány vyrovnáváním tlaků na konci křídla, indukovaný odpor tedy snižuje vztlak křídla. Poslední složkou těchto odporů jsou odpory třecí a valivý. V této složce odporu má vliv síla třecí mezi vozovkou a podvozkem a třecí síla v brzdách. Tento odpor se zvyšuje se snižující se rychlostí letadla v pozemní části přistávání. [8]

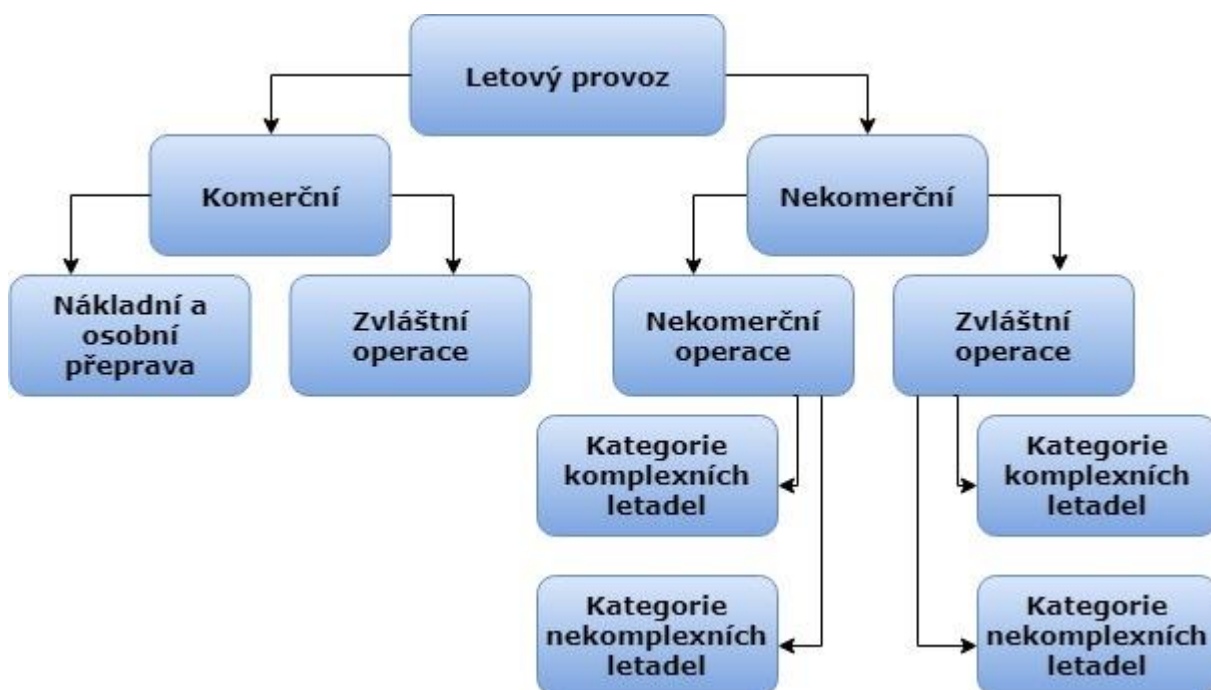
Teplota a nadmořská výška letiště určení jsou dalšími z důležitých faktorů. Teplota a nadmořská výška letiště mají vliv na hustotu okolního vzduchu. Čím je letiště výše oproti mořské hladině, tím je zde menší hustota vzduchu a naopak. Menší hustota vzduchu má za následek vyšší přistávací rychlost, ale neovlivňuje odporovou sílu, takže ve výsledku je nutná větší délka potřebné přistávací dráhy. Při výpočtech se proto pro každých tisíc stop nadmořské výšky přidává 3,5 % k délce potřebné dráhy pro přistání. [10]

Rychlost větru je neodmyslitelnou silou působící na letadlo při přistání. Vítr, který působí na přední stranu letadla, tedy čelní vítr, je v případě přistání žádoucí. Čelní vítr snižuje přistávací rychlost a tím zkracuje délku dráhy potřebnou pro přistání, pro výpočty používáme pouze 50 % jeho rychlosti pro zajištění bezpečné rezervy. Vítr působící na záď letounu je naopak vítr nežádoucí, který svými účinky zvětšuje délku potřebné přistávací dráhy. Ve výpočtech počítáme se 150 % jeho rychlosti pro zajištění bezpečného přistání. Boční vítr komplikuje manévrování letounu, tudíž je v přítomnosti silného bočního větru pro pilota těžší udržet letoun na dráze. [8]

Povrch dráhy velmi ovlivňuje potřebnou délku přistávací dráhy v pozemní části přistání. Všechny tabulky v příručkách letounů jsou počítány pro zpevněnou dráhu. V případě suché travnaté dráhy je potřeba délku dráhy přistání zvýšit o 15 % její hodnoty. Tráva zvyšuje odpor kol a snižuje účinek brzd. Pokud je předpoklad, že zpevněná dráha bude v případě příletu mokrá, je potřeba délku přistávací dráhy zvětšit o 15 % její velikosti. Při vlhké dráze je riziko aquaplaningu, tento jev se nedá eliminovat, dá se jemu ale předejít. Aquaplaningu se dá předejít dobrým vzorkem pneumatik na podvozku, nebo také speciálně upraveným povrchem dráhy. [8] [9]

3. LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY

Státem dané požadavky a předpisy, které je nutné za každých podmínek dodržovat můžeme nalézt na stránkách Letecké Informační Služby. Tyto předpisy jsou velmi obsáhlé a pojednávají o každé složce letu a jeho plánování. Každý pilot by s nimi měl být seznámený a také by se jimi měl řídit. Tyto předpisy jsou vytvořeny pro všechny druhy letecké dopravy a jsou platné jak v Čechách, tak v zahraničí, za jejich porušení se ukládají vysoké tresty. V našem případě se budeme zajímat o pár konkrétních předpisů týkajících se výkonových výpočtů pro všeobecné letectví.



Obrázek 3 - rozdělení letového provozu

Zdroj: <https://www.easa.europa.eu/easa-and-you/general-aviation/operations-general-aviation> (UPRAVENO)

Operace letového provozu se rozdělují do několika kategorií a pro každou z těchto kategorií jsou trochu rozdílné předpisy. V obrázku výše je možné vidět toto rozdělení do kategorií. Toto rozdělení je provedeno organizací EASA, která se stará o bezpečnost létání v Evropě. Rozdělení je podle jejich slov tvořeno podle různých bezpečnostních vrstev, které vycházejí z možných bezpečnostních rizik určitého typu letecké dopravy. Nejvyšší bezpečnostní požadavky samozřejmě potřebuje komerční osobní letecká přeprava, kdy je letectví bráno jako služba zákazníkovi.

Kategorie, která pojednává o všeobecném letectví je v tomto rozdělení kategorie nekomerčních operací s komplexními i nekomplexními letadly. **Komplexní letouny** jsou letouny, které splňují alespoň jednu z následujících podmínek. Mají maximální vzletovou váhu

5700 kilogramů a více, maximální počet pasažérů přesahuje 19, mají proudový motor, nebo alespoň dva turbovrtulové motory, anebo jsou certifikovány pro posádku minimálně dvou pilotů. **Nekomplexní letouny** splňují naopak jednu z těchto podmínek, mají maximální povolenou vzletovou váhu do 5700 kilogramů, počet míst pro pasažéry je maximálně 19, nejsou vybaveny proudovým motorem, nebo jsou certifikovány pouze pro jednoho pilota.

Výčet předpisů, které pojednávají o kategoriích nekomerčního letectví s komplexními a nekomplexními letouny nalezneme v následující tabulce:

Tabulka 2 - předpisy pro všeobecné letectví

Zdroj: <https://www.easa.europa.eu/easa-and-you/general-aviation/operations-general-aviation> (UPRAVENO)

Přepis	Nekomplexní letouny	Komplexní letouny
Annex I	Definice a pojmy	Definice a pojmy
Annex II	-	-
Annex III	-	Částečně použitelné
Annex IV	-	-
Annex V	Speciální situace	Speciální situace
Annex VI	-	Technická pravidla
Annex VII	Technická pravidla	-
Annex VIII	-	-

Tyto předpisy byly vytvořeny ve spolupráci s evropskými asociacemi pro všeobecné letectví, asociacemi leteckého personálu, experty společnosti EASA a dalšími představiteli všeobecného letectví. Vypracování předpisů bylo vystavěno na několika základních předpokladech [11]:

- Zajištění adekvátní úrovně bezpečnosti se zohledněním velikosti a využití letounu
- Vyhrazení rozdílných pravidel pro komplexní a nekomplexní letouny
- Zaručení dostatečné účinnosti a flexibility pro piloty a letový personál
- Slučitelnost se standardy předpisů ICAO a dalšími doporučeními
- Konzistentnost s dalšími nařízeními evropské unie o letectví

Pro představu je zde uveden výťah z Annexu VI leteckých pravidel od společnosti EASA. Jedná se o pravidla pro správné vyvážení letounu a spočítání hmotnostních výpočtů u komplexních letounů.

3.1. Hmotnost a vyvážení

Při vyvažování letadla je potřebné znát správnou velikost hmotnosti prázdného letadla. Tato hmotnost se stanoví vážením podle příručky k aktuálnímu letounu ještě před zařazením letounu do provozu. Všechny opravy a úpravy by měly být patřičně dokumentovány a jejich vliv na hmotnost letounu by měl být k této zvážené hmotnosti přičten. Pokud není známo, jaký bude mít určitá úprava vliv na hmotnost letounu, je potřeba letoun převážít. Vážení letounu by mělo být prováděno výrobcem letounu, nebo schválenou organizací.

Při nakládání letadla je stanovení prázdné operační váhy (DOW), do které patří naložení pasažérů, nákladu a potřebných pomůcek pro let, možno provést dvěma způsoby. Prvním z nich, je vážení letadla. Tento způsob je velmi zdlouhavý a náročný. Nicméně velmi přesný.

Druhým způsobem je vypočítání této hmotnosti a následně i polohy těžiště letounu. Při výpočtu této hmotnosti je možno použít aktuální hmotnosti všech položek, které je potřeba započítat, nebo použít standardizované hodnoty pro některé položky. Těmito položkami jsou:

- a) 85 kilogramů (190 liber) pro palubní posádku včetně jejich příručních zavazadel, tedy pro posádku, která se stará o správnou funkci letounu
- b) 75 kilogramů (165 liber) pro letušky a stewardy

Výpočet hmotnosti podle aktuálních hmotností pasažérů a nákladu je možný pouze za předpokladu, že počet sedadel pro pasažéry je menší než 10. Hodnoty těchto hmotností pro pasažéry se rozdělují do dvou skupin. Záleží na velikosti letadla, tedy na počtu míst určených pro pasažéry, pokud je počet sedadel 20 a více, hodnoty se naleznou v následující tabulce. Hmotnosti pasažérů jsou uvedeny včetně příručních zavazadel a dětí, které nemají vlastní sedadlo (novorozenci, batolata).

Tabulka 3 - standardizované hmotnosti pasažérů 20 a více sedadel

POČET SEDADEL PRO PASAŽÉRY	20 A VÍCE		30 A VÍCE
	MUŽI	ŽENY	DOSPĚLÍ
DOSPĚLÍ	88 kg	70 kg	84 kg
DĚTI	35 kg	35 kg	35 kg

Standardizované hmotnosti pro pasažéry v letounech, které mají 19 a méně sedadel pro pasažéry jsou následující:

Tabulka 4 - standardizované hmotnosti pasažérů 19 a méně sedadel

POČET SEDADEL PRO PASAŽÉRY	1-5	6-9	10-19
MUŽ	104 kg	96 kg	92 kg
ŽENA	86 kg	78 kg	74 kg
DÍTĚ	35 kg	35 kg	35 kg

Standardizované hmotnosti pro zavazadla pro letouny, které mají 20 a více sedadel určených pro pasažéry jsou:

Tabulka 5 - standardizované hmotnosti pro zavazadla u letounů s 20 sedadly a více

TYP LETU	HMOTNOST ZAVAZADLA
VNITROSTÁTNÍ	11 kg
V EVROPSKÉ UNII	13 kg
INTERKONTINENTÁLNÍ	15 kg
OSTATNÍ	13 kg

Hmotnost zavazadel u letadel s počtem sedadel pro pasažéry menším než 20 se určí vážením každého z nich, nebo se použije univerzální hodnota hmotnosti, která je v tomto případě 13 kilogramů.

Hmotnost natankovaného paliva se určí buď z aktuální hustoty určitého paliva, pokud je známá, anebo z hustoty vypočítané podle metody popsané v příručce konkrétního letounu.

Pilot se musí ujistit, že všechny vypočítané hmotnosti se nachází mezi určenými limity, a že všechny výpočty jsou správně provedeny. [12]

4. VÝCVIK ZAMĚŘENÝ NA VÝKONOVÉ VÝPOČTY VE VŠEOBECNÉM LETECTVÍ

Každý pilot musel jednou projít pilotním výcvikem. Základním výcvikem, který si pro začátek musí každý pilot udělat je výcvik PPL(A) tedy výcvik na soukromého pilota letounu. Držitel této licence může pokračovat kurzech a výcvicích a postupným získáváním různých licencí se dopracovat až na pilota dopravních letadel, případně na letového instruktora.

Výcvik pilota je rozdělen na teoretickou a praktickou část. V praktické části by měl pilot absolvovat alespoň 45 hodin praktického letového výcviku, z nichž je možné si maximálně 5 hodin odlétat na leteckém simulátoru. Teoretická část by podle osnov Úřadu pro civilní letectví měla obsahovat alespoň 100 hodin výcviku teoretických znalostí. Ve skutečnosti se ale zdá, že letecké školy tyto osnovy nenásledují doslova. Teoretických přednášek mají většinou méně než 50 vyučovacími hodinami, aby ale vykompenzovali státem dané osnovy, je zbytek hodin veden jako odborné konzultace, které každý student dostává při praktické části výcviku. Tato skutečnost může vést k úpadku profesionality pilotů, kteří jsou potom více náchylní k chybování. [13]

Zkouška teoretických znalostí pro získání licence je velmi přísná, což je ale určitě dobře. Pokud student neuspěje jen v jednom z témat teoretické zkoušky, může opakovat pouze toto konkrétní téma. Pokud ale neuspěje ve více než jednom tématu, musí opakovat celou zkoušku. Když při druhém pokusu zkoušky student neuspěje, musí si zopakovat celý výcvikový kurz. [14]

4.1. Osnova teoretických znalostí daná Úřadem civilního letectví

Teoretický výcvik je prováděn podle osnov Úřadu pro civilní letectví. Tyto osnovy obsahují všechna témata, která by měl každý pilot letadla bez problému ovládat. Když se zaměříme na **výkonové výpočty**, nenajdeme toho v osnovách mnoho. Mnoho teoretických hodin se zabývá problematikou různých faktorů a sil, které se na výkonech letadla podílí. Je zde například téma meteorologie a také faktory vlivu hustoty vzduchu. O předletové přípravě v oblasti výpočtů pro výkon letadla se osnovy nezmiňují.

Téma **stability letounu**, které je v osnově obsaženo, pojednává o mezích těžiště letadla i o jeho vlastní poloze. Je zde obsaženo téma vyvažování přítěží, v tomto tématu by se při teoretickém výcviku také měla definovat statická i podélná stabilita letounu. O výpočtech před samotným letem se zde nezmiňují.

Osnovy pro teoretický výcvik pilotů neobsahují jediné téma pojednávající o předletové přípravě. [13]

V kapitole pojednávající o principech výkonových a hmotnostních výpočtů jsou popsány nehody, které se staly kvůli podcenění předletové přípravy. Tyto nehody a mnoho dalších jsou velmi nebezpečné pro samotného pilota, jeho posádku, zaměstnance letiště, a dokonce i pro civilisty, na které se letoun může zřítit. Téma o těchto výpočtech tedy není vhodné v osnovách opomíjet, naopak by na něj měl být kladen důraz.

Téma předletové přípravy by mělo obsahovat komplexní výčet všech výpočtů, které pilot musí před letem provést, a jejich postupů. Piloti by měli mít povědomí o vlivech určitých sil na výkon a stabilitu letadla. Různé školy pro letecký výcvik ve svých osnovách zahrnují i předletovou přípravu, když ale tato příprava není uvedena jako povinná v osnovách daných státem, nedá se na důkladnost této části teoretického výcviku spoléhat.

4.2. Osnovy leteckých škol

V Příručce pro výcvik letové školy Bemoair, která působí v Brně a Benešově, jsem našla podrobnou osnovu vyučovacích hodin v kurzu pro získání letecké licence. V této příručce je velmi dobře a podrobně popsáno, kolik hodin je určeno na určité téma. Z celkových 94 vyučovacích hodin teoretické letecké výuky jsou na výkonové a hmotnostní výpočty věnovány pouze 4 hodiny. [14]

V těchto 4 vyučovacích hodinách je pouze jedna z nich věnována problematice weight and balance. Teorie vyvážení letadla a k tomu potřebných výpočtů je velice obsáhlá a není možné ji probrat během jedné hodiny. Například v příručce od firmy Jeppesen je toto téma probíráno na 172 stranách. Za jednu hodinu si člověk tolik stran ani nestihne přečíst, natož se něco z toho naučit. [15]

Zbytek těchto čtyř vyučovacích hodin je zaměřen na performance letounu, v tomto čase se ale neprobírají pouze konkrétní výpočty, ale celá performance teorie. V performance příručce od firmy Jeppesen je teorii performance spojené s výkonovými výpočty věnováno celých 176 stran. V porovnání s příručkou od firmy Jeppesen je kapacita 3 vyučovacích hodin na tak rozsáhlé téma velmi malá. V takovémto čase není instruktor schopen obsáhnout celé téma a výpočty pořádně procvičit. Ve školách zaměřených na výcvik pilotů pro získání pilotní licence se počítá s tím, že každý student bude věnovat určitý čas i samostudiu, tato domněnka ale nemusí být vždy pravdivá. Proto je nutné na každé téma věnovat dostatek času.

Při pilotním výcviku se výkonové a hmotnostní výpočty, jak už je výše zmíněno, nemusí vždy probírat a cvičit dostatečně dlouho. Pilot by si před každým letem měl hodnoty propočítat, samotné počítání podle příručky letounu ale zabere hodně času, proto je pro pilota i jeho instruktora při výcviku jednodušší a rychlejší použít teoretické přibližné hodnoty. Tyto hodnoty nemusí být ale vždy pravdivé, například na stabilitu letadla nemá vliv jen hmotnost letadla ale i její rozložení a případně přeskupení během letu. Všechny náklady se také musí dostatečně zajistit vůči posunu, který by změnil těžiště letadla, a tudíž naboural jeho stabilitu. Při výkonových výpočtech jsou předpokládány hodnoty ještě méně pravděpodobné. V POH jsou hodnoty psané jako maximální výkon, kterého je letoun v dané oblasti schopen dosáhnout, v obrázku pod tímto odstavcem je ukázka těchto hodnot z POH. V tomto případě ale nezáleží pouze na konstrukci letounu a výkonu motoru. Záleží zde také na vnějších faktorech, které se mohou během letu měnit a ty příručka nezohledňuje. Jedním z faktorů, který může výkon ovlivnit je sám pilot, který nemusí být natolik schopný, aby dosáhl maximálních letových výkonů uvedených v příručce. [7]

TAKE-OFF DATA										
TAKE-OFF DISTANCE WITH 20° FLAPS FROM HARD SURFACE RUNWAY										
GROSS WEIGHT LBS.	IAS @ 50' MPH	HEAD WIND KNOTS	AT SEA LEVEL & 59°F.		AT 2500 FT. & 50°F.		AT 5000 FT. & 41°F.		AT 7500 FT. & 32°F.	
			GROUND RUN	TOTAL TO CLEAR 50' OBS	GROUND RUN	TOTAL TO CLEAR 50' OBS	GROUND RUN	TOTAL TO CLEAR 50' OBS	GROUND RUN	TOTAL TO CLEAR 50' OBS
2950	60	0	705	1350	845	1625	1015	1990	1240	2585
		10	490	1025	595	1245	725	1550	900	2040
		20	310	740	385	910	480	1150	610	1545
2500	55	0	485	955	575	1120	690	1330	840	1630
		10	325	710	395	840	475	1005	590	1255
		20	195	490	245	590	300	720	380	915
2000	50	0	295	655	350	745	415	855	500	1005
		10	185	460	225	530	275	620	335	740
		20	105	305	130	355	160	425	205	515

NOTES: 1. Increase distances 10% for each 25°F above standard temperature for particular altitude.
2. For operation on a dry, grass runway, increase distances (both "ground run" and "total to clear 50 ft. obstacle") by 7% of the "total to clear 50 ft. obstacle" figure.

MAXIMUM RATE-OF-CLIMB DATA															
GROSS WEIGHT LBS.	AT SEA LEVEL & 59°F.			AT 5000 FT. & 41°F.			AT 10,000 FT. & 23°F.			AT 15,000 FT. & 5°F.			AT 20,000 FT. & -12°F.		
	IAS MPH	RATE OF CLIMB FT/MIN	GAL. OF FUEL USED	IAS MPH	RATE OF CLIMB FT/MIN	From SL FUEL USED	IAS MPH	RATE OF CLIMB FT/MIN	From SL FUEL USED	IAS MPH	RATE OF CLIMB FT/MIN	From SL FUEL USED	IAS MPH	RATE OF CLIMB FT/MIN	From SL FUEL USED
2950	89	890	1.5	87	665	3.8	85	445	6.8	83	220	11.5	--	--	--
2500	87	1210	1.5	85	935	3.2	83	655	5.2	80	380	8.2	78	105	14.9
2000	84	1710	1.5	82	1350	2.7	79	995	4.1	78	640	5.9	74	280	9.2

NOTES: 1. Flaps up, full throttle, 2600 RPM, mixture leaned for smooth operation above 5000 ft.
2. Fuel used includes warm-up and take-off allowance.
3. For hot weather, decrease rate of climb 30 ft./min. for each 10°F above standard day temperature for particular altitude.

Obrázek 4 - tabulka teoretických hodnot v POH

Zdroj: POH Cessna 172S Skyhawk

5. ANALÝZA SOUČASNÉHO PŘÍSTUPU

V současné době se pro výkonové a hmotnostní výpočty ve všeobecném letectví používají dvě metody. Jednou z nich je počítání hodnot podle postupu ukázaného v příručce daného letounu. Druhou metodou je použití některé z výpočtových a navigačních aplikací dostupných pro mobilní telefony nebo tablety.

5.1. Vypočítání hodnot Performance podle POH

Hned ze začátku každé příručky letounu je výčet důležitých, pevně daných hodnot letounu, které nejsou závislé na výkonových ani hmotnostních výpočtech. Tyto hodnoty se pak ve výpočtech používají. Také jsou zde konverzní tabulky a stupnice pro zjednodušení procesu převádění jednotek. Zde uvedu pár příkladů výpočtů provedených podle příručky pro letoun Cessna 172 S Skyhawk.

Pro všechny výkonové a hmotnostní výpočty je potřeba vědět výchozí informace o letounu, počasí a dalších aspektech. Například hmotnost, se kterou letoun vzlétá budeme používat nejvyšší možnou, abychom se vyvarovali možnému riziku podceněné hmotnosti. Pro ukázkové výpočty si nadefinujeme tyto výchozí hodnoty:

Letoun:

- Vzletová hmotnost – 2550 liber
- Použitelný objem paliva – 53 galónů

Vzletové podmínky:

- Nadmořská výška letiště - 1600 stop
- Teplota - 26 °C
- Složka větru okolo vzletové dráhy - 15 uzlů čelní vítr
- Délka vzletové dráhy - 3800 stop

Letové podmínky:

- Celková vzdálenost - 330 námořních mil
- Nadmořská výška letu - 7000 stop
- Teplota - 13 °C
- Očekávaný vítr - 8 uzlů čelní vítr

Přistávací podmínky:

- Nadmořská výška letiště - 2300 stop
- Teplota - 21 °C
- Délka přistávací dráhy - 3200 stop

5.1.1. Minimální délka vzletové dráhy

Pro vypočítání minimální délky vzletové dráhy se nejdříve podíváme na hodnoty nadmořské výšky letiště a teplotu vzduchu na tomto letišti. Poté se podíváme do tabulky pro minimální vzletové vzdálenosti letounu. V této tabulce nejsou všechny možné hodnoty ale pouze některé, proto musíme hodnoty aktuálně naměřené na letišti zaokrouhlit nahoru k nejbližší hodnotě, která se v tabulce vyskytuje. V našem případě při nadmořské výšce 1300 stop a teplotě 26 °C použijeme délku vzletové dráhy pro nadmořskou výšku 2000 stop a pro teplotu 30°C. Těmito hodnotami jsou 1285 stop pro dráhu potřebnou pro rozjezd a 2190 stop pro dráhu potřebnou pro vzlet. Tyto hodnoty jsou ale platné pouze v případě, že letadlo při vzletu neovlivňuje žádný vítr. Pro korekci délky vzletové dráhy s čelním větrem se budeme řídit poznámkou pod tabulkou. Tato poznámka nám říká, že pro každých 9 uzlů čelního větru musíme hodnotu délky vzletové dráhy snížit o 10 % tabulkové hodnoty. [9] Proto tedy:

Délka potřebná pro rozjezd při nulovém větru $TORR_0 = 1285 \text{ stop}$

Délka potřebná pro rozlet při nulovém větru $TODR_0 = 2190 \text{ stop}$

Korekce délek $\frac{15 \text{ uzlů}}{9 \text{ uzlů}} * 10 \% = 16 \% \text{ zkrácení}$

$$TORR_{15} = 1285 - \left(\frac{1285}{100} * 16 \right) = 1079 \text{ stop}$$

$$TODR_{15} = 2190 - \left(\frac{2190}{100} * 16 \right) = 1840 \text{ stop}$$

Celková dráha potřebná pro rozjezd je tedy v našem případě 1079 stop a dráha potřebná pro vzlet 1840 stop.

Press Alt In Feet	0°C		10°C		20°C		30°C		40°C	
	Grnd Roll Ft	Total Ft To Clear 50 Ft Obst	Grnd Roll Ft	Total Ft To Clear 50 Ft Obst	Grnd Roll Ft	Total Ft To Clear 50 Ft Obst	Grnd Roll Ft	Total Ft To Clear 50 Ft Obst	Grnd Roll Ft	Total Ft To Clear 50 Ft Obst
S. L.	745	1275	800	1370	860	1470	925	1570	995	1685
1000	810	1390	875	1495	940	1605	1010	1720	1085	1845
2000	885	1520	955	1635	1030	1760	1110	1890	1190	2030
3000	970	1665	1050	1795	1130	1930	1215	2080	1305	2230
4000	1065	1830	1150	1975	1240	2130	1335	2295	1430	2455
5000	1170	2015	1265	2180	1360	2355	1465	2530	1570	2715
6000	1285	2230	1390	2410	1500	2610	1610	2805	1725	3015
7000	1415	2470	1530	2685	1650	2900	1770	3125	1900	3370
8000	1560	2755	1690	3000	1815	3240	1950	3500	2095	3790

NOTES:

1. Short field technique as specified in Section 4.
2. Prior to takeoff from fields above 3000 feet elevation, the mixture should be leaned to give maximum RPM in a full throttle, static runup.
3. Decrease distances 10% for each 9 knots headwind. For operation with tail winds up to 10 knots, increase distances by 10% for each 2 knots.
4. For operation on dry, grass runway, increase distances by 15% of the "ground roll" figure.

Obrázek 5 – tabulka minimálních délek vzletových drah

Zdroj: POH Cessna 172S Skyhawk

5.1.2. Potřebné palivo

Pro výpočet potřebného paliva budeme také pracovat s tabulkami obsaženými v příručce k letounu. Výpočet potřebného paliva pro let sestává z několika dílčích částí. První z nich je potřebné palivo pro stoupání z nadmořské výšky letiště do nadmořské výšky pro let. Našimi zadanými hodnotami jsou 1600 stop pro nadmořskou výšku letiště a 7000 stop pro nadmořskou výšku letu. V tabulce se řídíme hodnotami 2000 stop pro nadmořskou výšku letiště a 7000 stop pro letovou hladinu. V tomto případě vidíme, že palivo potřebné do stoupání 7000 stop je 2,6 galónů, tento údaj je ale platný pouze pro stoupání z nulové nadmořské výšky,

proto musíme odečíst objem paliva potřebný pro stoupání z nulové nadmořské výšky do výšky letiště. [9]

$$0 \text{ stop} \rightarrow 7000 \text{ stop} = 2,6 \text{ galonu}$$

$$0 \text{ stop} \rightarrow 2000 \text{ stop} = 0,8 \text{ galonu}$$

$$2000 \text{ stop} \rightarrow 7000 \text{ stop} = 2,6 - 0,8 \text{ galonu} = 1,8 \text{ galonu}$$

Z výpočtu tedy vidíme, že objem paliva potřebného pro stoupání do letové hladiny 7000 stop je 1,8 galonu. Ve stejné tabulce si stejným způsobem odvodíme vzdálenost v námořních mílich. V tomto výpočtu nám vyšlo že tato vzdálenost je 12 námořních mil.

$$0 \text{ stop} \rightarrow 7000 \text{ stop} = 16 \text{ NM}$$

$$0 \text{ stop} \rightarrow 2000 \text{ stop} = 4 \text{ NM}$$

$$2000 \text{ stop} \rightarrow 7000 \text{ stop} = 16 - 4 \text{ NM} = 12 \text{ NM}$$

Tyto dvě vypočítané hodnoty jsou platné pro standardní teplotu okolního prostředí a fungují pro většinu plánovaných letů, pro věrohodnější výsledky se budeme řídit poznámkou číslo 3 pod tabulkou, kterou jsme používali pro výpočty stoupání. Tato poznámka nám říká, že pro každých 10 °C nad standardní hodnotou musíme výpočty zvýšit o 10 % jejich hodnoty. Standardní teplota pro tyto výpočty je 0 °C. V našem případě máme teplotu pro dobu letu zadanou 13 °C. [9]

$$\frac{13 \text{ }^{\circ}\text{C}}{10 \text{ }^{\circ}\text{C}} * 10 \% = 13 \%$$

Z výpočtu je patrné, že výpočty tedy musíme zvýšit o 13 % jejich hodnoty tedy konečná hodnota objemu paliva potřebného pro stoupání je:

$$1,8 + \left(\frac{1,8}{100} * 13 \right) = 2,034 \text{ galonu} \sim 2,1 \text{ galonu}$$

Stejným způsobem přepočítáme i hodnotu vzdálenosti stoupání:

$$12 + \left(\frac{12}{100} * 13 \right) = 13,56 \text{ NM} \sim 14 \text{ NM}$$

Celková dráha letu je v našem případě 330 námořních mil, od této hodnoty můžeme odečíst vzdálenost stoupání, protože pro už objem potřebného paliva vypočítaný máme. Konečná vzdálenost letu bez vzdálenosti stoupání je tedy 316 námořních mil.

$$330 - 14 = 316 \text{ NM}$$

Rychlost letu je dána tabulkou nazvanou jako letové výkony. V našem případě budeme hledat hodnotu pro 8000 stop letové hladiny, 20 °C nad standardní teplotou a rychlostí motoru 2600 RPM, tyto hodnoty nejlépe sedí zadaným hodnotám. Rychlost dána tímto zadáním je tedy 117 uzlů. Od této hodnoty musíme odečíst velikost 8 uzlů čelního větru, tedy:

$$117 - 8 \text{ uzlů} = 109 \text{ uzlů}$$

Čas potřebný pro tento se vypočítá podílem letové vzdálenosti a rychlosti letu.

$$\frac{316 \text{ NM}}{109 \text{ uzlů}} = 2,9 \text{ hodin} \sim 3 \text{ hodiny}$$

Objem paliva potřebný pro druhou část letu, tedy let v cestovní hladině obvyklou rychlostí vypočítáme násobkem doby letu a spotřeby paliva na hodinu letu. Tuto hodnotu nalezneme ve stejné tabulce, v které jsme našli rychlost letu. Spotřeba paliva na hodinu letu je v našem případě tedy 8,9 galónů.

$$2,9 \text{ hodin} * 8,9 \frac{\text{galonu}}{\text{hodinu}} = 25,81 \text{ galonu}$$

K této hodnotě musíme připočítat ještě objem paliva potřebný pro 45 minut letu v obvyklé letové hladině. Tato rezerva je daná leteckými přepisy.

$$\frac{45}{60} * 8,9 \frac{\text{galonu}}{\text{hodinu}} = 6,7 \text{ galonu}$$

Celkový objem paliva potřebného pro tento let je tedy součet všech těchto vypočítaných hodnot. Palivo potřebné pro start motoru, pojíždění na letišti a vzlet je dána poznámkou pod tabulkou hodnot stoupání. Tato hodnota je 1,4 galonu paliva.

<i>start motoru, pojíždění, vzlet</i>	= 1,4 galonu
<i>stoupání</i>	= 2,1 galonu
<i>let</i>	= 25,81 galonu
<i>rezerva</i>	= 6,7 galonu
<i>celkem</i>	= 36,01 galonu

PRESS ALT FT	CLIMB SPEED KIAS	RATE OF CLIMB FPM	FROM SEA LEVEL		
			TIME IN MIN	FUEL USED GAL	DIST NM
S.L.	74	730	0	0.0	0
1000	73	695	1	0.4	2
2000	73	655	3	0.8	4
3000	73	620	4	1.2	6
4000	73	600	6	1.5	8
5000	73	550	8	1.9	10
6000	73	505	10	2.2	13
7000	73	455	12	2.6	16
8000	72	410	14	3.0	19
9000	72	360	17	3.4	22
10,000	72	315	20	3.9	27
11,000	72	265	24	4.4	32
12,000	72	220	28	5.0	38

NOTES:

1. Add 1.4 gallons of fuel for engine start, taxi and takeoff allowance.
2. Mixture leaned above 3,000 feet for maximum RPM.
3. Increase time, fuel and distance by 10% for each 10°C above standard temperature.
4. Distances shown are based on zero wind.

Obrázek 6 - tabulka letových výkonů

Zdroj: POH Cessna 172S Skyhawk

5.1.3. Přistávací dráha

Potřebnou délku přistávací dráhy si jednoduše nalezneme v tabulce délek přistávacích drah. V našem případě použijeme nadmořskou výšku letiště 3000 stop a venkovní teplotu 30 °C. Pro ground roll máme délku přistávací dráhy 675 stop a pro vzdušnou část přistání 1495 stop. LDA je v našem případě 3200 stop, což je pro vypočítané hodnoty dostačující. [9]

5.2. Výpočet weight and balance podle POH

V tomto případě budeme také používat pilotní příručku letounu Cessna model 172S Skyhawk. V příručce POH se hmotnostní výpočty provádějí v připravené tabulce. V této tabulce máme už vyplněné hodnoty ukázkového vypočítání weight and balance.

Zadané hmotnosti

- Objem paliva: 45 galónů
- Pilot a přední pasažér: 380 liber
- Zadní pasažéři: 130 liber
- První nákladní prostor: 48 liber
- Druhý nákladní prostor: 30 liber

ITEM DESCRIPTION	WEIGHT AND MOMENT TABULATION			
	SAMPLE AIRPLANE		YOUR AIRPLANE	
	Weight (lbs.)	Moment (Lb-ins. /1000)	Weight (lbs.)	Moment (Lb-ins. /1000)
1. Basic Empty Weight (Use the data pertaining to your airplane as it is presently equipped. Includes unusable fuel and full oil)	1642	62.6		
2. Usable Fuel (At 6 Lbs./Gal.)				
53 Gallons Maximum				
30 Gallons (Quantity used for example)	180	8.6		
3. Pilot and Front Passenger (Station 34 to 46)	340	12.6		
4. Rear Passengers	340	24.8		
5. *Baggage Area 1 (Station 82 to 108; 120 Lbs. Max.)	56	4.6		
6. *Baggage Area 2 (Station 108 to 142; 50 Lbs. Max.)				
7. RAMP WEIGHT AND MOMENT (add columns)	2558	113.2		
8. Fuel allowance for engine start, taxi and runup	-8.0	-0.4		
9. TAKEOFF WEIGHT AND MOMENT (Subtract Step 8 from Step 7)	2550	112.8		
10. Locate this point (2550 at 112.8) on the Center of Gravity Moment Envelope, and since this point falls within the envelope, the loading is acceptable. * The maximum allowable combined weight capacity for baggage areas 1 and 2 is 120 pounds.				

Obrázek 7 - hmotnostní výpočty

Zdroj: POH Cessna 172S Skyhawk

Podle této tabulky se při výpočty budeme řídit. Velikost točivého momentu vypočítáme násobkem hmotnosti nákladu v librách a vzdálenosti těžiště hmotnosti tohoto nákladu od referenčního začátku v palcích dělené jedním tisícem.

$$M = \frac{\text{hmotnost} * \text{vzdálenost}}{1000}$$

Vzdálenosti jednotlivých nákladů nalezneme v následujícím diagramu:

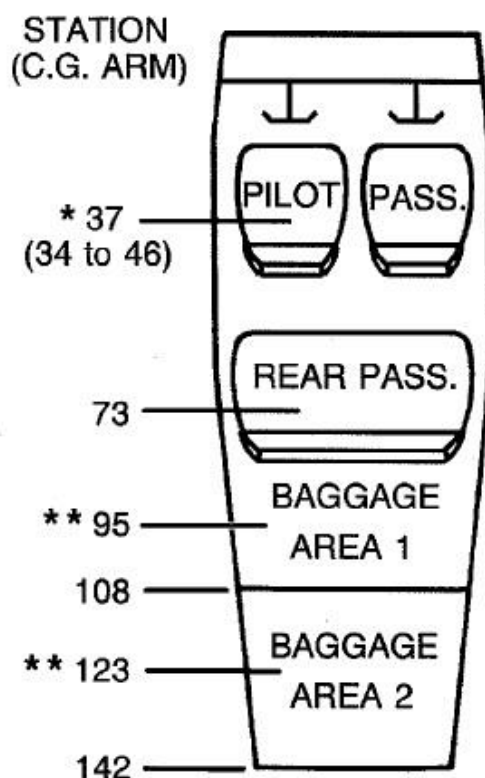


Figure 6-3. Loading Arrangements

Obrázek 8 - vzdálenosti nákladních prostorů

Zdroj: POH Cessna 172S Skyhawk

Pro výpočet momentu paliva potřebujeme z jeho objemu vypočítat hmotnost, v tabulce hmotnostních výpočtů vidíme, že na jeden galón paliva připadá 6 liber hmotnosti. Jeho vzdálenost od začátku je podle příručky na 48 palcích. Výrobce zadaná standardní prázdná hmotnost letadla je 1663 liber a její vzdálenost je 38 palců. [9] Výpočty jsou tedy následující:

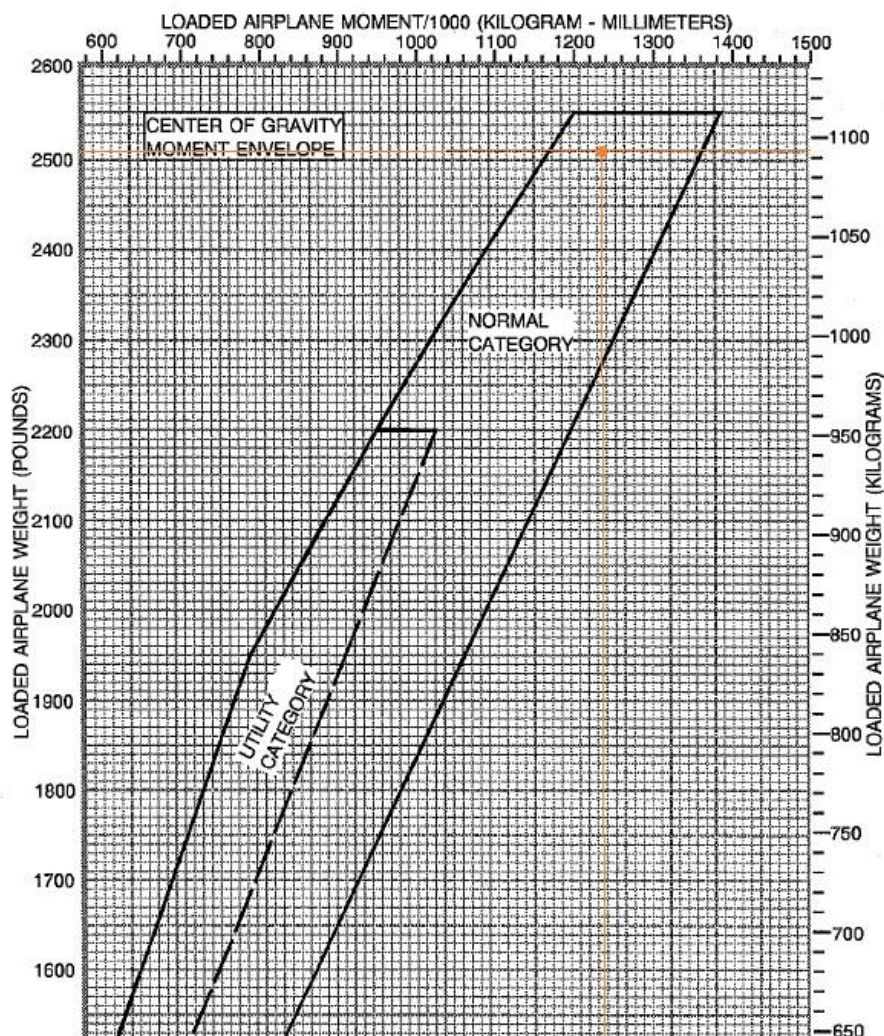
- Moment prázdné hmotnosti letounu $M_1 = \frac{1663 * 38}{1000} = 63,19$
- Moment palivových nádrží $M_2 = \frac{45 * 6 * 48}{1000} = 12,96$
- Moment na předních sedadlech $M_3 = \frac{380 * 37}{1000} = 14,06$
- Moment na zadních sedadlech $M_4 = \frac{130 * 73}{1000} = 9,49$

- Moment prvního nákladního prostoru $M_5 = \frac{48 \cdot 95}{1000} = 4,56$
- Moment druhého nákladního prostoru $M_6 = \frac{30 \cdot 123}{1000} = 3,69$
- **Celkový moment** $M_c = M_1 + \dots + M_6 = 107,95$
- **Celková hmotnost** $m_c = 2521 \text{ liber}$

Od tohoto celkového momentu je třeba odečíst hmotnost paliva, které se spotřebuje ještě před vzletem na start motoru, pojíždění po dráze a nažhavení motoru. Toto množství je objem paliva při hmotnosti 8 liber. [9]

- Moment paliva spotřebovaného před letem $M_p = \frac{8 \cdot 48}{1000} = 0,4$
- Hmotnost paliva spotřebovaného před letem $m_p = 8 \text{ liber}$
- **Celkový vzletový moment** $M = M_c - M_p = 107,55$
- **Celková vzletová hmotnost** $m = m_c - m_p = 2513 \text{ liber}$

Tyto vypočítané celkové hodnoty nalezneme v diagramu letové obálky. Pokud bude hodnota uvnitř letové obálky, letadlo je správně vyvážené a je s ním možné vzlétnout. V následujícím obrázku jsou znázorněny vypočítané hodnoty. Z diagramu je patrné, že vypočítané hodnoty se nacházejí uvnitř letové obálky, tudíž je letadlo správně vyvážené. [9]



Obrázek 9 - těžiště letounu

Zdroj: POH Cessna 172S Skyhawk

5.3. Výpočet hodnot pomocí mobilních aplikací

V předchozí kapitole jsme si ukázali jak se důležité výkonové a hmotnostní výpočty provádějí pomocí letadlové příručky. Tento způsob výpočtů je zastaralý a zdouhavý, nicméně je ale stále efektivní. S vývojem chytrých mobilních telefonů přišly na trh aplikace, které se snaží tento proces zjednodušit a urychlit. Tyto aplikace jsou pro piloty velkým pomocníkem, často nevypočítávají pouze potřebné hodnoty, ale také umí naplánovat a navigovat trasu letu a automaticky vyplnit předletové dokumenty. Zde je popsáno několik nejpoužívanějších aplikací.

eFlite

Tato aplikace je přístupná jako aplikace do chytrých telefonů, podporovaná systémem iOS a Android, je také přístupná online na stránce www.eflite.com, a dále je možné si ji stáhnout jako software do počítače. Pro používání této aplikace se člověk zaregistruje na výše zmíněném webu, kde si předplatí licenci na konkrétní letadlo. Například Cessna 172B s licenci na jeden rok stojí se všemi poplatky 45 dolarů. Každý letoun si pilot musí zvlášť koupit a licenci jde nainstalovat až na 5 zařízení. Aplikace i software se tedy dá stáhnout zadarmo, ale není zde importován žádný letoun. [16]

V tabulce uvedené na stránkách eFlite je vidět, že každá z platforem má jiné možnosti, nejvíce možností a funkcí má online aplikace, kde chybí pouze kompatibilita s aplikací Dropbox. [17]

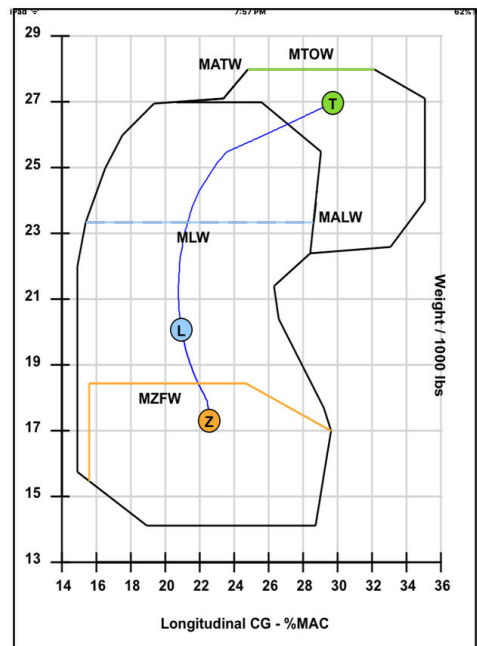
I při pokusu o registraci v mobilní aplikaci pro systém iOS se aplikace sama od sebe vypíná a nefunguje správně. Na webu o této aplikaci píší, že by měla hravě zvládat všechny Weight and Balance výpočty. Tato aplikace by měla sama od sebe umět vyplnit Load sheet a převést ho do PDF formátu vhodného pro tisk, také nabízí funkci elektronického podpisu tohoto dokumentu, ale pouze pro online a mobilní platformu. Plánování letu je možné pouze v aplikaci online. V internetových diskuzích jsem nenašla na tuto aplikaci žádné stížnosti ohledně funkce aplikace, pouze ohledně ceny.

VÝHODY

- Podporuje systémy Android i iOS
- Možnost používat i v počítači
- Možnost online aplikace
- Kompatibilita s Dropboxem

NEVÝHODY

- Každý letoun se platí zvlášť
- Vysoká cena
- Nefunkční mobilní aplikace
- Plánování letu pouze online



Obrázek 10 – aplikace eFlight, výpočet těžiště

Zdroj: <https://itunes.apple.com/us/app/eflite-weight-and-balance/id877900602?mt=8>

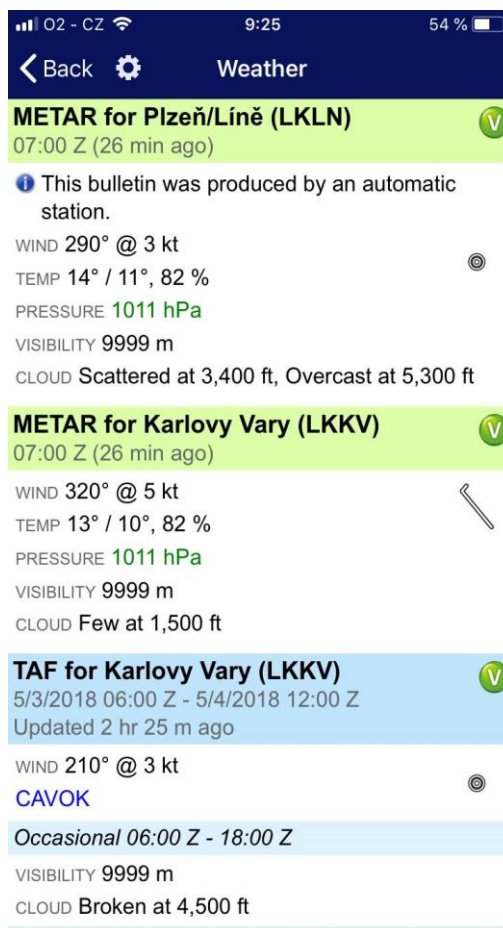
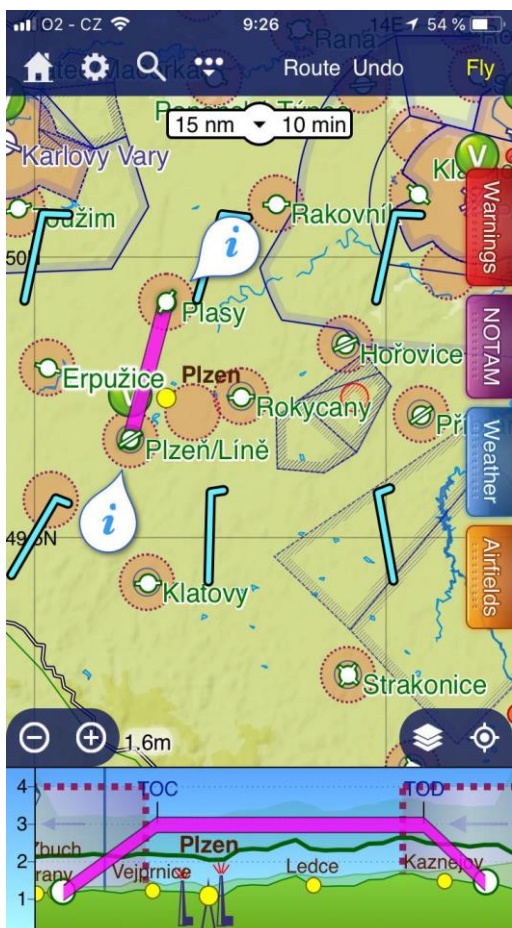
SkyDemon

Aplikace SkyDemon je dostupná hned v několika možnostech, pilot si ji může nainstalovat do počítače s platformou Windows a také na jeho chytrý telefon, či tablet. Aplikace podporuje jak Android, tak iOS systémy. V nabídce také mají systém pro business, kde mohou nabídnout různé typy licencí pro konkrétní firmu. Tento výpočtový program ale nepatří mezi nejlevnější. Nejdříve si ho člověk může stáhnout na měsíc zdarma, aby zkusil, jestli mu vyhovuje. Potom má dvě možnosti platby, buď bude platit měsíčně 350 korun, nebo zaplatí jednou za rok celou sumu. První rok stojí certifikát 4054 korun a každý další rok stojí už jen 2596 českých korun. Za příplatek je možné přidat k systému extra funkce a těmi jsou: možnost nahlédnutí a hledání ve většině německých dokumentů a příruček, které nejsou normálně dostupné v základní verzi letecké příručky, databáze letišť pro Čechy a Slovensko a dále nahlédnutí do příruček a databázi všech aerodromů v Rakousku. Tyto extra funkce jsou jen vybrané pro Českou Republiku, po zadání domácké destinace aplikace sama vyhodnotí, které nadstandardní funkce by pilot mohl využít a nabídne je. [18]

Aplikace nabízí velmi propracované a povedené vektorové mapové podklady, které jsou kontrolovány a předělávány každý měsíc. Mapové podklady jsou vytvořeny z velkého množství vrstev, takže si pilot může zobrazit opravdu jen to, co je pro něj relevantní. Kliknutím na různé interaktivní body v mapách můžete zobrazit další dostupné informace o konkrétním místě. Plánování letu je velmi jednoduché, stačí kliknout na dva body na mapě a let se sám naplánuje a aplikace hned zobrazí výškový profil terénu a také vypíše letové prostory, kterými se bude prolétat. [16]

Aplikace spolupracuje s databází NOTAM, záznamech o počasí TAF a METAR, což je pro uživatele velmi užitečné. Všechny potřebné informace tak mají na jednom místě. V knihovně SkyDemon si pilot může stáhnout všechny potřebné předpisy AIP pro létání v konkrétních státech. Aplikace vypočítá Weight and Balance výpočty i Performance. Vykreslí letovou obálku a také může sám vyplnit ICAO letový plán.

Na internetových fórech jsem o této aplikaci nenašla nic jiného než jen chválu.



Obrázek 11 – aplikace SkyDemon, naplánování letu

Zdroj: autor, pořízeno v aplikaci SkyDemon

VÝHODY

- Podporuje systémy iOS i Android
- Možnost zkušební verze zdarma
- Při delším užívání levnější licence
- Podrobné mapové podklady
- Různé mapové vrstvy

NEVÝHODY

- Vysoká cena
- Potřeba velkého uložení

WnB Pro

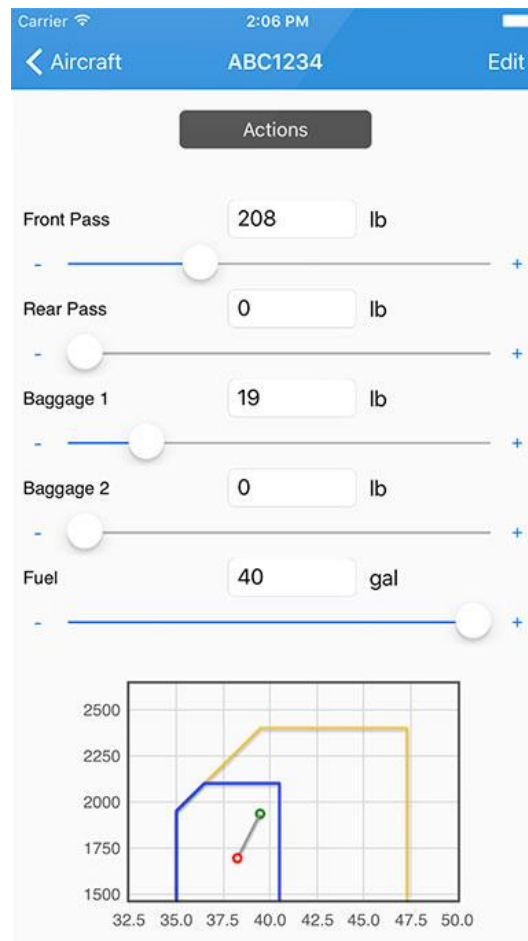
Aplikace dostupná jak pro android, tak pro iOS. Její cena se pohybuje okolo 5 dolarů. O této aplikaci jsem toho nenašla mnoho. Aplikace je schopná vypočítat weight and balance parametry pro 20 různých letadel, takže její rozsah je celkem malý. Pilot si ale může nadefinovat parametry jiného letounu, a to tam uložit. Předem nadefinovaným letadlům se můžou parametry upravit podle potřeby pilota. V aplikaci je také možnost sdílení výsledků a nadefinovaných letounů prostřednictvím e-mailu. [19] [16]

VÝHODY

- Dostupné pro Android i iOS
- Nízká cena
- Možnost nadefinovat vlastní letoun

NEVÝHODY

- Velmi málo předdefinovaných letounů
- Vypočítá pouze weight and balance



Obrázek 12 - aplikace WnB, výpočet těžiště

Zdroj: <http://www.wnbpro.com/>

iFLY

Tato aplikace bohužel není dostupná na evropském iTunes. Její licence je poskytována za 250 dolarů na rok. Prodejce také nabízí zařízení, které funguje jako samostatná GPS jednotka, kterou si uživatel připojí v kokpitu. [20]

Její grafické prostředí a funkce vypadají být velmi podobné aplikaci SkyDemon. Snaží se být co nejpřátelštější k uživateli, takže funkční tlačítka, které jsou přímo na obrazovce je možné různě měnit. Aplikace nabízí různé vrstvy mapových podkladů. Umožňuje také hmotnostní výpočty, výpočty výkonové ale neprovádí. K aktuálním meteorologickým údajům má přístup z dat METAR a TAF. [16]

VÝHODY

- Kompatibilita s GPS jednotkou
- Uživatelsky přátelské prostředí

NEVÝHODY

- Není dostupná pro český trh
- Podporuje pouze systém iOS
- Velmi vysoká cena
- Bez výkonových výpočtů

E6B Aviation calculator

Aplikace E6B aviation calculator je dostupná jak pro systém iOS tak i pro systém Android, kde se ale aplikace jmenuje E6B Sporty's flight calculator. Její cena je okolo 9 dolarů, takže je cenově celkem dostupná pro všechny piloty. Je také dostupná online na adrese <https://www.e6bx.com/e6b/>. [21]

Tato aplikace se jmenuje po dříve používaném nástroji pro předletové výpočty E6B. Má velmi pěkný a přehledný vzhled, kde si pilot může nastavit i vlastní jednotky, ve kterých se mu budou výpočty provádět, což všechny aplikace nemají. Aplikace nabízí hmotnostní i výkonové výpočty. Meteorologická data získává z METAR a TAF. Pro zadávání čísel se pilotovi neukáže normální telefonická klávesnice pro psaní sms, ale velký číselník podobný kalkulačce, který je příjemnější a lepší pro zadávání jednou rukou například při letu. V recenzích tuto aplikaci všichni uživatelé velmi vychvalují a poukazují na její promyšlenost. [16]

VÝHODY

- Podpora systému Android i iOS
- Nízká cena
- Dostupnost online
- Nastavitelné jednotky

NEVÝHODY

- Nutnost nadefinování vlastních letounů



Obrázek 13 - aplikace E6B, hlavní menu s funkcemi

Zdroj: <https://itunes.apple.com/app/e6b-aviation-calculator/id286046305?mt=8>

JAZZ weight and balance

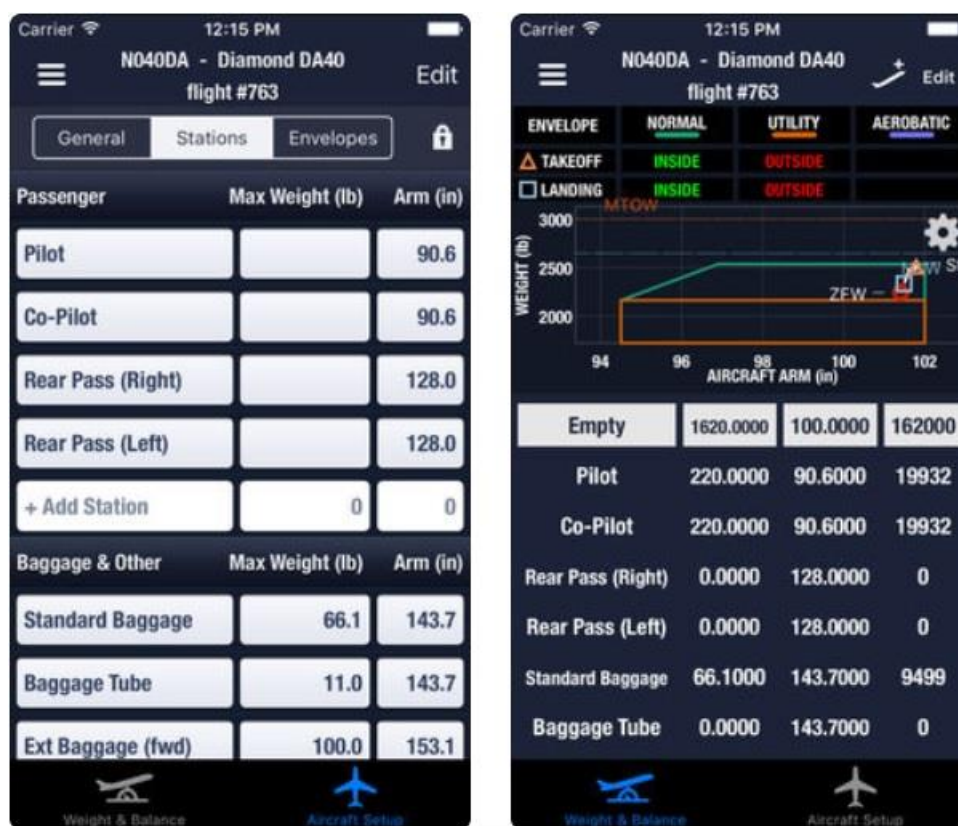
Aplikace Jazz Weight and Balance Calculator je dostupná pouze pro mobilní zařízení s operačním systémem iOS a stojí okolo 10 amerických dolarů. Tato aplikace má také velmi přehledný vzhled a umí dostatečné hmotnostní výpočty pro naplánování letu. Výkonové výpočty aplikace nenabízí. Bohužel zde ale nejde nastavit a konvertovat jednotky, takže pilot musí zadávat hodnoty v předem nastavených jednotkách. Výhodou je ale, že dokáže vykreslit letovou obálku, takže pilot hned ví, jestli je v normách. Jako většina ostatních aplikací pro předletové výpočty má tato aplikace možnost sdílení výpočtů a nastavených hodnot mezi uživateli. Přednastavené hodnoty jsou tu pouze pro modely Cessna 150 a 172, ostatní letouny si každý uživatel musí vyplnit a uložit sám. [16] [22]

VÝHODY

- Nízká cena
- Vykreslení letové obálky
- Sdílení výpočtů mezi uživateli

NEVÝHODY

- Dostupné pouze pro iOS
- Předem dané jednotky
- Jen 2 nadefinované letouny



Obrázek 14 - aplikace JAZZ, výpočet těžiště a vykreslení letové obálky

Zdroj: <https://itunes.apple.com/us/app/jazz-weight-and-balance/id886263643?mt=8>

Garmin Pilot

Aplikace Garmin Pilot je dostupná pro mobilní systémy iOS i Android, její stažení je zdarma, ale používání tohoto software stojí přibližně 100 dolarů za rok. Jeho velkou výhodou je kompatibilita s hodinkami a dalšími výrobky od firmy Garmin, kdy tyto produkty přinášejí kompletní řešení plánování letu. Při otevření vyžaduje aplikace přihlášení a když zjistí nepřítomnost uživatelské licence, spustí se 30 ti-denní zkušební lhůta. [23]

Aplikace je velmi podobná aplikaci SkyDemon, jsou v ní různé vrstvy map, viditelná okolní letiště, která se dají rozkliknout a podívat se přímo na lokální počasí, letové prostory a předpisy. Pilot si zde může naplánovat let a nechat se aplikací navigovat. Pokud uživatel klikne na mapu kdekoli i v místě, kde se nenachází konkrétní letiště, aplikace sama najde nejbližší

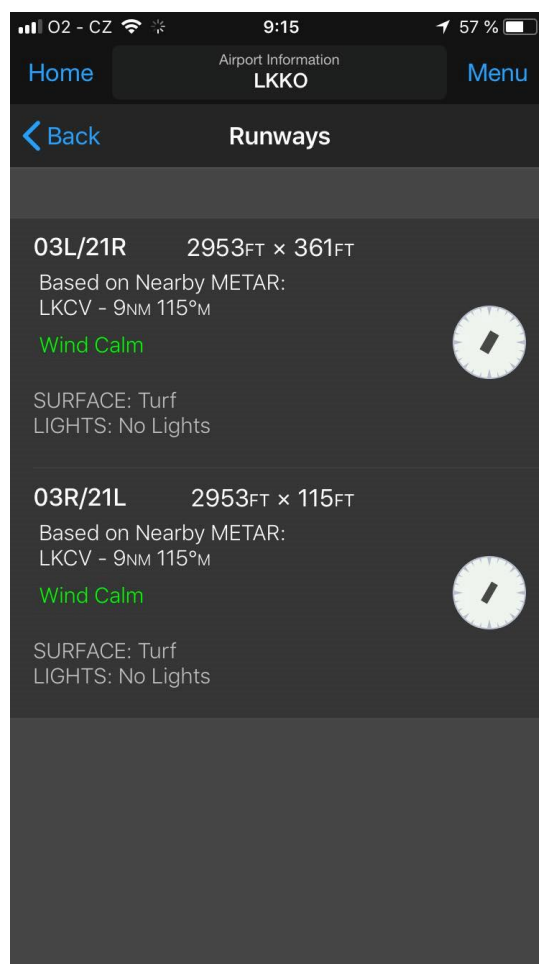
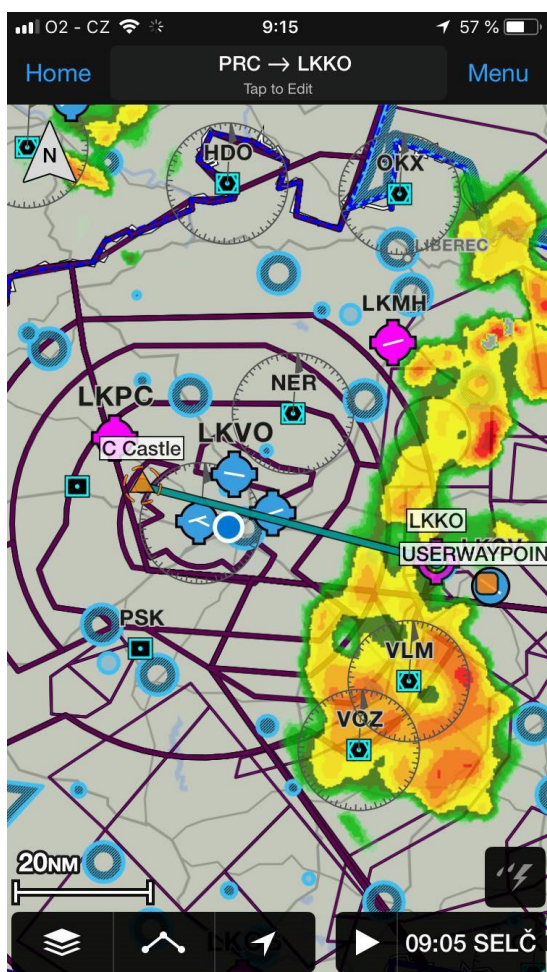
možnosti přistání a nabídne je. Aplikace vypočítá hmotnostní výpočty, ale výpočty výkonové je potřeba provést v jiné aplikaci, nebo ručně. V aplikaci je velké množství uživatelských nastavení, takže si jí každý může přizpůsobit tak, aby mu vyhovovala. Její vzhled je celkem přehledný, na první pohled je zde příliš mnoho ikoněk, ale pokud si uživatel zapne pouze potřebné vrstvy, je mapa přehledná. Na první pohled je aplikace velmi rychlá a neseká se i přesto, jak velké množství informací s ní uživatel nainstaluje. V recenzích tuto aplikaci uživatelé velmi vychvalují a jsou s ní spokojeni.

VÝHODY

- Dostupné pro Android i ios
- Příznivá cena
- Kompatibilita s dalšími výrobky
- Zkušební licence zdarma

NEVÝHODY

- žádné



Obrázek 15 - aplikace Garmin Pilot, plánování letu

Zdroj: autor, pořízeno v aplikaci Garmin Pilot

ForeFlight

Aplikace ForeFlight je dostupná pouze pro zařízení se systémem iOS, její stažení je bezplatné, ale po uběhnutí 30 dnů bezplatného užívání aplikace se uživatel musí zaregistrovat a základní registrační poplatek pro užívání stojí 100 dolarů na rok, pokud ale chce pilot používat aplikaci v jiné destinaci, než jsou USA a Kanada, musí si za dalších 100 dolarů přikoupit region, ve kterém bude létat. [24]

Aplikace je svým vzhledem i funkcemi velmi podobná aplikacím SkyDemon a Garmin Pilot, se kterými je také často srovnávána, ale zdá se být o trochu více přehledná. Ihned po otevření je vidět, že aplikace má velmi intuitivní ovládání a je velice přehledná. Pro mě je velkou výhodou zobrazení mapy jako zeměkoule, kterou lze otáčet, což je pro hledání konkrétního místa i na jiném kontinentu velmi rychlé. V mapě si lze nastavit viditelné vrstvy kterých je opravdu veliký výběr. Další výhodou je záložka „imagery“ kde najdeme plno přehledných obrázků o aktuálních podmínkách. Kritérií, které tu jsou vyhodnocené je opravdu mnoho, například námraza, rychlost a směr větrů, turbulence a další. Každý z těchto obrázků je aktuální ke konkrétnímu dni a hodině. Aplikace vypočítá hmotnostní výpočty, ale výkonové výpočty je potřeba udělat ručně.

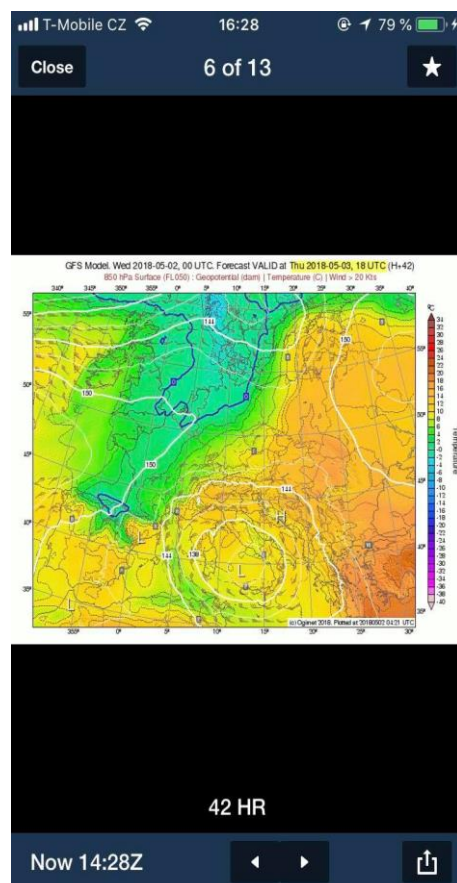
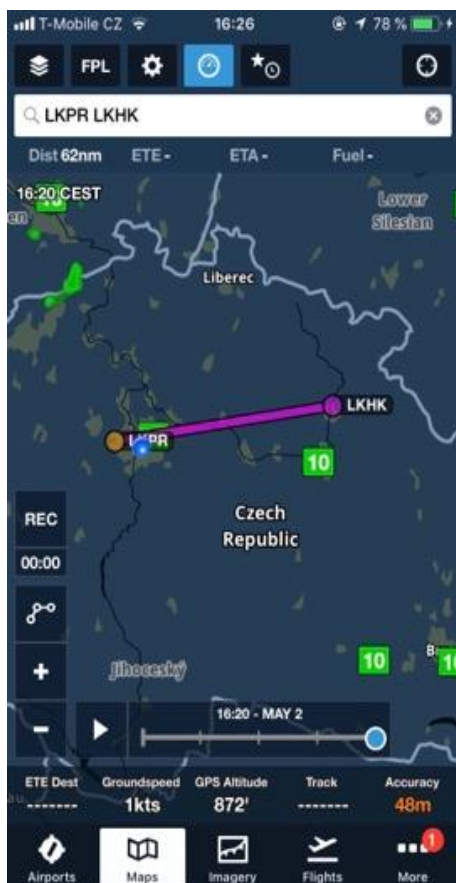
Zajímavostí je u této aplikace hlavně spojení s firmou Jeppesen, kdy tyto dvě firmy spojily své produkty. Konkrétně výpočtovou aplikaci od ForeFlight se špičkovými mapovými podklady a daty od firmy Jeppesen. Mapové podklady Jeppesen pro ForeFlight se svými cenami pohybují okolo 70 dolarů pro Austrálii a Nový Zéland a pro zbytek světa okolo 300 dolarů s výjimkou celé Evropy, která stojí skoro až 900 dolarů. V recenzích je aplikace ForeFlight vyzdvihována a nejménou ji uživatelé označili za nejlepší na trhu. Někteří uživatelé ale mají problémy se stahováním updatů. [24]

VÝHODY

- Zkušební lhůta zdarma
- Intuitivní ovládání
- Zobrazení mapy jako zeměkoule
- Výborné mapové podklady

NEVÝHODY

- Vysoká cena
- Nutnost přikupování dalších funkcí
- Problémy se stahováním aktualizací
- Bez výkonových výpočtů



Obrázek 16 - aplikace ForeFlight, plánování letu a zobrazení větru podle radaru

Zdroj: autor, pořízeno v aplikaci ForeFlight

Cessna ProFlite

Tato aplikace je dostupná na zařízeních s operačním systémem iOS a je zcela zdarma. Její vzhled je velmi jednoduchý a bohužel, je koncipován spíše pro tablety, takže na telefonu se obraz nezmenší do velikosti displeje, ale uživatel s ním musí stále posouvat. Nenabízí příliš mnoho funkcí, ale pro například sportovní lety to nejspíše stačí. Uživatel může objemy a hmotnosti zadávat pouze v předem určených jednotkách. Uživatel si může změnit hmotnost na kilogramy, délku na metry a objem na litry, ale potom musí být vše zadáváno ve stejné jednotce, nedají se kombinovat. Aplikace umí vypočítat výkonové i hmotnostní výpočty.

Aplikace nabízí pouze přednastavený letoun Cessna C172S a další letouny si musí pilot nastavit sám. Podporované typy letounů jsou jen 172 S, N a P. Aplikace má jen velmi úzký okruh využitelnosti, když nabízí pouze tak malý počet typů letounů, zároveň jsou to ale asi nejpoužívanější typy letadel. Recenze jsou na ní ale příznivé, uživatelé píšou o její jednoduchosti, jen někteří se zmiňují o tom, že by bylo hezké přidat další podporovaná letadla.

Obecně je pro letouny Cessna a další nejvíce používaná letadla velké množství aplikací na trhu. Tyto aplikace se většinou moc neliší a jsou velmi jednoduché. [16]

VÝHODY

- Zdarma
- Jednoduchý vzhled
- Jednoduché ovládání
- Výkonové i hmotnostní výpočty

NEVÝHODY

- Pouze pro systém iOS
- Nepřizpůsobení velikosti obrazovky
- Pouze 3 typy letounů
- Málo výpočtů

CFI Tools General Aviation

Aplikace bezplatně dostupná pro iOS i Android. Její stažení je zdarma, ale pro používání je potřeba platit necelých 800 korun za rok. Při prvním použití této aplikace se spustí 30ti denní zkušební lhůta. [16]

Vzhled této aplikace vypadá trochu zastarale a nepřehledně. Aplikace je příliš barevná a přeplácaná. Na několika stránkách s výpočty a grafy se člověk musí po obrazovce posouvat, aby viděl vše co potřebuje. Nabízí široký výběr (78) letounů od různých výrobců jako je například Cessna, Piper, Beechcraft a další. Výrobce ale uvádí, že aplikace nemůže být použita pro žádný jiný typ letounu, než jsou přednastavené. Aplikace nabízí velmi širokou škálu nastavení a výpočtů. Umí spočítat výkonové i hmotnostní výpočty. Bohužel zde nejsou žádné mapové podklady a nelze aplikaci používat offline.

Recenze na tuto aplikaci se liší, někteří uživatelé píšou že je velmi užitečná a mají k ní jen malé výtky, ohledně špatně fungujícím updatům, jiní tuto aplikaci úplně zatracují a jejich hlavní výtkou je, že i pro data o počasí, které jsou v jiných aplikacích zdarma je zde potřeba zaplacení licence. Další výtkou jsou nepřesné výpočty až od 10 %.

VÝHODY

- Dostupné pro Android i ios
- Nízká cena
- Zkušební lhůta zdarma
- Široký výběr letounů

NEVÝHODY

- Nepřehledný vzhled
- Nepřizpůsobení velikosti obrazovky
- Nelze používat offline
- Nepřesné výpočty
- Bez mapových podkladů



Obrázek 1 - aplikace CFI Tools, hlavní menu a výpočet těžiště

Zdroj: Autor, pořízeno v aplikaci CFI Tools

Aircraft weight and balance

Tato aplikace je dostupná pro zařízení se systémem Android. Její cena je 200 korun a další poplatky nejsou. Podle vzhledu vypadá její ovládání celkem intuitivní, a jednoduché. Obsahuje většinu weight and balance a performance výpočtů, a dokonce i vykreslí letovou obálku. Její předností je, že pilot může zvolit možnost zadávat množství paliva v jednotkách hmotnosti. Tato aplikace je jednodušší a neobsahuje velké množství funkcí. Žádné recenze jsem na ni nenašla, nejspíše je používána jen malým počtem uživatelů. [25]

VÝHODY

- Nízká cena
- Intuitivní ovládání
- Vykreslení letové obálky
- Jednoduchost

NEVÝHODY

- Podporuje pouze systém Android
- Málo funkcí

FitPlan Go

Tato aplikace je dostupná pro systémy iOS, Android a také Windows 10. Její stažení i používání je zcela zdarma. Bohužel jsem ji ale nemohla najít na české verzi Appstore, na Windows Store jsem ji našla, ale její stahování není funkční.

Její vzhled je velmi podobný aplikaci SkyDemon. Na interaktivní mapě se dají zobrazit pouze některé vrstvy, zobrazuje okolní letiště, cirkulaci větrů, letové prostory a další. Pilot si zde může naplánovat let a aplikace mu vypočítá i weight and balance hodnoty. Také spočítá všechny potřebné výkony letounu. Aplikace nejspíš nevykresluje letovou obálku. Je zde funkce checklistů, kdy si pilot kontroluje, zda všechny části předletové přípravy splnil, což je podle mě velmi užitečná funkce. Recenze na tuto aplikaci si celkem rozporují. Někteří uživatelé ji vychvalují hlavně díky její porovnatelnosti s ForeFlight, ale nižší ceně. Jiní naopak píšou, že aplikace nefunguje a její instalace je ztráta času. [16]

VÝHODY

- Systémy Android, iOS i Windows
- Zdarma
- Interaktivní mapa
- Checklisty

NEVÝHODY

- Nedostupná na české verzi Appstore
- Nevykreslí letovou obálku
- Špatná funkčnost

Wing X Pro 7

Aplikace dostupná pro Apple i Android. Na Apple Store je dostupná zdarma, ale na Google Play tato aplikace stojí okolo 20 korun. Je vytvořena firmou Hilton Software. Její roční poplatek je 75 dolarů. [16]

Aplikace nemá velmi přehledný vzhled a po spuštění se občas samovolně vypne. Nabízí sice 30 dnů zkušební lhůtu, ale stejně v aplikaci nic nefunguje. Podle popisu by aplikace měla mít celkem velké množství funkcí a nastavení. Recenze na tuto aplikaci jsou velmi příznivé.

VÝHODY

- Pro systém ios i Android
- Nízká cena
- Zkušební lhůta zdarma

NEVÝHODY

- Špatná funkčnost
- Nepřehledný vzhled
- Malé množství funkcí

Aerovie

Aplikace dostupná pro zařízení s operačním systémem iOS od firmy Apple. Stažení aplikace je bezplatné, ale její licence stojí 70 dolarů ročně. Její výhodou je to, že funguje i na Apple Watch, na kterých pilot jednoduše a rychle najde nejdůležitější letové data a dokumenty. Tato aplikace je svým vzhledem a ovládáním velice podobná aplikaci ForeFlight. Její ovládání funguje dobře a plynule. Bohužel ale neumí vytvářet výpočty jako jsou weight and balance nebo performance. Její mapové podklady jsou ale velice hezky zpracované. Pilot si zde může naplánovat let a aplikace ho bude dál navigovat. Navigace také kontroluje počasí a další vnější faktory důležité pro let. Tato aplikace také překvapila svým zájmem o uživatele, týden po stažení a vyzkoušení této aplikace mi přišel velmi vřelý e-mail, kde děkují za stažení a používání aplikace a nabízí pomoc s aplikací. [26]

VÝHODY

- Nízká cena
- Funguje i na Apple Watch
- Dobré mapové podklady

NEVÝHODY

- Dostupné jen pro systém iOS
- Nevypočítá výkonové výpočty

Tabulka 6 - důležité funkce aplikací, souhrn

Název aplikace	Roční licence	Zkušební verze	iOS	Android	Weight and balance	Performance	Mapové podklady	Letová obálka	Plánování letu
eFlite	45 \$	Ne	Ano	Ano	Ano	Ne	Ne	Ano	Ano
SkyDemon	120 \$	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
WnB Pro	5 \$	Ne	Ano	Ano	Ano	Ne	Ne	Ano	Ne
iFly	250 \$	Ne	Ano	Ne	Ano	Ne	Ne	Ano	Ne
E6B Aviation Calculator	9 \$	Ne	Ano	Ne	Ano	Ano	Ne	Ne	Ano
JAZZ Weight & Balance	10 \$	Ne	Ano	Ne	Ano	Ne	Ne	Ano	Ne
Garmin Pilot	100 \$	Ano	Ano	Ano	Ano	Ne	Ano	Ano	Ano
ForeFlight	100 \$	Ano	Ano	Ne	Ano	Ne	Ano	Ne	Ano
Cessna ProFlite	Free	Ne	Ano	Ne	Ano	Ano	Ne	Ano	Ne
CFI Tools	37 \$	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ne	Ano	Ne
Aircraft W&B	9 \$	Ne	Ne	Ano	Ano	Ano	Ne	Ano	Ne
FitPlan Go	Free	Ne	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ne	Ano
Wing X Pro 7	75 \$	Ano	Ano	Ano	Ne	Ano	Ano	Ne	Ano
Aerovie	70 \$	Ano	Ano	Ne	Ne	Ne	Ano	Ne	Ano

6. NÁVRH ZLEPŠENÍ SOUČASNÉHO STAVU

V současnosti je kvůli špatně vypočítaným výkonovým a hmotnostním výpočtům zapříčiněné velké množství leteckých nehod. Svůj podíl na zanedbávání těchto výpočtů má špatný přístup k výcviku výkonových výpočtů, absence dostatečně obsáhlých a propracovaných výukových materiálů a také lidská lenost. Všechny tyto aspekty se ale dají napravit.

6.1. Legislativa

Zanedbávání výpočtů vzniká už v legislativních předpisech a normách. V leteckých předpisech je o těchto výpočtech pro všeobecné letectví jen pár zmínek, které se týkají hlavně potřebného objemu paliva. Celkově se například v leteckých předpisech ICAO Annex o všeobecném letectví mluví velmi málo, přitom všeobecné letectví není nový obor v letecké dopravě. Ve skutečnosti je daleko větší procento pilotů, kteří se pohybují ve všeobecném letectví než v letectví dopravním. [1]

Pro snížení počtu leteckých nehod zapříčiněných nesprávnými, nebo nedbalými výpočty by bylo dobré aktualizovat letecké předpisy. Zdůraznění důležitosti těchto výpočtů v kapitole o předletové přípravě a připomenutí jejich nutnosti by určitě zanechalo pouze pozitivní dopad.

6.2. Výcvik pilotů

V Úřadem pro civilní letectví daných osnovách pro teoretický výcvik pilotů je této problematice věnováno jen velmi málo pozornosti. Podle této osnovy se řídí všechny letecké školy, které si na jejím základě vytváří vlastní osnovy výuky. Zvykem v každém oboru, nejen leteckém, je vždy splňovat pouze nadřazeným orgánem dané minimum požadavků, málokdy je vidět snaha o něco víc, proto je obnova osnovy pro teoretickou výuku pilotů skoro nezbytně nutná. Když bude v zákonem daných osnovách pro letecký výcvik, kterými by se měla řídit každá letecká škola, věnováno více pozornosti právě těmto výpočtům, počet leteckých nehod zapříčiněných špatným vyvážením, nebo nesprávným odhadem výkonu letadla se určitě sníží.

Ve výcviku pilotů ale nejsou málo podrobné teoretické vlastnosti jediným problémem. Další nedokonalostí je, že v osnovách pro teoretickou výuku není uvedeno, jakým způsobem se mají předletové výpočty provádět, tudíž můžeme předpokládat, že se tyto výpočty provádějí pouze podle příručky letounu, jak tomu bylo dříve. Postup některých výpočtů podle letecké příručky je uveden v předchozí kapitole. Postupovat při výpočtech podle pokynů v příručce je samozřejmě správné, nicméně je tento postup velice zdlouhavý. Například vypočítání minimální délky vzletové dráhy mi trvalo minimálně pět minut a to je jen jeden z potřebných výpočtů. Pokud pilot létá se stejným letounem častěji, je samozřejmé, že mu tyto výpočty zaberou méně času, stále to ale pár minut zabere. Z tohoto důvodu by bylo dobré do výcviku

předletových činností a výpočtů zařadit také mobilní aplikace, které byly pro tento účel stvořeny. Mobilní aplikace na výkonové a hmotnostní výpočty může předletovou přípravu velmi urychlit a usnadnit. Aplikace mají většinou velmi jednoduché ovládání a přednastavené pevné hodnoty pro daný letoun, stačí zadat pouze aktuální hodnoty rozložení hmotnosti, výchozí a koncové letiště a další podrobnosti. Některé z těchto aplikací si dokonce umí sami získávat informace o počasí. Jejich zařazení do výcviku by bylo jedině přínosem.

6.3. Vývoj inovativního výpočtového software

Dalším přínosem pro plánování letu ve všeobecném letectví by mohlo být vytvoření nové mobilní aplikace. V současné době je na trhu velmi mnoho aplikací, které letcům usnadní výpočty, nebo je za ně rovnou vypočítají, jen ve velmi málo případech lze ale použít jedna aplikace na celou předletovou přípravu. Většinou pilot musí mít aplikaci pro naplánování a navigaci letu, pro výkonové a hmotnostní výpočty a občas také ještě meteorologickou aplikaci. V takovém počtu potřebných aplikací je nejen složité se orientovat, ale také je předletová příprava více časově náročná, než kdyby byla použita pouze jedna komplexní aplikace.

6.3.1. Funkce

Nová aplikace by byla spojením všech dobrých vlastností aplikací už existujících. Měla by umět vypočítat výkonové i hmotnostní výpočty, vykreslit letovou obálku pro zobrazení těžiště, samostatně sbírat meteorologická data METAR a TAF, naplánovat let a následně navigovat a vyplnit letové dokumenty. K těmto účelům by aplikace měla mít velmi dobré mapové podklady s možností zobrazení určitých vrstev informací jako jsou například letiště a meteorologická data. Také by tato aplikace měla být jednoduchá na ovládání, aby s ní zvládl pracovat každý bez obtíží. V nové aplikaci by také mělo být na výběr dostatečné množství předem připravených letounů pro výpočty s možností přidání dalšího typu letadla.

6.3.2. Cena

Pokud se pilot rozhodne používat nějakou z mobilních aplikací pro předletovou přípravu, určitě mu záleží na ceně roční licence u konkrétní aplikace. Nová aplikace by podle mého názoru neměla být příliš drahá. Pro lepší dostupnost aplikace pilotům bych licenci poskytla na první rok zdarma s tím, že maximální cena pro další roky používání by byla výše zmíněných 60 amerických dolarů. Pokud by byl pilot dostatečně aktivní a sdílel své výsledky s ostatními letci, cena licence na další rok by se mu snížila. Tím by bylo možné docílit toho, že letci nebudou předletovou přípravu zanedbávat. Další možností by bylo uvolnit aplikaci zdarma pro všechny uživatele. Pokud by na trhu byla volně dostupná aplikace, bez nutnosti zakoupení licence, byla by pravděpodobnost možného zanedbání předletové přípravy ještě více snížena.

6.3.3. Podpora systémů

Dalším důležitým kritériem je podpora různých operačních systémů. V ideálním případě by bylo dobré, kdyby byla aplikace podporována systémy iOS, Android i Windows.

7. ZÁVĚR

Ve své bakalářské práci jsem se zabývala tématem výpočtů předletové přípravy ve všeobecném letectví. Představila jsem úvod do těchto výpočtů a problematiky předletové přípravy. Dále v kapitole o legislativních předpisech pro letectví popsala, kde najít pravidla pro všeobecné letectví a jak byla tato pravidla vytvořena. Pro ukázkou jsem vyhledala informace, které se stahují k předletové přípravě ve všeobecném letectví, tyto informace jsem čerpala z pravidel vydaných Evropskou agenturou pro bezpečnost letectví (EASA). Konkrétně z příloh 6 a 7 z jejich částí o nekomerčních letech s komplexními a bez komplexních motorů z pravidel pro létání společnosti EASA.

Čtvrtá kapitola pojednává o výcviku pilotů zaměřeném na předletové výpočty, v této části bakalářské práce jsem čerpala z osnovy pro výcvik soukromých pilotů PPL, tedy základního leteckého výcviku. Tato osnova byla vypracovaná Úřadem pro civilní letectví, který vydává různá pravidla a předpisy, které jsou platné na území České republiky a je nutno je dodržovat. Také jsem čerpala z webových stránek různých leteckých škol a leteckých klubů. V kapitole o výcviku pilotů jsem způsob tohoto výcviku představila a dále uvedla rizika, která při nedostatečném výcviku hrozí.

V kapitole číslo pět jsem představila současný přístup k výpočtům v praxi. Předvedla jsem některé z výpočtů hmotnostních i výpočtů výkonových vypočítaných podle letadlové příručky. Mezi těmito předvedenými výpočty je výpočet potřebného paliva na cestu, výpočet potřebné délky vzletové i přistávací dráhy a výpočet správného vyvážení letadla a jeho těžiště. Druhou částí analýzy současného přístupu je analýza výpočtových aplikací. V této části jsem se zabývala různými výpočtovými aplikacemi, které jsou na trhu dostupné. Hlavními funkcemi, které jsem u aplikací hledala byly možnosti vypočítání výkonových i hmotnostních výpočtů pro různé letouny. Dalšími aspekty, na jejichž základě jsem aplikace porovnávala byla přítomnost a případně promyšlenost mapových podkladů a možnost plánování letu s aktuálními informacemi o počasí a letištích. Nejlépe se v těchto kritériích ukázaly být aplikace SkyDemon, ForeFlight a Aerovie. Žádná z aplikací ale neuměla spojit všechna důležitá kritéria, vždy chyběla alespoň jedna z důležitých funkcí. Proto jsem v poslední kapitole své bakalářské práce navrhla zlepšení současného stavu uvedením na trh nové aplikace, která by byla schopná všechny tato kritéria splnit, a přitom byla cenově dostupná pro všechny piloty.

Své cíle jsem podle mého názoru splnila. V kapitole o návrhu zlepšení současného stavu jsem popsala, jakými prostředky by bylo možné klást větší důraz na výkonové a hmotnostní výpočty. A dále jsem navrhla zlepšení současné situace v provádění výkonových a hmotnostních výpočtů pomocí uvedení na trh nové aplikace, jak již jsem výše zmínila.

Toto téma mě velmi zaujalo a ráda bych v této práci ráda pokračovala i v dalším studiu.
Stále je ještě potřeba aplikaci více promyslet a navrhnout.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Mavisys s.r.o., „Aeroweb,“ 2018. [Online]. Available: www.aeroweb.cz.
- [2] J. Dvořák, 2016. [Online]. Available: <https://www.flying-revue.cz>.
- [3] Jeppesen, Performance, JAA ATPL Training, 2004.
- [4] NLR, National Aerospace Laboratory, *Analysis of aircraft weight and balance related safety occurrences*, 2007.
- [5] Transportation, U. S. Department of, *Aircraft Weight and Balance Handbook*, 2016.
- [6] O. Hajzler, „Plánování a provádění letu (PPL) - Hmotnost a vyvážení letadel,“ 2015.
- [7] FAA Aviation Safety, "Aircraft Performance," 2007.
- [8] O. Hajzler, „Plánování a provádění letu (PPL) - Výkonnost,“ 2015.
- [9] Cessna, A Textron Company, Information Manual - 172S Skyhawk, 2004.
- [10] "Landing Performance (Part One)," 2011. [Online]. Available: www.flightlearnings.com.
- [11] EASA, European Aviation Safety Agency, "Operations in General Aviation," 2018. [Online]. Available: <https://www.easa.europa.eu/easa-and-you/general-aviation/operations-general-aviation>.
- [12] EASA, European Aviation Safety Agency, "ANNEX VI," in *The draft commission regulation - Part NCC*, 2012.
- [13] Úřad Pro Civilní Letectví, „Osnova pro teoretický výcvik,“ 2014.
- [14] Letecká škola BEMOAIR, „Příručka pro výcvik PPL(A),“ 2006.
- [15] Jeppesen, Mass and Balance, JAA ATPL Training, 2004.
- [16] Apple Inc., „App Store,“ 2018. [Online]. Available: www.itunes.apple.com.
- [17] eFlite Inc., „eFlite,“ 2018. [Online]. Available: www.eflite.com.
- [18] D. Limited, „SkyDemon,“ 2018. [Online]. Available: www.skydemon.aero.

- [19] Angell Development LLC, „WnB Pro,“ 2016. [Online]. Available: www.wnbpro.com.
- [20] Adventure Pilot, "iFly GPS," 2017. [Online]. Available: www.iflygps.com.
- [21] Aviation Mobile Apps, LLC, "My E6B Aviation Calculator," 2016. [Online]. Available: www.mye6b.com.
- [22] Jazz Software, "Jazz Weight and Balance," 2018. [Online]. Available: www.jazzsoftware.com.
- [23] Garmin Ltd., "Garmin," 2018. [Online]. Available: www.buy.garmin.com.
- [24] ForeFlight LLC, "ForeFlight," 2018. [Online]. Available: www.foreflight.com.
- [25] Google, „Google Play,“ 2018. [Online]. Available: www.play.google.com.
- [26] Aerovie, "Aerovie," 2018. [Online]. Available: www.aerovie.com.
- [27] ICAO, International Civil Aviation Organization, „ICAO Annex (L),“ v *Letecký předpis (přeloženo z AJ)*, 2010.
- [28] Creative Commons, „Wikipedie,“ 2016. [Online]. Available: www.cs.wikipedia.org.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - rozložení sil při vzletu.....	14
Obrázek 2 - délky přistávacích drah	16
Obrázek 3 - rozdělení letového provozu.....	17
Obrázek 4 - tabulka teoretických hodnot v POH	24
Obrázek 5– tabulka minimálních délek vzletových drah.....	27
Obrázek 6 - tabulka letových výkonů	30
Obrázek 7 - hmotnostní výpočty	31
Obrázek 8 - vzdálenosti nákladních prostorů.....	32
Obrázek 9 - těžiště letounu.....	34
Obrázek 10 - aplikace eFlite, výpočet těžiště.....	36
Obrázek 11 - aplikace SkyDemon, naplánování letu	37
Obrázek 12 - aplikace WnB, výpočet těžiště.....	38
Obrázek 13 – aplikace E6B, Hlavní menu s funkcemi	40
Obrázek 14 - aplikace JAZZ, výpočet těžiště a vykreslení letové obálky.....	41
Obrázek 15 - aplikace Garmin Pilot, plánování letu	42
Obrázek 16 - aplikace ForeFlight, plánování letu a zobrazení větru podle radaru.....	44
Obrázek 17 - aplikace CFI Tools, hlavní menu a výpočet těžiště	46

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - veličiny pro hmotnostní výpočet letounu Cessna 172s Skyhawk.....	13
Tabulka 2 - předpisy pro všeobecné letectví.....	19
Tabulka 3 - standardizované hmotnosti pasažérů 20 a více sedadel.....	20
Tabulka 4 - standardizované hmotnosti pasažérů 19 a méně sedadel.....	21
Tabulka 5 - standardizované hmotnosti pro zavazadla u letounů s 20 sedadly a více	21
Tabulka 6 - důležité funkce aplikací, souhrn	48