



**F6**

**Fakulta dopravní  
Ústav letecké dopravy**

**Bakalářská práce**

# **Aplikace pro výpočet výkonnostních charakteristik letounů General Aviation**

**Zbyšek Petřík**

**Technika a technologie v dopravě a spojích  
Profesionální pilot**

**Vedoucí práce: Ing. Vladislav Pružina, Ph.D.  
doc. Ing. Jakub Hospodka, Ph.D.**

**Praha 2019**

**K621 .....** **Ústav letecké dopravy**

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Zbyšek Petřík**

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

**B 3710 – PIL – Profesionální pilot**

Název tématu (česky): **Aplikace pro výpočet výkonnostních charakteristik  
letounů General Aviation**

Název tématu (anglicky): Application for Calculation of Performance Characteristics  
of GA Airplanes

### **Zásady pro vypracování**

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

- Výkonnostní charakteristiky výcvikových letounů všeobecného letectví
- Běžný způsob výpočtu výkonnostních charakteristik
- Tvorba elektronické aplikace
- Ověření aplikace v provozu letecké školy a zpětná vazba

Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího bakalářské práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: POH a AFM letounů všeobecného letectví: Tecnam, Cessna, Piper  
Úřad pro civilní letectví: Předpis L8168, L6  
Jeppesen: EASA ATPL Training - Performance Aeroplanes

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Vladislav Pružina, Ph.D.**  
**doc. Ing. Jakub Hospodka, Ph.D.**

Datum zadání bakalářské práce:

**19. října 2018**

(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývající ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce:

**26. srpna 2019**

- a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
- b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia



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



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

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.



Zbyšek Petřík  
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 19. října 2018

## **Poděkování**

Děkuji tímto vedoucímu práce panu Ing. Vladislavu Pružinovi, Ph.D. za skvělé vedení a cenné rady do letecké profese. Panu doc. Ing. Jakubu Hospodkovi, Ph.D. děkuji za korekce a přístup během celého studia na ČVUT. Velice vděčný jsem také panu Bc. Filipu Bartůňkovi, který mi byl nápomocen při řešení technické stránky práce a orientaci ve společnosti F AIR. S problematikou regresní analýzy mě ochotně seznámil pan doc. Ing. Vladimír Socha, Ph.D., za což mu děkuji.

## **Prohlášení**

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

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

V Praze dne 26. srpna 2019



## Abstrakt

Tato práce se zabývá návrhem, implementací a testováním kompletního řešení multiplatformní aplikace, pro výpočet výkonnéstních charakteristik letounů všeobecného letectví používaných během leteckého výcviku.

Bakalářská práce vznikla ve spolupráci s F AIR spol. s r. o. Leteckou školou, která je partnerem Fakulty dopravní a v rámci bakalářského studia zajišťuje praktický výcvik na letounech.

Vývoj aplikace je založen na aktuálních nařízeních EU a je v souladu s provozní příručkou a standardními provozními postupy společnosti F AIR.

**Klíčová slova:** výkonnost letounu, webová aplikace, HTML, Java-Script, regrese, implementace, testování, uživatelské prostředí.

## Abstract

The subject of this thesis is design, implementation and testing of complete multi-platform application solution for calculation of performance characteristics of general aviation aeroplanes used within flight training.

The bachelor thesis was created in cooperation with F AIR Ltd. flight school, which is a partner of Faculty of Transport Sciences and provides practical training on aeroplanes within bachelor's studies.

Development of the application is based on current EU regulation and reflects Operational Manual as well as Standard Operating Procedures of F AIR company.

**Keywords:** aeroplane performance, web application, HTML, Java-Script, regression, implementation, testing, user interface.

**Title translation:** Application for Calculation of Performance Characteristics of GA Airplanes

# Obsah

<b>1 Úvod</b>	1
1.1 Motivace	1
1.2 Cíle	2
<b>2 Výkonné charakteristiky letounů</b>	3
2.1 Letecké předpisy, nařízení a definice	3
2.1.1 ICAO	3
2.1.2 EASA	4
2.1.3 EASA AIR OPS	6
2.1.4 Letadlo a letoun	6
2.1.5 Druhy provozu	7
2.1.6 Složité motorové letadlo	7
2.1.7 Výkonné třídy letounů	7
2.2 Působnost AIR OPS v provozu F AIR	8
2.2.1 Klasifikace výcvikových letounů	8
2.2.2 Druhy provozu v F AIR	8
2.3 Základní pojmy pro výpočty výkonnosti	9
2.3.1 Prvky dráhových systémů	9
2.3.2 Vyhlášené délky	9
2.4 Analýza výkonnosti dle fází letu	10
2.4.1 Vzletová výkonnost	10
2.4.2 Výkonnost na trati	10
2.4.3 Výkonnost pro přistání	11
2.5 Faktory ovlivňující výkonnost	11
2.5.1 Hustota vzduchu	11
2.5.2 Teplota vzduchu	11
2.5.3 Vítr	11
2.5.4 Povrch a stav RWY	11
2.5.5 Sklon RWY	11
2.5.6 Hmotnost letounu	12
2.5.7 Konfigurace letounu	12
2.6 Letová příručka letadla	12
<b>3 Metody a nástroje pro výpočet výkonnosti</b>	13
3.1 Standardní metody dle AFM	13
3.1.1 Grafy	13
3.1.2 Tabulky	14
3.2 Softwarové nástroje	16
3.2.1 Elektronická letová aktovka	16
3.2.2 Systémy v komerční letecké dopravě	17
3.2.3 Systémy pro všeobecné letectví	18
<b>4 Realizace aplikace</b>	20
4.1 Požadavky na aplikaci	20
4.2 Architektura aplikace	20
4.3 Volba technologií	21
4.3.1 Excel	21
4.3.2 Nativní aplikace	22
4.3.3 Progresivní webová aplikace	22
4.4 Front-end	24
4.4.1 Uživatelské rozhraní	24
4.4.2 Grafický design	25
4.4.3 Dark mode	27
4.4.4 Export výsledků	27
4.4.5 Barevné kódování	29
4.5 Back-end	30
4.5.1 Implementace PWA	30
4.5.2 Manifest	31
4.5.3 Databáze letounů	33
4.5.4 Databáze letišť	34
4.5.5 Výpočetní modul	34
4.5.6 Výpočet složek větru	40
4.5.7 Výpočet tlakové výšky	41
4.5.8 Výpočet teploty ISA	41
4.5.9 Výpočet sklonu dráhy	41
4.5.10 Časové údaje	41
<b>5 Uživatelské testování</b>	43
5.1 Testování UX	43
5.1.1 System Usability Scale	43
5.1.2 Dotazník	44
5.1.3 Vyhodnocení	44
5.2 Testování výpočtů	44
5.2.1 Zvolená metoda	44
5.2.2 Dotazník	44
5.2.3 Vyhodnocení	44
<b>6 Nedostatky a další směrování</b>	46
6.1 Vyřešené nedostatky	46
6.1.1 Úprava GUI	46
6.1.2 Úprava volby RWY	46
6.2 Nevyřešené nedostatky	46
6.2.1 Export PDF na iOS	46

6.3	Další směřování .....	47
6.3.1	Kompletizace .....	47
6.3.2	Rozšíření informací o letounech .....	47
6.3.3	Implementace databázového systému .....	47
6.3.4	Risk analýza .....	47
6.3.5	Implementace do SOP a OM .....	47
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>48</b>
	└ Shrnutí .....	48
	<b>Literatura .....</b>	<b>50</b>
	<b>Zkratky a symboly .....</b>	<b>54</b>
<b>A</b>	<b>Zdrojové kódy aplikace .....</b>	<b>57</b>
<b>B</b>	<b>Korespondence se spol. Gyronimo .....</b>	<b>58</b>
<b>C</b>	<b>Snímky z uživatelského prostředí .....</b>	<b>59</b>
<b>D</b>	<b>Průvodní zpráva uživatelského testování .....</b>	<b>63</b>
<b>E</b>	<b>Dotazník uživatelské přívětvosti .....</b>	<b>64</b>
<b>F</b>	<b>Výsledky System Usability Scale .....</b>	<b>67</b>
<b>G</b>	<b>Testování přesnosti a rychlosti výpočtů .....</b>	<b>68</b>

## Tabulky

<b>3.1.</b> Tabulka výkonnosti Cruise .....	14
<b>3.2.</b> Tabulka TOD .....	15
<b>4.1.</b> Poplatky Google Play, App Store .....	23
<b>4.2.</b> Data pro regresi .....	38
<b>4.3.</b> Výsledky regrese .....	40
<b>5.1.</b> Likertova škála .....	43

## Obrázky

<b>2.1.</b> Schéma legislativy a dokumentů EASA .....	5
<b>2.2.</b> Vyhlášené délky .....	10
<b>3.1.</b> CAP 698 nomogram .....	14
<b>3.2.</b> Graf TOD .....	15
<b>3.3.</b> EFB v kokpitu A350 .....	16
<b>3.4.</b> Boeing OPT .....	17
<b>3.5.</b> Airbus Flysmart+ .....	18
<b>3.6.</b> Aplikace .....	18
<b>3.7.</b> Aplikace Gyronimo .....	19
<b>4.1.</b> Architektura aplikace .....	21
<b>4.2.</b> Přehled technologií .....	23
<b>4.3.</b> Vývojový diagram .....	25
<b>4.4.</b> Program Illustrator .....	26
<b>4.5.</b> Logo aplikace .....	26
<b>4.6.</b> Ikona hangáru .....	26
<b>4.7.</b> Ikona W&B .....	26
<b>4.8.</b> Ikona Vzlet .....	26
<b>4.9.</b> Ikona En-route .....	26
<b>4.10.</b> Ikona Přistání .....	26
<b>4.11.</b> Barevné kódování SOP .....	30
<b>4.12.</b> Barevné kódování AFM .....	30
<b>4.13.</b> PWA Lighthouse audit .....	31
<b>4.14.</b> Splashscreen aplikace .....	32
<b>4.15.</b> Graf TOD .....	37
<b>4.16.</b> Prokládání křivkou .....	39
<b>4.17.</b> Excel Solver GRG .....	39

# Kapitola 1

## Úvod

Bakalářská práce *Applikace pro výpočet výkonnéostních charakteristik letounů General Aviation*<sup>1</sup> je dílo prezentované v závěru studia bakalářského oboru Profesionální pilot vyučovaného na Fakultě dopravní ČVUT v Praze. Primární částí celé práce je tvorba pomocného výukového software pro využití v provozu letecké školy a sekundární část, čili tato publikace, představuje vypracování dokumentace pro průběh návrhu, implementace a testování této aplikace.

Vzhledem k mezinárodnímu prostředí v letecké škole a letectví jako takovém je předmětný software realizován v anglickém jazyce a s lokalizací do českého jazyka počítáno není. Ukázky z uživatelského prostředí prezentované aplikace, či výpisy zdrojového kódu jsou tedy z tohoto důvodu uvedeny v anglickém jazyce.

Publikace je strukturována chronologicky dle postupu autora od seznámení se s legislativou, tématikou výkonnosti a analýzou současných metod a nástrojů pro výpočty výkonnosti. Následující kapitoly se věnují prezentaci požadavků a implementaci samotné aplikace. Realizace aplikace je členěna na dvě dílčí části dle rozdělení na tvorbu uživatelského prostředí (front-end) a část s metodami pro výpočty a převody spolu s regresní analýzou (back-end).

Po implementační části následuje kapitola věnovaná uživatelskému testování mezi žáky a instruktory letecké školy a vyhodnocení získané zpětné vazby. V návaznosti na provedené testování jsou pak závěrečné části práce věnovány celkovému zhodnocení výsledku bakalářské práce, jejím nedostatkům a případnému budoucímu rozvoji.

### 1.1 Motivace

Analýza výkonnosti spolu s výpočty hmotnosti a vyvážení utváří jeden z pilířů předletové přípravy a velkou měrou se podílí na bezpečnosti už od počátku každého letu. Velitel letadla je za správnost těchto údajů přímo odpovědný a případná pochybení, či nedbalost mohou velice snadno vyústit v nehodu. Je tedy důležité výše zmíněné úkony provádět s poctivostí a nepodceňovat za žádných okolností i v případě „malého“ všeobecného létání.

V dnešní době soustředěně na časovou a ekonomickou efektivitu, se stále více spoláháme na elektronická zařízení, která nám usnadňují práci. V průběhu let byla tato zařízení vyvinuta na takovou úroveň, kdy umožňují integraci dříve složitých, oddělených systému a mnohdy je též plně nahrazují. Příkladem v letectví může být filozofie *Paperless Cockpit*, kdy dochází k eliminaci tištěných podob manuálů, příruček a dalších dokumentů na palubě letadla. Reakcí leteckého světa na takový vývoj je snaha o sjednocení a normalizaci elektronických zařízení. Za tímto účelem, tak vznikají ucelené publikace, které definují názvosloví a požadavky v tomto rychle se měnícím odvětví.

Rozšíření těchto systémů do kokpitů především dopravních letounů znamená nutnost se s takovými platformami naučit efektivně pracovat, tak aby přinášely skutečný pokrok

<sup>1</sup> Běžně užíváný termín označující všeobecné letectví.

a užitek. Je zřejmé, že především mladší generace letců s přechodem k elektronickým zařízením příliš závažné problémy mít nebude. Ostatně je v nadsázce často označována jako generace „*digitálních pilotů*“, nebo anglicky „*Children of the magenta line*“ v referenci na v navigaci stále častější využití **GNSS**. Tato zdánlivá výhoda mladých začínajících letců však neznamená, že je zbytečné se s podobnými systémy setkávat již během praktického výcviku.

Autor této studentské práce je žákem letecké školy, která mimo jiné vyniká začleněním pokročilých elektronických, především webových aplikací do provozu společnosti. Letecká škola F AIR, sídlící na letišti v Benešově, je tedy příkladem moderního přístupu k výuce létání, což je patrné i z letadlového parku.

Společnost se prezentuje na vizuálně propracovaném webu<sup>1</sup>, který slouží také pro přístup do rezervačního a administrativního systému *Flynet*, portálu *E-learning* a *E-exam* a k nástrojům pro briefing letu. Další užitečné řešení je systém pro tracking letounů z flotily letecké školy a možnost následného vyhodnocení trajektorie. Výčet uzavírá v současnosti (květen 2019), již do provozu nasazený systém elektronického deníku žáka, který tak plně nahrazuje do nedávna používanou tištěnou papírovou podobu. Toto řešení je integrované do systému *Flynet*.

Vzhledem k pozitivnímu autorovu názoru na celkovou funkci výše zmíněných systémů letecké školy, byla možnost podílet se na rozvíjení dalších pomůcek pro výcvik i vzhledem k možnosti výběru tématu dle vlastního uvážení skvělou příležitostí, jak využít znalosti nabité během studia a výcviku při práci na projektu s praktickým přínosem.

Tématem projektu se vzhledem k zájmům autora bez delšího přemýšlení stalo zavedení výukového software, který dle vzoru z komerční letecké dopravy umožní provádět výpočty výkonnosti při předletové přípravě takřka na „jedno kliknutí“.

1.2 Cíle

Cílem práce je, jak již z názvu vyplývá, realizace elektronické aplikace dle požadavků letecké školy, leteckých přepisů a příslušných manuálů pro vývoj takové aplikace. Výsledný produkt by měl představovat uživatelsky přívětivý systém, který by v případě úspěšné prezentace a pozitivních výsledků uživatelského testování byl přijat a zařazen do běžného provozu letecké školy.

Konkrétním záměrem projektu je systém, který minimálně ve svém začátku nebude plně nahrazovat papírovou podobu letových manuálů, myšleno tedy části obsahující data pro výpočty výkonnosti. Takový systém, který by plné nahrazení umožňoval by totiž dle předpisů pro provoz letadel musel již od počátku provozu striktně vyhovovat všem pravidlům a doporučením pro tzv. *elektronické letové aktovky* – EFB. Vzhledem k volnému přístupu k takovým pravidlům a manuálům by ale aplikace měla být s ohledem na možné budoucí použití jako EFB vyvinuta tak, aby v největší možné míře odpovídala příslušným nařízením a doporučením již v podobě prezentované v této práci. Použito, tak bude zejména publikace ICAO Doc 10020 – *Manual of Electronic Flight Bags (EFBs)*, annexů ICAO, Evropských regulací obsahujících případné specifické požadavky EU, či nezávazných materiálů uveřejňovaných od EASA.

Dalším z cílů práce je systém již od počátku vyvíjet modulárně s ohledem na možné modifikace a rozšíření. Příkladem takového rozšíření je například začlenění výpočtu hmotnosti a vyvážení, které bylo do designu aplikace zahrnuto na základě konzultací s vedoucím práce, avšak v písemné části práce bude zmíněno pouze okrajově.

---

<sup>1</sup> <https://www.f-air.cz>

## Kapitola 2

### Výkonnostní charakteristiky letounů

Tato kapitola slouží jako úvod do problematiky výkonnostních charakteristik. Její obsah by měl přiblížit teoretické základy a také uplatňující se předpisy a nařízení jak na mezinárodní (světové) úrovni, tak i v regionu Evropské unie. I čtenář, který se jinak letecké tématice příliš nevěnuje, by tak na konci této kapitoly měl mít přehled dostatečný na to, aby pro něj byly navazující části práce bez problému srozumitelné.

Letectví je odvětví, ve kterém je jako málokde jinde tolik pozornosti věnováno bezpečnosti. I vzhledem ke značnému zájmu veřejnosti vyskytujícímu se při téměř libovolné události týkající se leteckého provozu je však takový přístup pochopitelný.

Častým předmětem diskuze je rizikovost jednotlivých fází letu, kdy je za kritickou fazí označováno přistání spolu s podobně hodnoceným vzletem. Takový závěr je téměř v souladu s definicí, kterou uvádí nařízení Komise Evropské unie č. 965/2012, regulující letový provoz, známé též jako EASA AIR OPS. Toto nařízení uvádí: „*Kritickou fazí letu se v případě letounů rozumí rozjezd, dráha letu při vzletu, konečné přiblížení, nezdařené přiblížení, přistání, včetně dojezdu a všechny ostatní fáze letu podle rozhodnutí velícího pilota nebo velitele letadla*“. Nařízení dále uvádí definici pro vrtulníky, která do kritické fáze zahrnuje i pojízdění a visení. Je tedy důležité myslet na všechna specifika uvažovaného provozu. V práci se, ale dále budeme zabývat výhradně malými letouny všeobecného letectví a jejich naležícími předpisy. [1]

Výše zmíněná fáze vzletu a přistání je dílkou součásti analýzy a výpočtů výkonnosti, kterou se tato práce zabývá. Pokud uvážíme zmíněnou rizikovost je zřejmé, že je nutné se na potlačení těchto rizik zaměřit při stanovení vhodných pravidel.

#### 2.1 Letecké předpisy, nařízení a definice

Definice a předpisy zaměřené na ukotvení jednotlivých odvětví letectví, včetně zmíněných fází letu zajišťují organizace k tomu pověřené.

##### 2.1.1 ICAO

Mezinárodní organizace pro civilní letectví je mezivládní organizace přidružená pod Organizaci spojených národů – OSN. Zřízena byla na základě Chicágské úmluvy o mezinárodním civilním letectví v prosinci roku 1944. V současné době zastřešuje spolupráci se všemi 193 státy OSN a zřízenými pracovními skupinami. [2]

Založení této organizace za účelem sjednocení leteckých pravidel má jednoduché opodstatnění. Létání je aktivita, při které je běžné překonávat velké vzdálenosti a tedy i hranice států a kontinentů. Je tedy vhodné definovat sjednocená pravidla pokrývající co největší oblast, tak aby mohl být letecký provoz definovaný ve všech zemích podobně, byl přehledný a bezpečný.

Tato pravidla mají v případě ICAO podobu *annexů* (příloh) k Mezinárodní úmluvě o civilním letectví a dokumentů (ICAO Docs), které však samy o sobě nejsou závazné a přestavují spíše poradní materiál s doporučeními oficiálně označovaný jako SARP – Standardy a doporučené postupy. [2]

## **■ 2.1.2 EASA**

Dne 28. 9. 2003 byla nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1592/2002 přijata společná pravidla v oblasti civilního letectví a Článkem 12 tohoto nařízení zřízena Evropská agentura pro bezpečnost letectví – EASA. EASA je nápadnou Evropské komisi při přípravě opatření, která mají být přijata pro provedení nařízení č. 1592/2002. Sídlem EASA je od 3. listopadu 2004 Kolín nad Rýnem. V současné době má EASA 32 členských států: 28 zemí Evropské unie a dále Švýcarsko, Norsko, Island a Lichtenštejnsko. Vrcholným představitelem organizace je výkonný ředitel EASA. [3]

Mezi konkrétní činnosti agentury patří především dohled nad implementací a dodržováním legislativních požadavků ve členských státech. Dále pak certifikace letadel, pohoných jednotek a dohled nad výrobci a organizacemi pro údržbu. EASA od svého začlenění přijala několik rozšíření kompetencí. První rozšíření (Nařízením (ES) č. 216/2008) se týkalo oblasti způsobilosti leteckého personálu a leteckého provozu. V souvislosti s tím došlo i ke změně struktury prováděcích pravidel související s náručem regulovaných oblastí. Toto nařízení nahradilo nařízení zmíněné v předchozím odstavci. Druhé rozšíření pokrývá oblasti (nařízením (ES) č. 1108/2009) uspořádání letového provozu, letových navigačních služeb a letišť. [3]

Z hlediska tvorby Evropské legislativy pro letectví rozlišujeme tři subjekty: Evropský parlament, Evropskou komisi a výkonného ředitele EASA. Nejprve je vydáno nařízení Evropského parlamentu, k němuž jsou prostřednictvím Evropské komise zveřejněna konkrétní prováděcí pravidla – Implementing rules (IR). Po vyhlášení v Úředním listu EU je nařízení závazné ve všech svých částech a bezprostředně použitelné (tj. přímo aplikovatelné) v každém členském státě – tzv. *Hard Law*. Nařízení má aplikační přednost před národními právními předpisy. [3]

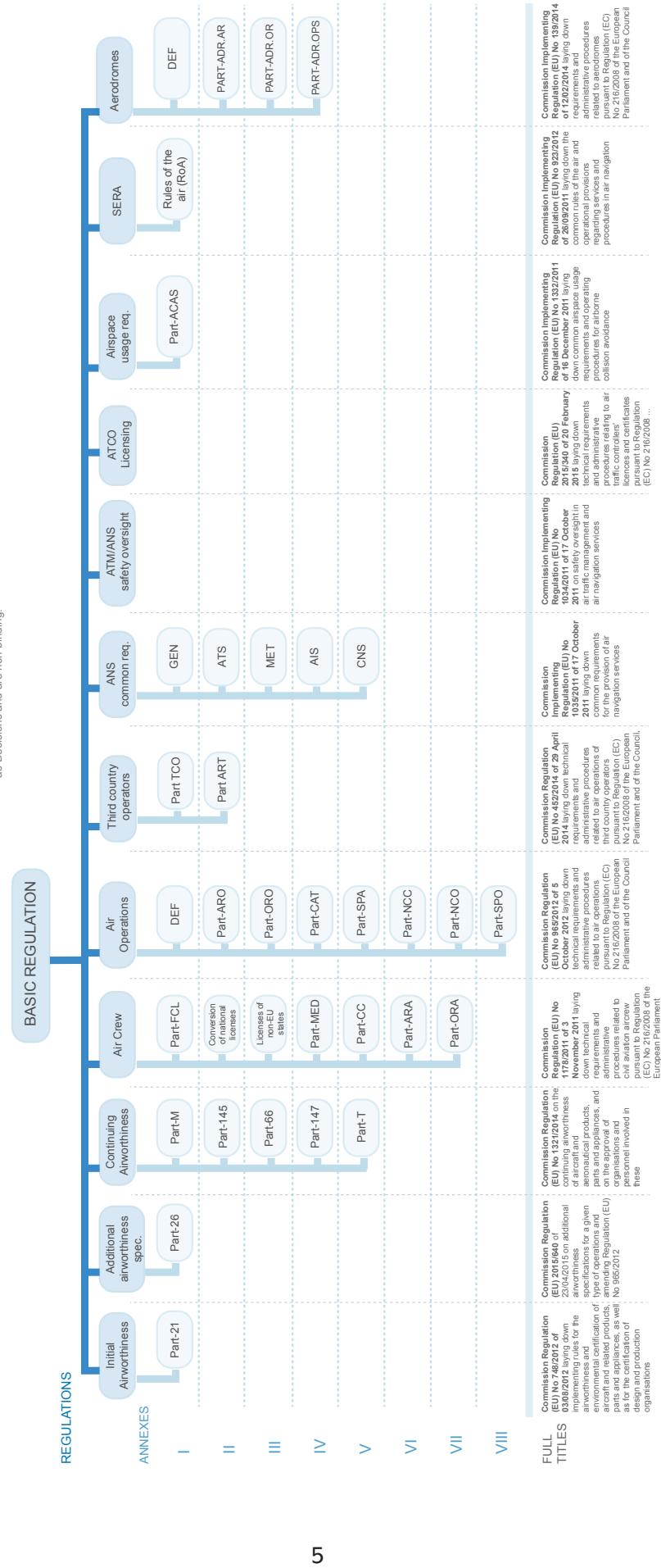
Výkonným ředitelem EASA jsou uveřejňovány přijatelné způsoby průkazu AMC, výkladové materiály GM a certifikační specifikace CS. Tyto materiály již nemají závazný charakter – tzv. *Soft Law* a představují souhrn pravidel sloužící ke snadnější orientaci v požadavcích. [3]

Náhled na strukturu legislativy nabízí infografika 2.1. Na jejím samotném vrcholu si všimněme Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/1139. Tento dokument, známý též jako *Základní nařízení* (Basic regulation) o společných pravidlech v oblasti civilního letectví a o zřízení Agentury Evropské unie pro bezpečnost letectví nahradil předchozí Nařízení (ES) č. 216/2008. Nařízení uvádí: „*Hlavním cílem tohoto nařízení je dosažení a udržení vysoké a jednotné úrovně bezpečnosti civilního letectví v Unii.*“ [4]

Mezi další cíle patří například:

- Přispívat k širší politice a výkonnosti civilního letectví v Unii.
- Za účelem konkurenceschopnosti usnadnit volný pohyb zboží, osob, služeb a kapitálu a zajistit rovné podmínky.
- Přispívat k vysoké a jednotné úrovni ochrany životního prostředí.
- Podporovat výzkum a inovace, mimo jiné i v rámci procesů regulace, osvědčování a dozoru.
- Návázat spolupráci s třetími zeměmi a jejich leteckými úřady.
- Podporovat důvěru cestujících v bezpečné civilní letectví. [4]

Regulations Structure



**Obrázek 2.1.** Schéma evropské legislativy a základních dokumentů EASA [5]

### **■ 2.1.3 EASA AIR OPS**

Nyní se opět zaměřme na schéma 2.1, konkrétně na opticky nejobsáhlejší část „Air Operations“. Jedná se o nařízení Komise (EU) č. 965/2012<sup>1</sup>, o kterém jsme se již krátce zmínilí v úvodu kapitoly 2. Toto nařízení stanovuje technické požadavky a správní postupy týkající se letového provozu podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 216/2008. Konkrétně nařízení uvádí podrobná pravidla pro provoz letounů a vrtulníků v obchodní letecké dopravě (CAT) a provoz se zvláštním oprávněním (SPA). [1]

Častým, avšak chybáním předpokladem je, že se AIR OPS nevztahují na neobchodní provoz. Toto byla pravda pouze na přechodné období před uveřejněním pozměňovacího nařízení Komise (EU) č. 800/2013. Tímto krokem se požadavky AIR OPS rozšiřují o podrobná pravidla pro neobchodní provoz a podmínky a postupy pro prohlášení provozovatelů zabývajících se neobchodním provozem složitých motorových letadel (NCC) a letadel jiných než složitých motorových letadel (NCO). Začlenění pravidel pro zvláštní provoz letounů, vrtulníků, balonů a kluzáků (SPO) do AIR OPS přineslo nařízení Komise (EU) č. 379/2014. [1]

AIR OPS jsou vzhledem k rozsáhlé působnosti nařízením se značnou důležitostí a orientace v tomto nařízení by tak měla být samozřejmostí každého zodpovědného letce. Při vypracování této studentské práce tedy na toto nařízení bude kláden velký důraz.

Klíčové je vzhledem k několika skutečnostem:

- Určuje pravidla podle složitosti letadla.
- Uvádí kategorizaci letounů dle výkonného tříd.
- Dále určuje pravidla dle jednotlivých druhů provozu.
- Definuje pravidla pro vážení a výpočty hmotnosti a vyvážení.
- Určuje požadavky na výkonnost letounů v jednotlivých fázích letu. [1]

### **■ 2.1.4 Letadlo a letoun**

Pro základní orientaci v předpisech a nařízeních je nutné si ujasnit, jakými létajícími prostředky se budeme zabývat. Definic můžeme čerpat například z Annex 2 – Pravidla létání, či Annex 6 – Provoz letadel.

- **Letadlo** (Aircraft) – je zařízení schopné vyvazovat síly nesoucí jej v atmosféře z reakcí vzduchu, které nejsou reakcemi vůči zemskému povrchu. [6]
- **Letoun** (Aeroplane) – je letadlo těžší než vzduch s pohonem, vyvazující vztlak za letu hlavně z aerodynamických sil na plochách, které za daných podmínek letu zůstávají vůči letadlu nepohyblivé. [6]

Jak je již uvedeno v titulku této práce, zabývat se budeme výkonnémi charakteristikami **letounů**. Pro letecký výcvik jsou používány právě výhradně leteouny a definice dalších létajících prostředků tedy není třeba uvádět.

<sup>1</sup> Oficiálně označované IR-OPS, v práci dále jako AIR OPS dle terminologie užívané v materiálech EASA.

## ■ 2.1.5 Druhy provozu

AIR OPS svá pravidla kategorizují mimo jiné dle charakteru prováděných letů.

- Obchodním provozem je jakýkoliv provoz letadla za úplatu nebo jinou protihodnotu, jenž je přístupný veřejnosti, nebo pokud není přístupný veřejnosti, jenž je prováděn na základě smlouvy mezi provozovatelem a zákazníkem, přičemž zákazník nemá nad provozovatelem kontrolu. [1]
- Provozem v obchodní letecké dopravě (CAT) je provoz letadel pro přepravu cestujících, nákladu nebo pošty za úplatu nebo jiné hodnotné protiplnění. [1]
- Zvláštním obchodním provozem je jakýkoliv provoz mimo obchodní leteckou dopravu, kdy je letadlo použito pro zvláštní činnost, jako je zemědělství, výstavba, snímkování, průzkum, pozorování a hlídkování a letecká reklama. [1]
- Neobchodním provozem rozumíme jakýkoliv provoz nespadající pod definici obchodního provozu. [1]

## ■ 2.1.6 Složité motorové letadlo

Za účelem stanovení vhodných pravidel pro provoz letounů jednoduchých, a oproti tomu letounů značně odlišných svou komplexností a velikostí byla zavedena klasifikace na složitý a nesložitý letoun. Tuto definici stanovuje Nařízení (ES) č. 216/2008, na které nutno referovat i přes platnost nového Základního Nařízení 2018/1139.

Složitým rozumíme letoun:

- S maximální certifikovanou vzletovou hmotností vyšší než 5 700 kg nebo
- s osvědčením pro maximální počet sedadel pro cestující vyšší než devatenáct nebo
- s osvědčením pro provoz s posádkou složenou nejméně ze dvou pilotů nebo
- vybavený proudovým motorem, či proudovými motory nebo více než jedním turbo-vrtulovým motorem.

Nesložitým je letoun nespadající do této definice. [7]

## ■ 2.1.7 Výkonnostní třídy letounů

V rámci analýzy výkonnosti je třeba rozlišovat tři kategorie, tak jak jsou definovány v AIR OPS:

- Letouny třídy výkonnosti **A** se rozumějí vícemotorové letouny poháněné turbovrtulovými motory s MOPSC větší než 9 nebo s maximální vzletovou hmotností větší než 5 700 kg a dále všechny vícemotorové proudové letouny. [1]
- Letouny třídy výkonnosti **B** se rozumějí letouny poháněné vrtulovými motory s MOPSC 9 nebo méně a maximální vzletovou hmotností 5 700 kg nebo méně. [1]

- Letouny třídy výkonnosti **C** se rozumějí letouny poháněné pístovými motory s MOPSC větší než 9 nebo s maximální vzletovou hmotností větší než 5 700 kg. [1]

## **2.2 Působnost AIR OPS v provozu F AIR**

Je zřejmé, že společnost F AIR jakožto provozovatel letadel podléhá regulaci AIR OPS. Pro správnou implementaci všech pravidel a nařízení do zamýšleného softwarového nástroje, je nutné uvažovat správný druh provozu a k němu se uplatňující pravidla dle AIR OPS. V této kapitole budou shrnuta aplikující se části nařízení dle určeného druhu provozu a typů provozovaných letounů.

### **2.2.1 Klasifikace výcvikových letounů**

Z hlediska složitosti a výkonného tříd letounů používaných v F AIR je nejjednodušší nejdříve určit provozovaný letoun s nejvyššími specifikacemi. Společnost F AIR provozuje letoun Piper Seneca, což je jednopilotní dvoumotorový vrtulový letoun s pístovými motory, MOPSC rovné pěti a MTOW 2 155 kg (7 750 lb).

Pokud tedy nyní chceme určit správné části AIR OPS, které se aplikují na lety s tímto letounem, musíme shrnout poznatky uvedené výše. Charakter letů v rámci praktického výcviku i přezkušování se řídí pravidly pro nekomerční provoz. Samotný let totiž není proveden za úplatu. Jedná se tedy o nekomerční provoz s letouny a pokud porovnáme specifikaci pro nás „kritického letounu“ s definicemi uvedenými v kapitole 2.1.6 a 2.1.7, dojdeme k závěru, že je tento typ klasifikován jako nesložitý letoun výkonné kategorie B. Do této „nejnižší“ klasifikace spadají i ostatní letouny ve flotile. Ze znalostí požadavků na výcvik mimo jiné výplývá, že jiný než nesložitý letoun pro výcvikové lety užit není. Na výcvikový provoz všech letounů v ATO F AIR, se tedy aplikují AIR OPS v části NCO – nekomerční provoz jiných než složitých motorových letadel a dále případná specifika pro výkonné třídu **B**.

### **2.2.2 Druhy provozu v F AIR**

Výcvikové lety na letounech tedy, jak jsme si uvedli, spadají pod druh provozu NCO. Dalším typem provozu, který je v F AIR aplikován je SPO – zvláštní provoz. V souladu s AIR OPS Úřad pro civilní letectví (**ÚCL**) České republiky potvrdil přijetí prohlášení pro tyto činnosti v rámci provozu SPO:

- reklamní lety
- hlídkové, pozorovací, měřící a kontrolní lety
- lety pro letecké snímkování

Vyvíjená aplikace je určena pro použití v rámci výcviku, tedy musí respektovat požadavky části NCO. Dále se tak budeme zabývat pouze tímto druhem provozu.

## ■ 2.3 Základní pojmy pro výpočty výkonnosti

Problematika výkonnostní letadel je jedním z nejdůležitějších oborů letectví. Pro její pochopení je třeba základních znalostí aerodynamiky, hmotnosti a vyvážení a také například designu letišť a postupů pro přístrojové létání – konstrukce letových cest a zajištění rozstupu od překážek.

### ■ 2.3.1 Prvky dráhových systémů

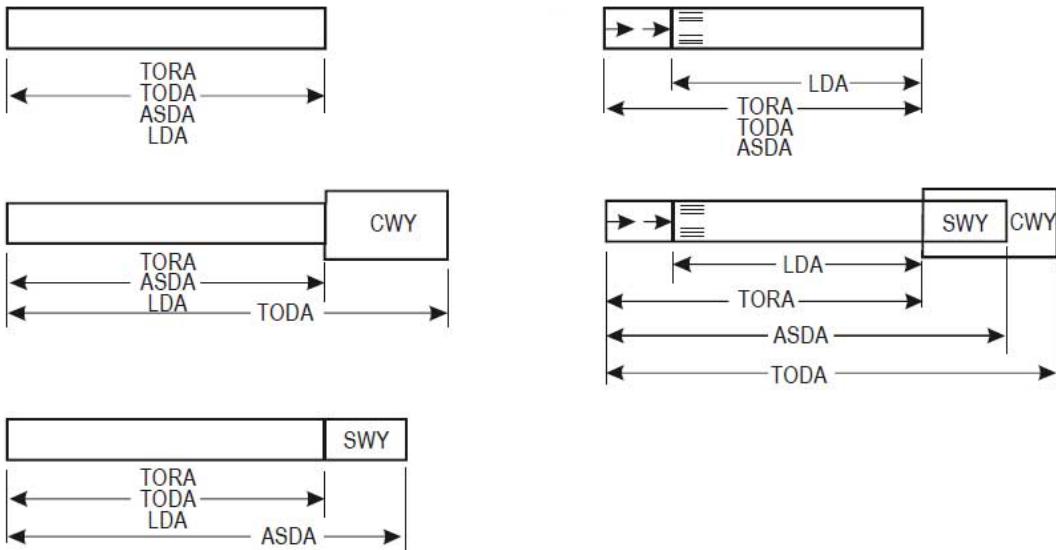
Z předpisu L14 – letiště, můžeme čerpat definic pro jednotlivé prvky konstrukce dráhových systémů.

- Dráha **RWY** – vymezená pravoúhlá plocha na pozemním letišti upravená pro přistání a vzlety letadel. [8]
- Práh dráhy **THR** – začátek té části **RWY**, která je použitelná pro přistání. [8]
- Předpolí **CWY** – pravoúhlá plocha na zemi nebo na vodě, vymezená pod dohledem ÚCL, vybraná nebo upravená jako použitelná plocha, nad níž může letoun provést část svého počátečního stoupání do předepsané výšky. [8]
- Dojezdová dráha **SWY** – vymezená pravoúhlá plocha na zemi navazující na konec použitelné délky rozjezdu upravená tak, aby na ní mohlo letadlo zastavit při přerušeném vzletu. [8]
- Posunutý práh dráhy **DTHR** – práh umístěný jinde než na začátku **RWY**. [8]

### ■ 2.3.2 Vyhlášené délky

Délky dráhových systémů jsou pro analýzu výkonnosti klíčové, jejich definice opět uvádí předpis L14. Názorně jsou vyhlášené délky pro dráhovou analýzu vyobrazeny na obrázku 2.2.

- Použitelná délka rozjezdu **TORA** – délka **RWY**, která je vyhlášená za použitelnou a vhodnou pro rozjezd letounu při vzletu. [8]
- Použitelná délka vzletu **TODA** – použitelná délka rozjezdu zvětšená o délku předpolí, pokud je zřízeno. [8]
- Použitelná délka přerušeného vzletu **ASDA** – použitelná délka rozjezdu zvětšená o délku dojezdové dráhy, pokud je zřízena. [8]
- Použitelná délka přistání **LDA** – délka **RWY**, která je vyhlášena za použitelnou a vhodnou pro dosednutí a dojezd přistávajícího letounu. [8]



**Obrázek 2.2.** Vyhlášené délky pro vzlet a přistání – operace zleva doprava. [8]

## 2.4 Analýza výkonnosti dle fází letu

V kapitole jsou přiblíženy definice a požadavky dílčích částí analýzy výkonnosti. Použito je především AIR OPS, části NCO. V ustanoveních „Výkonnost letadla a provozní omezení“ pro NCO, AIR OPS uvádí: „*V každé fázi provozu musí naložení, hmotnost a poloha těžiště letadla (s výjimkou balonů), vyhovovat všem omezením stanoveným v letové příručce letadla (AFM) nebo v rovnocenném dokumentu.*“ [1]

Obecná ustanovení pro výkonnost dále uvádějí: „*Velící pilot smí provozovat letadlo jen tehdy, pokud je výkonnost letadla přiměřená pro dodržení příslušných pravidel létání a jakýchkoli jiných omezení týkajících se letu, vzdušného prostoru nebo používaných letišť nebo provozních míst, přičemž vezme v úvahu přesnost všech používaných map.*“ [1]

### 2.4.1 Vzletová výkonnost

Délka vzletu je vzdálenost od bodu uvolnění brzd do bodu, kdy letadlo dosáhne předepsané výšky 50 ft. Musí být prokázáno, že skutečná délka vzletu nepřesáhne použitelnou délku vzletu TODA. Délka rozjezdu, tedy část délky vzletu, kdy letoun akceleruje na dráze pro dosažení rychlosti, kdy dochází k odpoutání, nesmí přesáhnout použitelnou délku rozjezdu TORA. Část NCO.POL dále nespecifikuje další požadavky, tedy například ke skutečné délce rozjezdu a vzletu připočítat bezpečnostní přídavky, tak jako je tomu u kategorie B provozované v obchodní letecké dopravě. [1, 9]

### 2.4.2 Výkonnost na trati

Po ukončení fáze vzletu je nutné zajistit výkonnost pro stoupání, tedy stoupavost a související gradient stoupání. Tato fáze nepodléhá specifickým nárokům ze strany AIR OPS, ale je zásadní pro dodržování publikovaných tratí a bezpečný odstup od překážek. [1, 9]

Další charakteristiky, které jsou důležité především pro plánování letu jsou spotřeba paliva, specifický dolet, celkový dolet a vytrvalost. Pro účely navigačních výpočtů je dále nutné znát pravou vzdušnou rychlosť TAS.

## **2.4.3 Výkonnost pro přistání**

Délka přistání je délka měřená od přeletu bodu v definované výšce (screen height) do doteku a úplného zastavení. Počítáno je s výškou přistání z 50 ft. Je to minimální výška, kterou musí mít letoun na prahem dráhy. AIR OPS opět nedefinují přídavky pro délku přistání, tedy letoun musí v rámci provozu NCO přeletět práh dráhy minimálně v 50 ft a přistávací manévr ukončit zastavením v mezi použitelné délky přistání LDA. [1, 9]

## 2.5 Faktory ovlivňující výkonnost

Výkonnost letounu je závislá na mnoha faktorech, které se týkají vnitřního prostředí, tedy atmosféry a fyzikálních vlastností dráhy nebo samotného letounu v podobě jiné konfigurace či hmotnosti letounu.

## 2.5.1 Hustota vzduchu

Hustota negativně ovlivňuje výkon pohonné jednotky, protože nižší obsah kyslíku (méně molekul) v jednotce objemu vzduchu způsobuje horší spalování směsi ve spalovací komoře. Dalším efektem je snížené obtékání nosných ploch a tedy nižší vztlak. [10]

## 2.5.2 Teplota vzduchu

Teplota je faktorem, který může být velice proměnlivý a je tedy velice důležité dbát na její, převážně negativní vliv. Vysoká teplota způsobuje rozpínání plynů, tedy i vzduchu a snižuje tak jeho hustotu se všemi následky zmíněnými výše. [10]

**2.5.3** Vítr

Vítr ovlivňuje parametry, které se týkají pohybu letounu relativně k zemi. Charakteristiky vztažené k zemskému povrchu jsou délky přistání a vzletu a také gradient stoupání vůči zemi (flight path gradient) důležitý pro odstup od překážek. Vzhledem k proměnlivosti větru je dle všech předpisů a certifikací pro výpočet výkonnosti na vzletu a přistání uvažováno maximálně 50% hlášené složky čelního větru (headwind – HW) a pro složku zadního větru (tailwind – TW) je nutné uvažovat 150% hlášeného větru. [10]

## **2.5.4 Povrch a stav RWY**

Většina dat pro výkonnost publikovaných v příručkách je počítána pro zpevněné dráhy a pro provoz na travnatých površích je nutné aplikovat koeficienty, které degradují výkonnostní charakteristiky. Nezpevněný, většinou travnatý povrch dráhy totiž snižeje koeficient tření mezi kolem a povrchem, což má negativní vliv na brzdný účinek. Vysoká tráva působí značný odpor pohybu letounu a působí tak brzdným účinem, ale snížená efektivita brzd letounu stále převažuje. Podobný efekt jako tráva má také povrch s hustým kontaminantem jako je bláto, sníh nebo břečka a tedy zvětšují potřebné délky. Tyto kontaminanty spolu se stojatou vodou také mohou při překročení určité rychlosti zůsabit úplnou ztrátu kontaktu pláště s povrchem, kdy je účinek brzd nulový – aquaplaning. [10]

## **2.5.5 Sklon RWY**

Pro dosažení rychlosti potřebné pro vzlet je nutné dostatečné akcelerace. Vzlet na stoupající RWY tak má za následek nižší akceleraci neboť část tahu a tady síly způsobující zrychlení působí proti tíze letounu. Je tedy nutné aplikovat publikované koeficienty

pro korekci a zvýšení potřebné délky vzletu. Při vzletu ze svažující se RWY fakticky dochází ke zkrácení potřebných vzdáleností, avšak pokud není faktorizace obsažena v certifikované příručce, není možné délky nijak zkracovat. [10]

## **2.5.6 Hmotnost letounu**

Hmotnost (tíha) letounu působí proti složce vztlaku a při jejím zvýšení tak zvyšuje též potřebný vztlak. Vyššího vztlaku je většinou dosaženo vyšším úhlem náběhu nebo mechanizací letounu (klapky), které zvyšují odpor a degradují výkonnostní charakteristiky.

## **2.5.7 Konfigurace letounu**

Mechanizace křídla sloužící pro snížení potřebných rychlostí při vzletu či přistání (nižší pádová rychlosť) způsobují vyšší odpor letounu a zhorsují výkonnost. Stejně se na výkonnosti projevuje také vysunutý podvozek. [10]

## **2.6 Letová příručka letadla**

Pokud uvážíme předchozí poznatky o vlivu různých faktorů na výkonnost letounu je jasné, že mimo jiné musí být stanoveno, jak velký vliv na konkrétní typ letounu mají. Za tímto účelem má každý certifikovaný letoun svou letovou příručku (AFM) obsahující data a informace pro bezpečný provoz a především pro tuto práci zásadní informace o výkonnosti.

Letový manuál je úzce spojený s certifikátem o letové způsobilosti a jako takový obsahuje omezení a další přesně definované informace. U určitých typů letounů se můžeme setkat s označením POH, tedy Provozní příručka pilota, která obsahuje část s certifikovaným AFM a dodatečné informace jako elektrická nebo hydraulická schémata a další pro samotný let již nezásadní data. S POH se můžeme setkat například u výcvikových letounů Cessna. V úvodu takové příručky však musí být informace, že je její součástí také certifikované AFM. [11–12]

Typická struktura AFM se skládá z devíti sekcí: Obecné informace, Provozní omezení, Nouzové postupy, Normální postupy, Výkonnost, Hmotnost a vývážení + seznam vybavení, Popis systémů, Handling + Servis + Údržba a také Dodatky (suplementy). V případě, že je výrobcem publikována revize AFM či došlo k modifikaci letounu, je provozovatel zodpovědný za aktualizaci AFM konkrétního letounu a vložení případných dodatků. [11, 13]

Pokud se zaměříme na Annex 8 a požadavky na informace o výkonnosti, tento dokument uvádí, že publikovaná data musí zajistit dostatek informací pro bezpečný provoz letounu v rámci provozních podmínek a omezení. Je navíc důležité, aby pro dosažení publikovaných hodnot výkonnostních charakteristik nebylo zapotřebí nadprůměrných schopností posádky. [11]

## Kapitola 3

### Metody a nástroje pro výpočet výkonnosti

Existuje několik přístupů jak v letových příručkách prezentovat data určující výkonnost pro jednotlivé fáze letu. S postupem času byly navíc, především v komerční dopravě, zavedeny elektronické systémy pro výpočet výkonnosti.

#### 3.1 Standardní metody dle AFM

Data publikovaná v tištěných příručkách mají společný jmenovatel a to potřebu manuálních výpočtů či vynášení čar, které velice ovlivňují přesnost výsledné výkonnostní charakteristiky. Je tak nutné dbát pokynů pro tyto metody a výpočty provádět pečlivě. I malá odchylka na začátku výpočtu může způsobnit značně zkreslený či dokonce úplně nepoužitelný výsledek. [13]

##### 3.1.1 Grafy

Graficky prezentovaná data obsahují jednoduché grafy závislostí veličin, či složené rozsáhlé grafy. Tyto na první pohled komplikované grafy se odborně nazývají nomogramy a pro účely rozmanitých výpočtů byly využívány již od počátku vývoje výpočetních nástrojů. Příkladem těchto analogových pomůcek mohou být již téměr nepoužívaná logaritmická pravítka. Nomogramy užívané v letecké technice jsou v podstatě soustavou několika provázaných graficky prezentovaných funkcí. Příklad nomogramu pro vzletové charakteristiky jednomotorového (SEP) letounu je uveden na obrázku 3.1. [13]

Pro tento nomogram můžeme psát rovnici o několika funkciích přestavujících vstupní veličiny ovlivňující výkonnost.

$$f(t) + g(p) + h(m) + i(w) = j(TOR)$$

*t ... teplota*

*p ... tlaková výška*

*m ... hmotnost*

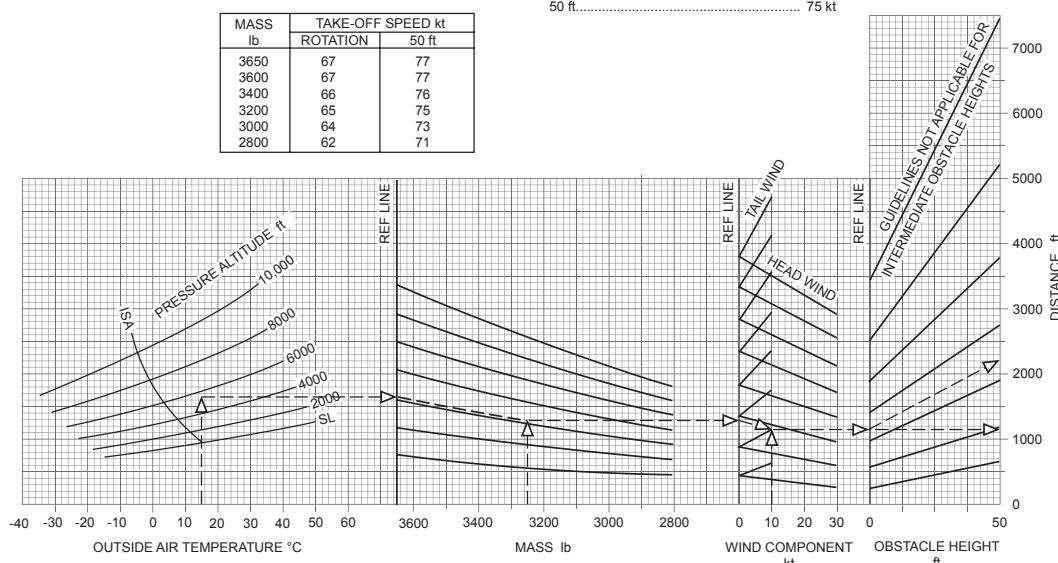
*w ... vítr*

*TOR ... délka rozjezdu*

Nevýhodou této analogové početní pomůcky je chyba způsobená například poškozením či špatnou kvalitou tištěného nomogramu. Značnou chybu také může vnášet nepřesnost při interpolaci linií. Výstup této metody je tak velice závislý na zručnosti uživatele.

ASSOCIATED CONDITIONS	
POWER.....	TAKE-OFF POWER SET BEFORE BRAKE RELEASE
MIXTURE.....	FULL RICH
FLAPS.....	APPROACH
LANDING GEAR.....	RETRACT AFTER POSITIVE CLIMB ESTABLISHED
COWL FLAPS.....	OPEN
RUNWAY.....	PAVED, LEVEL, DRY SURFACE

EXAMPLE	
OAT.....	15°C
PRESSURE ALTITUDE.....	5653 ft
TAKE-OFF MASS.....	3250 lb
HEAD WIND COMPONENT.....	10 kt



**Obrázek 3.1.** Nomogram vzletové výkonnosti pro SEP letoun [14]

## 3.1.2 Tabulky

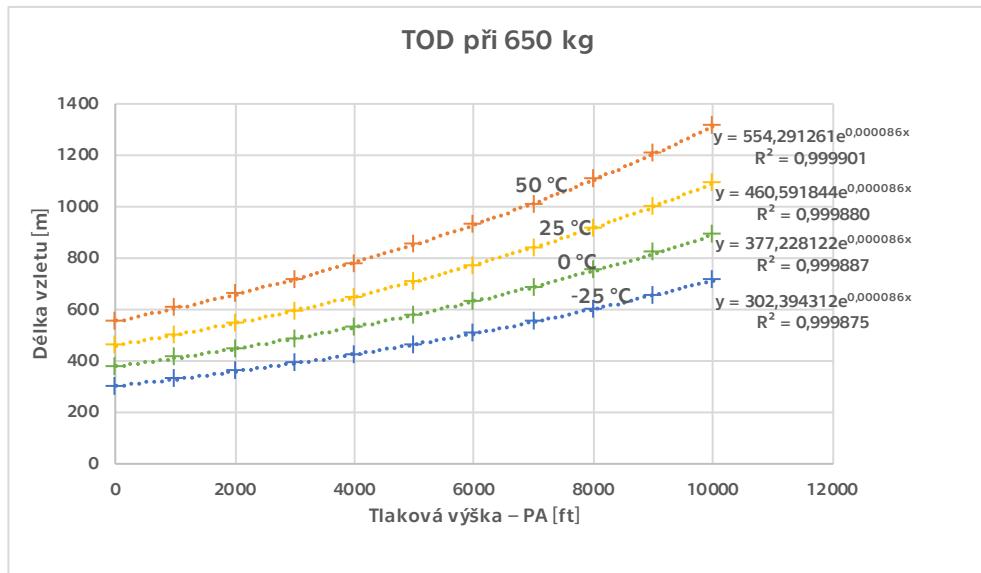
Modernějším přístupem je publikování již předpočítaných tabulovaných hodnot výkonnostních charakteristik. Tato data jsou v AFM publikována pro několik vybraných hodnot vstupních veličin typicky ohraničených provozním rozsahem letounu. Výhodou metody je poměrně rychlý zběžný přehled o výkonnosti letounu. Nevýhodou je pro přesnější výsledky nutná často nekolikanásobná interpolace mezi hodnotami. Tuto interpolaci je možné provést pomocí mentálního výpočtu, či s využitím kalkulátoru. Takové operace jsou však poměrně časově náročné a určité typy grafů z důvodu nonlinearity interpolaci ani nepřipouští. Některá data k interpolaci nejsou vhodná, například hodnoty pro výkonnost v cestovním režimu, které jsou publikovány pro určitý režim s otáčkami vrtule (RPM) a plnícím tlakem (MAP), viz 3.1. Příklad již vhodných tabulovaných hodnot pro interpolaci je uveden v tabulce 3.2 a mírná nonlinearity těchto hodnot prezentována vykreslením v grafu a proložením exponenciální funkcí na obrázku 3.2. Graf vykresluje hodnoty pro délku vzletu (TOD – at 50 ft AGL) pro čtyři publikované teploty. [13]

Performance Data for Cessna 172N at 100% Power										
Flight Condition		ISA - 30°C (-21°C)			ISA (9°C)			ISA + 30°C (39°C)		
RPM*	MAP [inHg]	PWR	KTAS	F.C.** [lt/hr]	PWR	TCAS	F.C.** [lt/hr]	PWR	KTAS	F.C.** [lt/hr]
2388	26.4	92%	141	25.7	87%	143	24.3	83%	144	23.1
2250	26.4	89%	139	25	85%	141	23.6	80%	143	22.4
2250	26	85%	137	23.9	81%	138	22.6	77%	140	21.5
2250	24	72%	128	20	68%	129	18.9	64%	130	18
2250	22	57%	116	16	54%	117	15.1	51%	118	14.3

**Tabuľka 3.1.** Hodnoty výkonnosti v cestovnom režime letounu P2006T – data z: [15]

<u>Weight = 650 kg</u>	<u>Flaps: T/O</u>	<u>Speed at Lift-Off = 50 KIAS</u>	<u>Speed Over 50ft Obstacle = 61 KIAS</u>	<u>Throttle Levers: Full Forward</u>	<u>Runway: Grass</u>	<u>Corrections</u>	
						<b>Headwind: - 5 m for each kt (16 ft/kt)</b>	
						<b>Tailwind: + 15 m for each kt (49 ft/kt)</b>	
						<b>Paved Runway: - 10% to Ground Roll</b>	
						<b>Runway slope: + 7% to Ground Roll for each +1%</b>	
Pressure Altitude [ft]			Distance [m]				
			Temperature [°C]				ISA
			-25	0	25	50	
S.L.	Ground Roll	144	182	224	272	<b>207</b>	
	At 50 ft AGL	304	379	463	557	<b>428</b>	
1000	Ground Roll	157	198	245	297	<b>222</b>	
	At 50 ft AGL	330	412	503	605	<b>458</b>	
2000	Ground Roll	172	216	267	324	<b>238</b>	
	At 50 ft AGL	359	448	547	658	<b>490</b>	
3000	Ground Roll	188	236	292	354	<b>256</b>	
	At 50 ft AGL	391	487	595	717	<b>525</b>	
4000	Ground Roll	205	258	319	387	<b>275</b>	
	At 50 ft AGL	425	530	648	780	<b>562</b>	
5000	Ground Roll	224	283	349	423	<b>295</b>	
	At 50 ft AGL	463	578	706	850	<b>603</b>	
6000	Ground Roll	246	309	381	463	<b>318</b>	
	At 50 ft AGL	505	630	770	927	<b>646</b>	
7000	Ground Roll	269	339	418	507	<b>342</b>	
	At 50 ft AGL	551	687	840	1011	<b>693</b>	
8000	Ground Roll	295	371	458	555	<b>368</b>	
	At 50 ft AGL	601	750	917	1104	<b>744</b>	
9000	Ground Roll	323	407	502	609	<b>397</b>	
	At 50 ft AGL	657	819	1002	1205	<b>800</b>	
10000	Ground Roll	354	446	551	668	<b>428</b>	
	At 50 ft AGL	718	895	1095	1318	<b>859</b>	

**Tabuľka 3.2.** Tabuľované hodnoty vzletové výkonnosti letounu P2008JC – data z: [16]



**Obrázek 3.2.** Závislost délky vzletu na tlakové výšce letounu P2008JC – data z: [16]

## **3.2 Softwarové nástroje**

Elektronická zařízení mají nespočet využití a postupem času tak začala nahrazovat původní metody a tištěné manuály s grafy a tabulkami. V komerční dopravě jsou taková řešení často vyvíjena již výrobcem letounu. Rozšíření tabletů a dalších snadno dostupných platform však tyto vymoženosti přinesly i do všeobecného sportovního letectví.

### **3.2.1 Elektronická letová aktovka**

Vzhledem k rychlému vývoji elektronických zařízení a jejich poměrně značnému vlivu na provoz letounů bylo zavedeno několik definic a pravidel. AIR OPS uvádí: *Elektronickou letovou aktovkou (electronic flight bag, EFB) se rozumí elektronický informační systém sestávající z vybavení a aplikací pro letovou posádku, jenž umožňuje uchovávat, aktualizovat, zobrazovat a zpracovávat funkce EFB na podporu letového provozu či letové služby.* Tyto systémy mohou být přenosné, či instalované, kdy jsou již součástí certifikované přístrojové výbavy letounu. [1]

Dále je definován pojem EFB aplikace: *Aplikací EFB se rozumí softwarová aplikace, která je nainstalována na hostingové platformě EFB, jež zastává jednu nebo více specifických provozních funkcí, jež podporují letový provoz.* EFB aplikace jsou dále děleny na tři typy. Aplikace typu A jsou ty, u kterých nesprávná činnost nebo nesprávné použití nemají žádné dopady na bezpečnost letu, například digitalizované letové manuály. Tyto aplikace nesmí sloužit jako náhrada tištěných verzí. U typu B je již nesprávná činnost považována jako nezávažný poruchový stav. Tyto aplikaci už mohou nahrazovat tištěné manuály a sloužit pro výpočty výkonnosti nebo hmotnosti a vyvážení. Typ C již umožňuje zobrazovat polohu vlastního letounu na mapových podkladech a dále zahrnuje všechny funkce typu A a také typu B. [1, 17]

Veškerá elektronická zařízení, která nejsou součástí přístrojového vybavení letounu jsou dle AIR OPS klasifikována jako přenosná elektronická zařízení (PED). Mezi tato zařízení tedy patří i přenosné EFB. Nejmodernější letouny jsou již od prvního návrhu určené pro provoz s elektronickými aktovkami. Airbus A380 nebo A330 umožňuje konfiguraci s instalovaným EFB, které poskytuje mimo jiné výpočty výkonnosti. Takové EFB je již propojené se systémy letounu, a umožňuje tak výměnu dat například s FMC. Ještě modernější letoun A350 oproti tomu využívá konfiguraci, kdy je součástí přístrojové výbavy pouze palubní informační systém (OIS), zobrazující standardní a nouzové postupy, checklisty a dále například provozní letový plán. Pro účely výpočtu výkonnosti a dalších úkonů je v kokpitu již od výroby příprava pro instalaci přenosného EFB, viz obrázek 3.3. [1, 18–19]

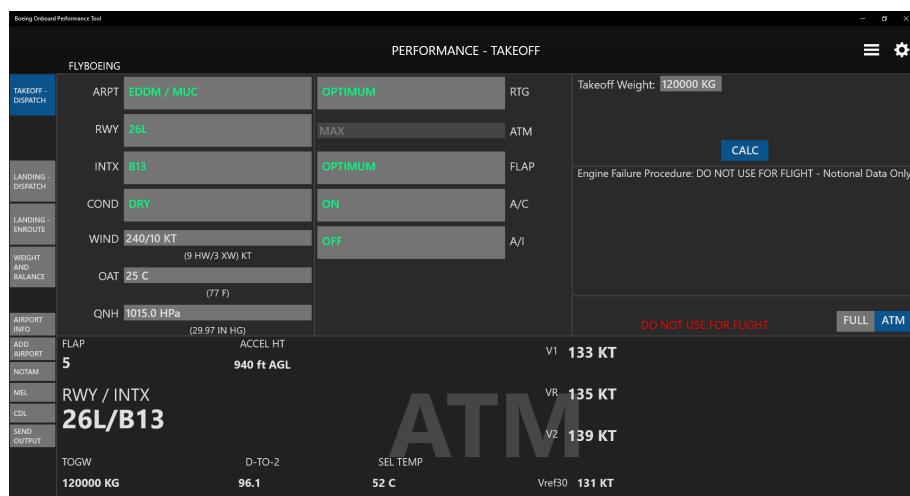


**Obrázek 3.3.** EFB na platformě Thales v kokpitu letounu Airbus A350 (v pozadí OIS) [18]

### **3.2.2 Systémy v komerční letecké dopravě**

Velké dopravní letouny jsou systémy EFB vybaveny již od výroby, nebo jimi mohou být dovybaveny. Elektronické aplikace pro výpočet výkonnosti jsou většinou vyvíjeny přímo výrobcem letounu, respektive jeho divizí, která se zaměřuje na vývoj software řešení pro konkrétní typy letounů. Takové systémy jsou buďto již součástí typové certifikace letounu, či podléhají dodatečnému schválení pro provoz dle požadavků konkrétních autorit.

- **Boeing OPT** je řešení vyvíjené pro letouny tohoto výrobce. O implementaci se stará dceřinná společnost Jeppesen, která tuto aplikaci pro přenosná zařízení poskytuje ve verzi pro iOS či pro systém Windows, viz [3.4]. Aplikace je též na určitých typech letounů Boeing součástí instalovaného EFB. Tento nástroj je vzhledem k rozšíření letounů Boeing velice často používaný a v rámci EASA byl publikovanými dokumenty vyhodnocen pro provoz dle AIR OPS [20]. Zajímavostí může být, že dle této zprávy neplní všechny požadavky na EFB (ošetření neaktuální databáze), což zpráva doporučuje řešit vhodnými SOP provozovatele. [21]



**Obrázek 3.4.** EFB aplikace Boeing OPT pro Windows [22]

- **Flysmart+** je softwarové řešení určené pro letouny spadající pod výrobce Airbus. Toto EFB řešení je distribuováno a vyvíjeno společností NAVBLUE. Podobně jako Boeing OPT je dostupné pro systémy iOS a Windows. Podobnost je možné spatřit také v uživatelském prostředí aplikace. Toto je způsobeno snahou výrobců o podobné vizuální zpracování a ovládání, jako má přístrojové vybavení samotného letounu a jeho glass cockpit displejů. Flysmart+ oproti řešení Boeingu nabízí také integraci dalších systémů, jako jsou nouzové a standardní postupy či komunikace s operačním střediskem dopravce. Tyto funkce jsou implementovány na základě zakázky mezi dopravcem a společností NAVBLUE, která spadá pod samotný Airbus. Uživatelské rozhraní je prezentováno na obrázku 3.5. [23]

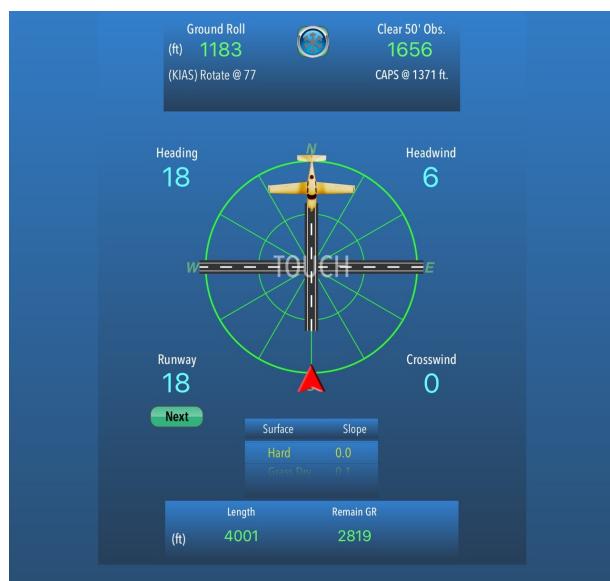


**Obrázek 3.5.** EFB aplikace Airbus Flysmart+ [23]

### **■ 3.2.3 Systémy pro všeobecné letectví**

Všeobecné letectví je poměrně široký pojem a může zahrnovat i velké letouny užívané pro létání za podnikáním. Tyto letouny již často mají výrobcem poskytované elektronické systémy jako je EFB. V této části jsou prezentována dvě řešení vývojářů aplikací pro sportovní letouny, která jsou veřejně k dispozici na portálech s aplikacemi pro mobilní zařízení.

- **ProFlight** je zdarma dostupná aplikace pro systém iOS. Je tedy možné ji užívat na mobilních zařízeních iPad a iPhone. Nabízí možnost stáhnutí aktuálních povětrnostních podmínek a automatické vyhodnocení pro výběr nevhodnější RWY. Negativem aplikace je však poměrně zastaralé uživatelské rozhraní 3.6 a varianty aplikace jen pro letoun Cessna 172 a sportovní letouny Cirrus. Recenze uvádějí problémy se stabilitou aplikace a nefunkčním stahováním informací o počasí. [24]



**Obrázek 3.6.** Aplikace ProFlite [24]

- **Gyronimo** je placená aplikace výhradně pro platformu iPad. Oproti výše zmíněnému řešení ProFlite nabízí varianty pro mnohem více typů letounů a také kvalitnější zpracování uživatelského prostředí. Každý specifický letoun je nutno zakoupit a nainstalovat jako samostatnou aplikaci. Nabízené letouny jsou dle webových stránek různé typy výrobce Cessna, Piper, Cirrus a dalších. Společnost se pak výrazněji orientuje na vrtulníky a celosvětově poskytuje profesionální řešení pro různé druhy operací. Využití nalézá v extrémních podmírkách, jako jsou například lety do základního tábora Mt. Everest, kde jsou vzhledem k řídkému vzduchu zvýšené nároky na důkladnou analýzu výkonnosti. [25]

Hodnocení uvedená na portálu App Store jsou převážně kladná, jedinou výraznější výtkou je nepřesné zadávání konkrétních vstupních hodnot pomocí posuvníku. Podstatnou celkovou nevýhodou je však kompatibilita pouze s tablety iPad a také cenová hladina okolo 20 \$ a více. V případě zakázkového vývoje dle specifických požadavků provozovatele by náklady byly jistě mnohem vyšší. [25]

Společnost Gyronomo byla během vývoje aplikace kontaktována pro získání doplňujících informací a případných poznatků využitelných v této práci. V odpovědi nebyly z komerčních důvodů uvedeny žádné hodnotné informace pro vývoj zamýšlené aplikace a bylo pouze informováno o zanedlouho dostupné nové aplikaci **Flight Pad**, která již bude zahrnovat i letouny výrobce Tecnam. Komunikace se společností je k dispozici v příloze B.



**Obrázek 3.7.** Aplikace Gyronimo [25]

## Kapitola 4

### Realizace aplikace

Tato kapitola popisuje samotný návrh a implementaci aplikace dle požadavků ATO F AIR a příslušných předpisů a nařízení. Vzhledem k faktu, že se autor práce nepovažuje za odborníka na vývoj software, je kapitola psána velice obecně a nemá představovat ideální postup řešení, který by naopak použil v oboru zkušený jedinec. Samotné dělení na Front-end a Back-end je použito pro zjednodušení orientace v postupu řešení, neboť se správně z hlediska terminologie v informatice celá práce zabýva pouze částí Front-end, tedy veškerý chod aplikace probíhá u uživatele bez jakékoliv interakce se serverem.

#### 4.1 Požadavky na aplikaci

Abychom mohli dosáhnout výsledků zmíněných v kapitole 1.2 je nutné určit konkrétní požadavky na funkci aplikace. Na základě konzultací s vedoucím práce v rámci ATO F AIR i osobních poznatků byly určeny tyto požadavky:

- Přesné a rychlé výpočty
- Spojité zadávání vstupních veličin
- Soulad s leteckými předpisy
- Respektování SOP a OM
- Export výsledků
- Předvolby konfigurací
- Multiplatformní funkčnost
- Spolehlivost
- Udržitelnost a aktuálnost
- Uživatelská přívětivost
- Příjemný grafický design
- Rozšiřitelnost o nové funkcionality

Zcela všechny uvedené požadavky nespĺňuje ani jedna aplikace pro malé letouny uvedená v kapitole 3.2.3. Pro jejich splnení je tak nutné použít vhodné technologie a poučit se z nedostatků popisovaných aplikací.

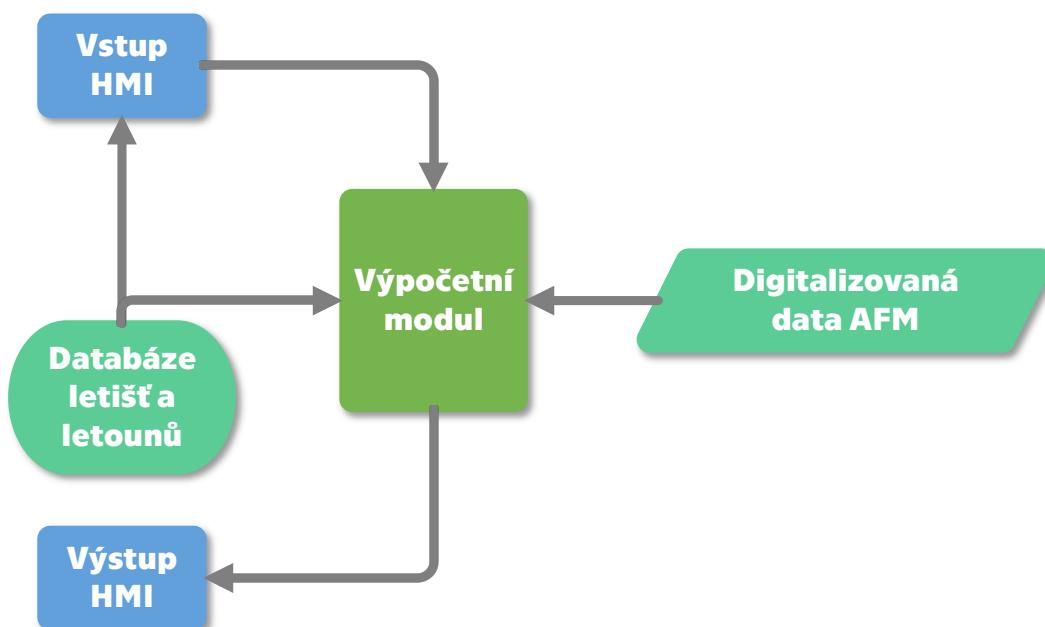
#### 4.2 Architektura aplikace

Každý software musí mít definovaný rámec nebo filozofii, kterou je nahlíženo na celkovou stavbu aplikace, tedy architekturu. Pro tyto účely je vhodné využívat již existující příručky a návody. Vzhledem k určení vyvíjeného nástroje je nejvhodnější příručkou ICAO Doc 10020 – *Manual of Electronic Flight Bags (EFBs)*. Tato příručka obsahuje soubor základních požadavků a postupů pro elektronické letové aktovky a jejich vývoj. Vzhledem k tomu, že se jedná o materiály sestavované odborníky, je příručka logicky

strukturovaná a ve své podstatě zrcadlí zvyklosti a postupy pro vývoj obecného software. Pro vývoj předmětné aplikace je tak ideálním zdrojem informací i přes fakt, že jako oficiální EFB vyvíjena není.

Nejdůležitější sekcí příručky pro tyto účely je příloha A, obsahující informace poradenského rázu týkající se přímo aplikací pro výpočet výkonnosti nebo hmotnosti a vyvážení. Uvádí členění architektury aplikace a funkci jednotlivých modulů. Pro účely vyvíjené aplikace bylo vyváženo upravené schéma dle této příručky. Prezentováno je na obrázku 4.1.

Schéma uvádí pět základních částí. Vstup rozhraní člověk–stroj (HMI) představuje uživatelem navolené vstupní hodnoty pro zamýšlený výpočet. Pro tento blok je již nutné získat data z databáze letišť, dostupných typů letounů a jejich konkrétních registrací tak, aby si uživatel mohl zvolit požadovanou RWY a svůj letoun. Dále je nutné definovat meteorologické podmínky. Následný proces představuje výpočet ve výpočetním modulu do kterého vstupují uživatelské hodnoty spolu s hodnotami z databáze letišť a letounů a pomocí dat z AFM pro daný typ letounu (transformovaných do rovnic) je proveden samotný výpočet a případné korekce opět dle digitalizovaného AFM. Výsledek kalkulace je pro zobrazení odeslán do HMI, kde je prezentován číselně a případně i graficky (GUI) v podobě grafu nebo jiného prvku. [17]



**Obrázek 4.1.** Architektura aplikace pro výkonnost dle EFB příručky

## 4.3 Volba technologií

Abychom splnili funkční požadavky z kapitoly 4.1, je již od začátku vývoje nutné pracovat se správnými technologiemi a postupy. Vybrat můžeme z několika možností, jak celou aplikaci pojmut a tedy zhodnotit, která je pro vývoj předmětné aplikace nevhodnější. Pro rychlý přehled je k dispozici infografika 4.2.

### 4.3.1 Excel

První uvažovanou technologií je tvorba makra v nástroji Microsoft Excel. Taková řešení pro výpočty jsou nazývány Excel spreadsheet. Jde v podstatě o list s tabulkami na které

jsou aplikovány rovnice a funkce obsažené v balíku Excel. Při správném přístupu a jisté důvěře programování s jazykem Visual Basic takto lze řešit i poměrně složité úlohy. Nevýhodou programu Excel však je špatná podpora na mobilních zařízeních. Uživatelské prostředí Excel totiž není na dotykové obrazovky s malou úhlopříčkou vhodné a možné jsou i problémy s kompatibilitou. Podstatným problémem by také byla distribuce a aktualizace takového řešení. Soubor by musel být publikován online a průběžně aktualizován s tím, že by byl uživatel nucen kontrolovat verzi, kterou by měl uloženou na svém zařízení.

## **4.3.2 Nativní aplikace**

Pokročilejší technologií jsou nativní aplikace, které jsou využívány na mobilních zařízeních i desktop počítačích. Nativní aplikace již umožňují pohodlné ovládání na dotykovém displeji, avšak pokud by bylo požadováno tuto mobilní verzi aplikace spustit také na počítači, vyskytl by se problém s kompatibilitou. Aplikace by tak musela být vyvinuta pro všechny platformy zvláště, což je časově i finančně náročné. Možné využití emulace mobilní verze na desktop zařízeních je nespolehlivé, navíc ovládání verze pro dotyková zařízení na nedotykových obrazovkách není příliš pohodlné. Publikování mobilních verzí aplikací je spojeno s portály k tomu určenými. Uveřejnění je vázáno složitým schválováním ze strany Google a především Apple a také nutností mít vývojářský účet, což je spojeno s poplatky. V případě publikování aplikace jako veřejné jsou poplatky nižší, oproti tomu pokud bychom chtěli aplikaci zpřístupnit jen určité skupině (zaměstnancům, klientům), je v případě aplikace pro Apple zařízení nutné vlastnit účet *Enterprise*, který je spojen s vysokými ročními poplatky, viz tabulka 4.1. [26]

### 4.3.3 Progresivní webová aplikace

Alternativním přístupem k vývoji nativních aplikací jsou aplikace webové, na které je v poslední době soustředěna velká pozornost. Díky využití technologií jako je HTML<sub>5</sub> a CSS je zajištěn téměř identicky vzhled a ovládání na všech platformách. Webovou aplikací je například také rezervační systém *Flynet*, který provozuje společnost F AIR. Takový přístup zajišťuje aktuálnost dat, protože jsou neustále vyzvedávána ze serveru. Zřejmou nevýhodou klasického webu je nutnost internetové konektivity. Pokud by tedy zařízení uživatele s jakémokoliv důvodem přešlo do offline režimu, byla by aplikace paralyzována.

Tuto vlastnost webových aplikací je možno ošetřit novými trendy, které se na poli webových technologií v posledních letech objevily. Od roku 2015 je společností Google definován pojem Progresivní webová aplikace – **PWA**. Tato technologie do webových aplikací vnáší vlastnosti nativních řešení, při zachování všech výhod webu. Při vývoji aplikace tedy byla využita tato technologie a další nástavby uvedené dále. [26–27]

- **PWA** je jak již bylo uvedeno technologie rozšiřující obyčejné webové aplikace. Tato rozšíření spočívají v nových funkcích webových prohlížečů, jako jsou service workers [4.5.1] a webové aplikační manifesty [4.5.2], které aplikaci přidávají funkce typické pro běžná nativní řešení. Vývojáři Google, kteří tyto metodologie vývoje softwaru zavádějí uvádí několik vlastností PWA: takové aplikace jsou progresivní, tedy fungují všem uživatelům na všech zařízeních, responzivní, jelikož je zobrazení stránky uzpůsobeno různým zařízením a dále také nezávislé na připojení k internetu díky využití service workers. Takové aplikace jsou též instalovatelné a je možné je spouštět z domovské stránky tak, jako nativní aplikace stažené z portálu App Store či Google Play. [26–28]

- **Vue.js** je framework (aplikáční rámec), který slouží k zaobalení celého vývoje aplikace. Pro vývoj aplikace je to velice důležitý prvek, protože k funkcím značkovacího jazyka jako je HTML přidává prvky logiky a rozhodovacích mechanismů díky zakomponování jazyka JavaScript, jak už napovídá název tohoto frameworku. [29]
- **Vuetify** je nástavba na framework Vue.js. Pro vývoj uživatelského prostředí je to důležitý zdroj komponent jako jsou tlačítka, textboxy, tabulky a podobné části aplikace, které zajišťují správné HMI. Jedná se tedy v podstatě o knihovnu jednotlivých prvků se kterými uživatel aplikace pracuje. Součástí každého prvku je také podrobná dokumentace a příklady užití i se zdrojovými kódy. Je tedy možné postupovat metodou analogie, která mnohdy šetří čas. [30]
- **Material design** je grafický koncept společnosti Google uplatňující se od roku 2014. Cílem je sjednocení a zpřehlednění webu jako takového. Material design má působit přirozeně a poskytovat rovnováhu mezi funkčností a vizuálním dojmem. Jednotlivé prvky uživatelského prostředí mají fungovat podobně jako list papíru, který je možno překládat, různě tvarovat a také vrhá stín. Na základě těchto podobností je pak pro uživatele práce s takovým prostředím příjemná a působí přirozeně. Dnes se s tímto grafickým konceptem již na webu můžeme setkat bežně, ať už se jedná o mailového klienta, zpravodajské portály nebo sociální síť. Od svého uvedení se totiž stal internetovým standardem. Komponenty z knihovny Vuetify využité pro stavbu uživatelského prostředí tento standard samozřejmě využívají. [31]



**Excel script spreadsheet**

- stávající řešení pro výpočet hmotnosti a vyvážení
- špatná podpora na mobilních zařízeních
- téměř nemožná správa a distribuce aktualizací



**Nativní mobilní aplikace**

- spolehlivé řešení a přehledné uživatelské prostředí
- složitá a nákladná distribuce
- problematická emulace pro desktop zařízení



**Progresivní webová aplikace**

- multiplatformní se vzhledem nativní aplikace
- offline funkčnost a snadná distribuce
- relativně nová a neověřená technologie

**Obrázek 4.2.** Přehled základních technologií

	Google Play	App Store
Veřejný účet	25 \$	99 \$ / rok
Korporátní účet	25 \$	299 \$ / rok

**Tabulka 4.1.** Přehled poplatků za vývojářský účet pro distribuci aplikací. [32–33]

## 4.4 Front-end

Tato část práce popisuje provedený návrh a realizaci všech prvků uživatelského uživatelského prostředí aplikace. Jedná se o prvky se kterými uživatel přímo pracuje, tedy rozhraní člověk–stroj (HMI).

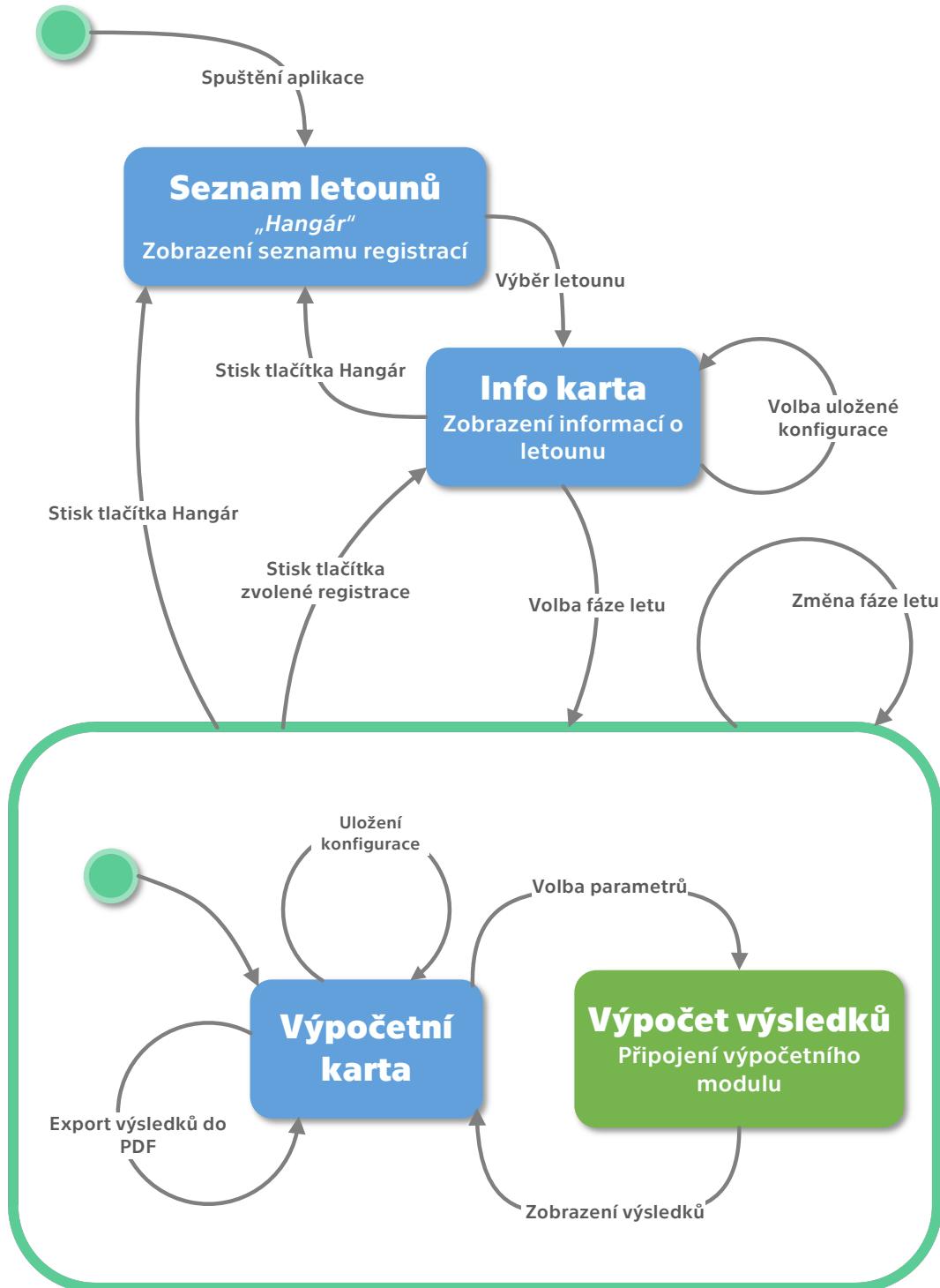
#### **4.4.1 Uživatelské rozhraní**

Pro aplikaci byl ve fázi návrhu vytvořen vývojový diagram, který znázorňuje běh aplikace a průchod uživatelem, uveden je na obrázku 4.3. Po načtení aplikace je uživateli předloženo menu se seznamem výrobců. Po výběru výrobce jsou z databáze načteny registrace všech uložených letounů, dle pořadí jaké mají v systému *Flynet*. Poté co si uživatel vybere konkrétní registraci, je uživatelské prostřední přepnuto na kartu „Info“. Na této kartě je načtena ilustrační fotografie daného typu letounu a zobrazena jsou data náležící dotyčné registraci. Registrace vybraného letounu je po celou dobu běhu aplikace indikována v horním pásu karet uprostřed. Při kliku na tento nápis, je aplikace z kterékoliv části aplikace vždy přepnuta zpět na kartu „Info“. Na této kartě je dále vypsán typ letounu. Mezi zobrazované informace patří MTOW, BEW a další hmotnosti vhodné pro daný typ letounu. Dále je uveden typ vrtule a určení letounu, tedy zda je certifikovaný a vybavený pro provoz za pravidel IFR, VFR nebo také VFR noc. Uvedeno je též sériové číslo letounu.

Ve spodním pásu karet je nabízeno několik položek pro volbu fáze letu. Po výběru fáze je prostředí přepnuto na kartu s výpočty, ve které musí být dle typu výkonnostní charakteristiky navoleny vstupní údaje jako je vzletová hmotnost **TOW**, přistávací hmotnost **LW** a nebo celková hmotnost letounu **GW**, která se používá pro účely výpočtů výkonnosti na trati. Dále uživatel musí navolit v případě vzletu, či přistání dráhu v užívání a také stav této dráhy pro aplikování správných faktorů.

Po zadání dalších případných informací o aktuálním větru, teplotě a tlaku v podobě QNH je proveden výpočet a výsledky jsou prezentovány v sekci „Summary“. U vzletových a přistávacích charakteristik je výsledek zobrazen i v podobě jednoduchého grafu, ve kterém je možné vizuálně porovnat použitelné délky dráhového systému a výsledné potřebné délky.

Důležitou součástí uživatelského prostředí je červené tlačítko „Plus“, které otevře jednoduché menu pro přepínání vzhledu prostředí a dále také export výsledků, či přístup ke kartě se stručnými dodatečnými informacemi jako je datum efektivity a případné poučky a upozornění pro správné používání aplikace. Návrat z kterékoli části aplikace do seznamu letounů je možný po kliknutí na tlačítko „Hangár“ v pravém horním rohu. Ilustrační snímky z uživatelského prostředí jsou k dispozici v příloze C.

**Obrázek 4.3.** Vývojový diagram – uživatelský průchod aplikací

#### **4.4.2 Grafický design**

Pro správnou funkci každého uživatelského prostředí je důležitý vhodný přístup ke grafickému zpracování, který zajistí snadnou orientaci a příjemnou práci s nástrojem. Základním zdrojem informací a inspirace byly především již existující systémy provozované v ATO F AIR. Zejména webové stránky, plakáty, manuály a další tiskoviny, ale například i barevná schémata letounů.

Aby byla použitá grafika kvalitní a umožňovala responzivní design, tedy provoz na zařízeních s různým rozlišením, je důležité použít vektorovou grafiku, která si při zvětšování zachovává kvalitu.

Oproti rastrové grafice, kde je obrázek popsán pomocí hodnot jednotlivých bodů (pixelů) je vektorová grafika sestavena z matematických útvarů jako jsou přímky, křivky a mnohoúhelníky. Takový zápis informace také často zabírá méně místa na úložišti, což je pro rychlé načítání aplikace důležité. Pro tvorbu ikon a dalších ilustrací bylo použito programu Adobe Illustrator 4.4 a výsledné soubory exportovány ve formátu svg.



**Obrázek 4.4.** Prostředí programu Adobe Illustrator

Vytvořena byla ikona aplikace s logem společnosti F AIR a dále prvky uživatelského prostředí pro navigaci v aplikaci. Jednotlivé části výpočtů mezi kterými se přepíná na spodní, vždy viditelné kartě, jsou znázorněny odpovídajícími obrázky. Pro fáze letu byly vytvořeny ilustrace se stylizovaným letounem Tecnam P2006T, který je vlajkovou lodí školy.



**Obrázek 4.5.** Logo



**Obrázek 4.6.** Hangár



**Obrázek 4.7.** W&B



**Obrázek 4.8.** Vzlet



**Obrázek 4.9.** En-route



**Obrázek 4.10.** Přistání

### 4.4.3 Dark mode

Tmavý režim je dnes již téměř standardní vlastnost uživatelských rozhraní. Jeho implementace uživateli umožňuje přepnutí prostřední aplikace do vzhledu s tmavšími barvami. V postatě dojde k inverzi barev, kdy bílé pozadí nahradí tmavé tóny šedé, či černá barva. Takové barevné schéma snižuje intenzitu vyzařovaného světla a tudíž méně unavuje oči a šetří baterii mobilních zařízení. Většina ploch tedy obsahuje tmavé tóny při zachování dostatečnoho kontrastu důležitého pro filozofii Material Design. K jeho implementaci bylo využito již integrovaného řešení v rámci komponent Vuetify respektující Material Design, viz zdrojový kód. Pro přepínání tmavého režimu v GUI bylo využito menu plovoucího tlačítka. Navolený stav je uložen v prohlížeči na zařízení uživatele, kde je uchován v java-scriptovém úložišti localStorage. Nastavení je tak vázáno na konkrétní zařízení. Po restartu aplikace je informace vyzvednuta z úložiště a v kódu reprezentována proměnnou *darkMode*. Tato proměnná nabývá hodnoty true (1 = režim zapnut), či false (0 = režim vypnuto). Ve zdrojovém kódu jsou dále nastaveny atributy pro konfiguraci barev. Barevné schéma přibližně odpovídá tmavému režimu, který používá Apple iOS či aplikace Messenger. Rozdíl mezi barevnými režimy je prezentován v příloze C [30, 34].

```
darkModeSwitch(darkMode) {
  this.$vuetify.theme.dark = darkMode;
  let metaThemeColor = document.querySelector("meta[name=theme-color]");
  metaThemeColor.setAttribute("content", darkMode ? "#1c1c1e" : "#FFFFFF");
  metaThemeColor = document.querySelector(
    "meta[name=apple-mobile-web-app-status-bar-style]"
  );
  metaThemeColor.setAttribute(
    "content",
    darkMode ? "black-translucent" : "default"
  );
  document.body.style.backgroundColor = darkMode ? "#1c1c1e" : "#FFFFFF";
}
```

#### **4.4.4 Export výsledků**

Jedním z nejdůležitějších funkčních požadavků na aplikaci patří implementace exportu výsledků.

Vzhledem k využití v letecké škole je předpoklad pro využití výstupu z exportu především v rámci předletové přípravy studenta – briefingu. Takovým výstupem z aplikace může být prostý text s výpisem zjištěných hodnot například v podobě jednoduchého textového souboru, který je vhodný z důvodu kompatibility a přenositelnosti. Nevýhoda takového řešení by spočívala v možné nechťené modifikaci textového souboru.

Formátem, který nelze snadno pozměnit, ale zároveň již i podle názvu splňuje kritérium přenosnosti je PDF, tedy něco s čím se v informatice setkáváme téměř denně. Pro implementaci bylo využito řešení britských vývojářů Parallax. Jejich knihovna *isPDF* pro generování PDF, je velice povedené řešení. [35]

Primární část implementace je inicializace samotné funkce pro tisk do PDF. Funkce `printPDF` přijme uživatelská vstupní data a pro výpočet a související výsledky a také konkrétní registraci letounu spolu s BEW tohoto letounu. Poté vytvoří první stránku dokumentu se stylizovaným záhlavím. Do tohoto záhlaví je vepsána registrace z parametru „plane“ a časové razítko z funkce `dateToString`, viz 4.5.10.

```
printPDF (data, plane, BEW) {
  let temp
  let newPage = false;
  let doc = new jsPDF();
  let d = new Date();
  doc.setDocumentProperties({
    title: plane + "-" + FlyCalc.dateToString(d)
  });
  doc = renderTemplate(doc, d, plane, newPage);
  let y = 45;
```

Tisk hodnot z provedených výpočtů zajišťují další bloky kódu pro obsluhu knihovny jsPDF. Důležité je tisknout jen data z karet, kde se nachází výsledky. Pokud se na kartě nějaké výsledky nachází, délka pole s uloženými výsledky je nenulová. Po splnění této podmínky jsou jednotlivé položky z pole vysázeny pomocí souřadnic x, y do PDF. Na konci funkce pro export výsledků je celý soubor PDF uložen a do jména souboru vložen název registrace konkrétního letounu spolu s časovým razítkem. Ukázka exportovaného PDF je v příloze C.

```

if (Object.keys(data.LD.results).length > 0) {
    if (newPage) {
        doc = renderTemplate(doc, d, plane, true);
    } else {
        newPage = true;
    }
    doc.setTextColor("#000000");
    doc.setFontSize(16);
    doc.setFontType("bold");
    doc.text("Landing performance", 15, y);
    doc.setFontSize(11);
    y += 8;
    temp = exportRWY(doc, y, data.LD.rwy, "LD")
    doc = temp[0]
    y = temp[1]
    temp = exportMeteo(doc, y, data.LD.meteo)
    doc = temp[0]
    y = temp[1]
    doc.setFontType("bold");
    doc.text("Summary", 20, y);
    doc.setFontType("normal");
    y += 8;
    doc.text(LD: ${data.LD.results.LD} m, 25, y);
    y += 8;
    doc.text(LR: ${data.LD.results.LR} m, 25, y);
    y = 45;
}
doc.save(plane + "-" + FlyCalc.dateToString(d) + ".pdf");
}

```

## **4.4.5 Barevné kódování**

Barevné kódování v uživatelských prostředích slouží ke zvýraznění důležitých informací a celkové lepší interakci mezi aplikací a uživatelem. Použití barev je mimo jiné definované v ICAO manuálu pro EFB. Příslušná část tohoto dokumentu uvádí doporučení pro použití barev takto: Červená barva by měla být použita pro idikaci na úrovni varování. Žlutá amber (jantarová) barva by pak měla indikovat podmínky, kdy je zapotřebí zvýšené opatrnosti. [17]

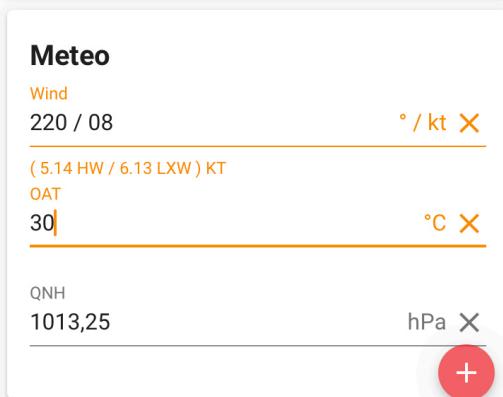
V aplikaci byly tyto poznatky začleněny do indikace překročení provozních hodnot letounů, publikovaných dat v AFM a také pro označení podmínek, které překračují povolené limity dle SOP letecké školy F AIR. Tyto přísnější limity se vztahují na sólo lety žáků. Omezují maximální teplotu OAT na nižší než  $25^{\circ}\text{C}$  a dále uvádí omezení na složky větru. Maximální čelní vítr relativně k RWY činí  $20\text{kt}$  a boční složka (crosswind) je omezena na nejvýše  $4\text{kt}$ . Tyto poznatky byly zahrnuty do barevného kódování v aplikaci. Při vložení hodnoty vyšší než je limit pro sólo lety je prvek zbarven žlutou barvou a při překročení provozních limitů letounu je použita barva červená. Překročení maximální demonstrované boční složky uvedené AFM je rovněž indikováno červenou barvou. [36]

Přiložený kód provede jednoduché porovnání spočítaných složek větru, viz 4.5.6, s odpovídajícími limity. V případě, že je detekováno překročení, nastaví u daného prvku uživatelského prostředí atribut pro příslušnou barvu. Při překročení hodnoty bočního větru  $4kt$  tedy prvek přepne do žluté barvy amber jako na obrázku 4.11 a při hodnotě bočního větru většího než  $15kt$  jej přepne do červené, jak je ukázáno na obrázku 4.12.

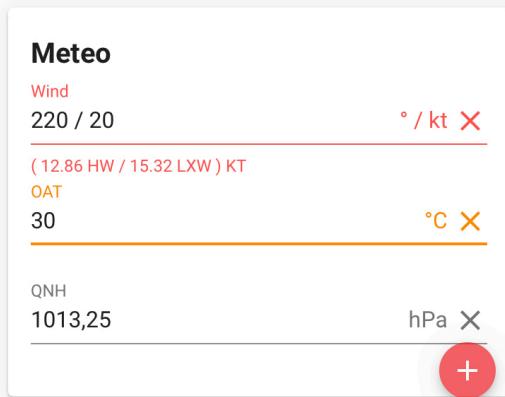
```
if (Math.abs(this.data.XW) > 15) {
    this.xWindRule = outString;
    this.windWarn = false;
} else if (
    Math.abs(this.data.XW) > 4 ||
    this.data.HW < 0 ||
    this.data.HW > 20
) {
    this.xWindRule = outString;
    this.windWarn = true;
} else {
    this.xWindRule = true;
}
```

Pro indikaci překročení limitu, kdy uživatel zadá teplotu OAT  $25^{\circ}C$  a více, je využito stejné logiky porovnání a také zobrazení, viz 4.11.

```
:error="this.data.OAT >= 25"
```



**Obrázek 4.11.** Překročení SOP limitů pro sólo lety žáků



**Obrázek 4.12.** Překročení demonstrováné složky bočního větru

## 4.5 Back-end

Druhá část implementace se zaměřuje na funkce a metody použité pro výpočty probíhající „v pozadí“ aplikace a také je popsáno zavedení všech funkcí aplikace typu PWA. V následujících částech uvedené a popsané části aplikace byly vybrány jako nejpodstatnější a nejzajímavější pro tuto práci.

### 4.5.1 Implementace PWA

Pro využití technologie PWA je nutné provést všechny úkony spojené s modifikací běžné webové aplikace na tento standard. Nejdůležitější částí implementace je generování tzv. service workers, které se starají například o funkce aplikace jako je instalace aplikace na plochu a offline režim, se kterým je spojené ukládání souborů do paměti, tzv. *cache*. Využito bylo nástroje Workbox, který poskytuje společnost Google. Konfigurace celého frameworku v souboru vue.config.js (v přiloženém zdvojovém kódu) v sobě zahrnuje deklaraci nastavení nástroje Workbox. Deklarace *GenerateSW* zajišťuje generování souboru service worker, který se vytvoří v kořenovém adresáři aplikace. Nastavení *workboxOptions* určuje, které typy souborů se budou ukládat do paměti prohlížeče (v zařízení uživatele) pro chod aplikace bez připojení k internetu. Prakticky se jedná o všechny typy souborů (databáze, ikony) vyjma těch, které si ukládá prohlížeč implicitně sám. [28]

Po implementaci je důležité otestovat, zda je aplikace v souladu s požadavky na PWA, tak aby byla plynulá, instalovatelná a také se rychle načítala. K tomu Google poskytuje nástroj Lighthouse v podobě rozšíření prohlížeče Chrome, který se spustí v okně aplikace. Výstup (hlášení) z tohoto testu je přeložen na obrázku 4.13. [37]

```
pwa: {
  name: "FlyCalc",
  themeColor: "#063761",
  msTileColor: "#063761",
  appleMobileWebAppCapable: "yes",
  appleMobileWebAppStatusBarStyle: 'default',
  workboxPluginMode: 'GenerateSW',
  workboxOptions: {
    navigateFallback: "/",
    exclude: [], include: [/^.html$/, /\.js$/, /\.css$/, /\.json$/,
    /\.*plane.png$/, /\.*share.png$/, /\.jpg$/, /\.svg$/],}}}
```

## Progressive Web App

These checks validate the aspects of a Progressive Web App. [Learn more.](#)

### Fast and reliable

- Page load is fast enough on mobile networks
- Current page responds with a 200 when offline
- start\_url responds with a 200 when offline

### Installable

- Uses HTTPS
- Registers a service worker that controls page and start\_url
- Web app manifest meets the installability requirements

### PWA Optimized

- Redirects HTTP traffic to HTTPS
- Configured for a custom splash screen
- Sets an address-bar theme color
- Content is sized correctly for the viewport
- Has a `<meta name="viewport">` tag with width or initial-scale
- Contains some content when JavaScript is not available
- Provides a valid `apple-touch-icon`

**Additional items to manually check (3)** — These checks are required by the baseline [PWA Checklist](#) but are not automatically checked by Lighthouse. They do not affect your score but it's important that you verify them manually.

## Runtime Settings

URL	<a href="https://flycalc.web.app/">https://flycalc.web.app/</a>
Fetch time	Aug 13, 2019, 8:51 PM GMT+2
Device	No emulation
Network throttling	150 ms TCP RTT, 1,638.4 Kbps throughput (Simulated)
CPU throttling	4x slowdown (Simulated)
User agent (host)	Mozilla/5.0 (Windows NT 10.0; Win64; x64) AppleWebKit/537.36 (KHTML, like Gecko) Chrome/76.0.3809.100 Safari/537.36
User agent (network)	Mozilla/5.0 (Windows NT 10.0; Win64; x64) AppleWebKit/537.36 (KHTML, like Gecko) Chrome/76.0.3809.100 Safari/537.36
CPU/Memory Power	684

**Obrázek 4.13.** Hlášení z úspěšného auditu PWA aplikace nástrojem Lighthouse [37]

## 4.5.2 Manifest

Pro správný chod aplikace a využití všech možností PWA je důležité, aby součástí kořenového adresáře byl také soubor manifest.json obsahující strukturu nejdůležitějších informací o aplikaci. Díky těmto základním informacím tak prohlížeč na uživatelském zařízení získá data potřebná ke spuštění aplikace. Pro účely offline funkčnosti aplikace je nejpodstatnější deklarace *"display": "standalone"*, která uživateli po spuštění aplikace nabídne instalaci na plochu. Součástí je také seznam ikon, které systém využije při

uložení aplikace na domovskou stránku, plochu zařízení či do záložek prohlížeče. Pro načítání aplikace je vytvořen tzv. Splashscreen, viz obrázek 4.14. [38]

```
{  
    "short_name": "FlyCalc",  
    "name": "FlyCalc",  
    "background_color": "#063761",  
    "theme_color": "#063761",  
    "start_url": "/",  
    "display": "standalone",  
    "orientation": "portrait",  
    "icons": [  
        {  
            "src": "img/icons/icon-72x72.png",  
            "sizes": "72x72",  
            "type": "image/png"  
        },  
    ]  
}
```



**Obrázek 4.14.** Načítací obrazovka (Splashscreen) aplikace

### **4.5.3 Databáze letounů**

Pro výpočet výkonnostních charakteristik konkrétního letounu je potřeba výpočetnímu modulu dodat data o dané registraci. Tato data jsou důležitá také pro uživatele, tak aby si v HMI mohl vybrat svůj letoun a získat o něm informace. Tyto údaje je nutné uchovávat na zařízení uživatele v podobě, která je programově čitelná. Pro tyto účely je možno vybírat z několika typů souborů, například CSV, které má podobu čárkami oddělených hodnot. Tento formát je však již zastaralý a pro JavaScript obtížně čitelný. Lepším řešením je tzv. JSON formát, který přímo vychází z Java-scriptového zápisu objektů. Struktura uložených dát má podobu „rodokmenu“, jak je znázorněno ve zdrojovém kódu. Nadřazená (rodič – parent) je registrace konkrétního letounu. K ní náležíci údaje (děti – children) jsou například typ letounu, vrtule, sériové číslo, prázdná hmotnost s ramenem a provozní limity letounu. Přiřazena je také ilustrační fotografie daného typu.

```
"OK-DME": {
    "plane": "P2008JC",
    "config": "GT",
    "img": "/img/planes/P2008JC.jpg",
    "info": {
        "Propeller": "GT",
        "Suited for": "VFR, VFR night",
        "Serial number": "1017"
    },
    "weight": {
        "MTOW": {
            "value": 650,
            "unit": "kg"
        },
        "BEW": {
            "value": 420,
            "unit": "kg"
        },
        "BEWarm": {
            "value": 1.8779,
            "unit": "m"
        }
    }
}
```

#### ■ 4.5.4 Databáze letišť

Pro databázi letišť (drah) bylo využito stejného zápisu a ukládání dat jako pro databázi letounů. Rodič je v tomto případě ICAO designátor letiště s označením příslušné dráhy. Tento údaj je uživateli zobrazen ve výpisu dostupných RWY ze kterých může vybírat. Další údaje jsou strukturovány jako „děti“ a obsahují údaje o vyhlášených délkách, nadmořských výškách ([ARP](#)) a směru a povrchu RWY.

```
"LKBE 06": {
    "direction": 60,
    "TORA": 730,
    "TODA": 760,
    "ASDA": 730,
    "LDA": 730,
    "THR ELEV": 1293,
    "DER ELEV": 1312,
    "AD ELEV": 1322,
    "SURFACE": "Grass"
}
```

Letiště se specifickým dráhovým systémem jako je RWY v Karlových Varech, kde je soustředěna velká část provozu [ATO](#), je v databázi vhodné doplnit také informaci o rozdílné nadmořské výšce, ze které se počítá sklon dráhy při vzletu a při přistání. Dráhový systém totiž zahrnuje také stopway.

```
"LKKV 11": {
    "direction": 110,
    "TORA": 2150,
    "TODA": 2350,
    "ASDA": 2150,
    "LDA": 2010,
    "THR ELEV": {
        "TO": 1981,
        "LD": 1988
    },
    "DER ELEV": 1985,
    "AD ELEV": 1989,
    "SURFACE": "Paved"
}
```

#### ■ 4.5.5 Výpočetní modul

Ústředním prvkem aplikace je zjištění samotné výkonnostní charakteristiky. Jedná se o nejdůležitější část aplikace, která určuje přesnost a tedy užitnost celé aplikace. Vstupními veličinami ovlivňujícími výkonnostní charakteristiky jsou atmosferický tlak reprezentovaný tlakovou výškou, teplota, hmotnost, sklon RWY, vítr a také druh a stav RWY. Tyto veličiny je nutné před aplikováním digitalizovaných dat z AFM zjistit příslušnými rovnicemi a funkcemi, které jsou popsány v následujících částech. Tato část však popisuje samotnou digitalizaci dat z AFM. Výsledkem digitalizace je rovnice o několika proměnných, které reprezentují již zmíněné vstupní veličiny. Regresní analýza a zjišťování rovnice pro výpočty výkonnosti je v kapitole prezentována na letounu Tecnam

P2008JC, který v ATO F AIR představuje typ letounu pro základní výcvik a je tedy velice vytěžovaný. Jedná se také o jednoduchý letoun bez stavitelné vrtule či nastavení směsi a z tohoto důvodu jsou i data v AFM jednoduchá a tedy pro prvotní seznámení s postupem a analýzou vhodná.

- Jak již bylo ukázáno v kapitole 3.1.2, data pro výkonné charakteristiky letounu P2008JC jsou obsažená v AFM a z většiny jsou publikována v podobě předpočítaných tabulek. Tyto tabulované hodnoty jsou tedy vhodné k interpolaci. Pro jejich vykreslení a analýzu je možné využít nástroje Microsoft Excel, který je vhodný také pro samotnou regresi.
- Regresní analýza je statistická metoda, která umožňuje zkoumat vztah mezi dvěmi proměnnými: X – nezávisle proměnná a Y – závislé proměnná. Pomáhá zjišťovat jak se mění hodnota závisle proměnné při změně jedné z nezávisle proměnných. Konečným výsledkem regresní analýzy je odhad nazývaný regresní funkce. [39]
- Pojmy ze statistiky: pro dosažení výsledků je důležité používat statistické ukazatele, které nám určí, jak moc se blížíme konečnému řešení a jak kvalitní toto řešení je. Využito je koeficientu determinace  $R^2$ , který ukazuje z jaké části regresní funkce popisuje analyzovaný systém. Tato hodnota náleží intervalu  $<0,1>$  a čím více se blíží jedné, tím přesněji regresní funkce vysvětluje systém. Podstatné pro fázi samotné regrese v nástroji Excel jsou bodové odhady, což jsou hodnoty závisle proměnné získané regresní funkcí při konkrétní hodnotě nezávislé proměnné. Pokud od tohoto odhadu odečteme hodnotu z regresovaných dat, získáme tzv. reziduum, tedy zbytek po regresi. Cílem regrese je, aby součet čtverců těchto reziduí (SSE – Sum of Square Errors) ve všech uvažovaných dostupných hodnotách nezávisle proměnné (tedy u nás počet prvků v tabulce) byl co nejnižší. [39]
- Curve-fitting je postup, kdy se snažíme dostupná data prokládat křivkou, tak aby je popisovala co nejpřesněji. Při analýze dat výkonného bylo prokládání křivkou využito pro získání prvotních odhadů pro koeficienty ve výsledné regresní funkci. Prokládání křivkou je uvedeno na obrázku 4.15 a také 4.16. Data pro celou regresní analýzu jsou v tabulkách 4.2.
- Regrese byla provedena pomocí nástroje *Solver*, který představuje rozšíření nástroje Excel, a umožňuje tak provádění pokročilejších statistických úloh. Počáteční odhady získané metodou curve-fitting byly nástroji předložené v podobě koeficientů  $a, b, c, d$ . Dle návodu obsaženého v nástroji Solver byla použita nelineární metoda regrese GRG, která je poměrně přesná a na výpočetní výkon počítače nenáročná.
- Postup byl následovný: z AFM letounu byly přepsány hodnoty pro tři publikované hmotnosti do Excel tabulek prezentované v tabulkách 4.2. Jsou to hmotnosti  $450kg$ ,  $550kg$  a  $650kg$ . Důležité je poznamenat, že v tomto popisu postupu zjišťujeme výslednou regresní rovnici pro délku vzletu TOD – at  $50 ft$  AGL, a tedy je nutné přepisovat správná data z tabulky z AFM, kde jsou kombinována i s hodnotami pro délku rozjezdu TOR.

Do Excelu nainportovaná data nyní podrobíme analýze. Začít můžeme s tabulkou pro  $650kg$ , jejíž hodnoty vykreslíme v grafu na obrázku 4.15, který již známe z kapitoly 3.1.2. V grafu vidíme, že proložená křivka (exponenciela) poměrně věrně popisuje dané průběhy, tedy  $R^2$  se blíží jedné. Z uvedených funkcí lze vyčíst, že s teplotou se výrazněji mění koeficient před exponencielou, která však s teplotou zůstává (témař) konstantní. TOD pro jednu teplotu tedy vyjadřuje následovný předpis.

$$TOD = a \times e^{b \cdot p}$$

$p$  ... tlaková výška

$a, b$  ... konstanty

Nyní si koeficienty závislé na teplotě ( $a$ ) přepíšeme do další tabulky a vykreslíme graf závislosti koeficientu na teplotě, jak je ukázáno na obrázku 4.16. Data v grafu proložíme vhodnou křivkou. Nejvyšší  $R^2$  je dosaženo při použití polynomiální rovnice. Tuto rovnici nyní můžeme dosadit do výše zmíněné rovnice, kdy nahradíme koeficient  $a$ .

$$TOD = (at^2 + bt + c)e^{d/p}$$

$p$  ... tlaková výška

$t$  ... teplota

$a, b, c, d$  ... konstanty

Tuto rovnici nyní využijeme pro první regresi, kdy počátečními odhadů pro nástroj Solver budou hodnoty z funkce polynomiální křivky. Po vyřešení úlohy nástroj vypíše opravené hodnoty koeficientů a regresní funkce je tak poměrně přesná. Tato funkce však popisuje pouze tabulku a hodnoty pro  $650\text{kg}$ . Vhodnější zápis tak bude následovný.

$$TOD_m = (a_m t^2 + b_m t + c_m) e^{d/p}$$

$p$  ... tlaková výška

$t$  ... teplota

$a, b, c, d$  ... konstanty pro určitou hmotnost

Pro úplný popis všech tří tabulek a tedy i pro celkovou interpolaci na provozním rozsahu letounu je třeba výše zmíněné kroky zopakovat i pro zbylé dvě tabulky (hmotnosti). Získáme tak sadu tří regresních funkcí u kterých se s hmotností mění koeficienty  $a, b, c$ . Tyto koeficienty je třeba přepsat do další tabulky a provést curve-fitting, tak jako pro vliv teploty řešený v úvodu. Výsledkem budou tři polynomiální funkce, každá o třech koeficientech. Tyto funkce nahradí koeficienty  $a, b, c$  z předpisu uvedeného výše. Dostáváme tak konečný tvar regresní funkce.

$$TOD = ((a_2 m^2 + a_1 m - a_0) t^2 + (b_2 m^2 - b_1 m + b_0) t + (c_2 m^2 - c_1 m + c_0)) e^{d/p}$$

$m$  ... hmotnost letounu

$t$  ... okolní teplota

$p$  ... tlaková výška

Po aplikování nelineární regrese GRG pomocí nástroje Solver, který je uveden na obrázku 4.17 zjistíme hodnoty konečných koeficientů, které jsou prezentovány v tabulce 4.3. Dostupné jsou v tabulce také statistické ukazatele vypovídající o kvalitě výsledné regresní funkce. Uveden je průměrný čtverec reziduí SE a k němu náležící směrodatná odchylka. Pro představu o přesnosti je však nejhodnější vyhodnotit, zda je průměrná absolutní chyba (průměrné reziduum) v tolerované mezi pro naše účely. I vzhledem k tomu, že jsou v aplikaci konečné výsledky pro uživatele zaokrouhleny na celé desítky nahoru, je chyba výpočtu okolo jednoho metru zanedbatelná.

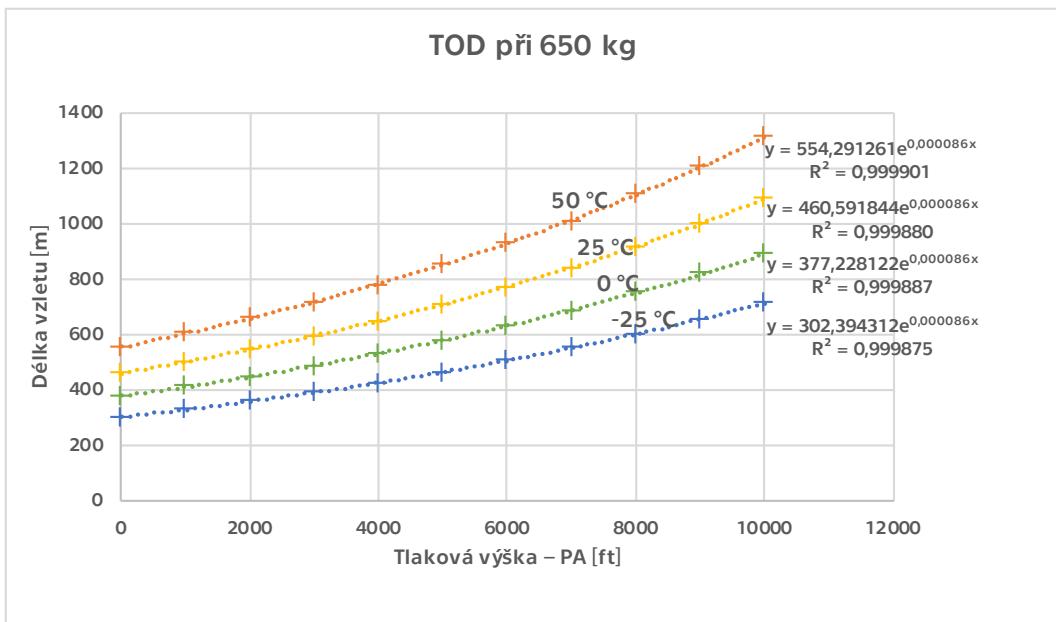
Zjištěný tvar regresní funkce a koeficienty je nyní nutné implementovat do zdrojového kódu, kde je proveden samotný výpočet a jsou dosazeny uživatelem zadané vstupní hodnoty. K tomuto účelu slouží funkce *hoffmannConfig.TO.TOD*, což značí, že se jedná o digitalizovanou funkci pro typ s vrtulí Hoffmann. Funkce přijme parametry hmotnosti, teploty a data pro výpočet tlakové výšky. Tyto jsou poté dosazeny do funkčního předpisu s koeficienty získanými metodou popsanou výše.

```

hoffmannConfig.T0.TOD = function (TOW, AD_ELEV, OAT, QNH) {

    let TOD = ((2.92965580990723E-08 * Math.pow(TOW, 2)
    + -0.0000103820582444141 * TOW - -0.00199725637541149)
    * Math.pow(OAT, 2) + (0.0000105588277819935 *
    Math.pow(TOW, 2)- 0.00258854784247653 *TOW+ 0.386833998337983)*
    OAT+(0.00125614991837811 * Math.pow(TOW, 2)- 0.309636247292158*
    TOW+ 46.4552360611659)) * Math.exp(0.0000864591237314215 *
    FlyCalc.pressureAltitude(AD_ELEV, QNH))
    return TOD;
}

```



**Obrázek 4.15.** Závislost délky vzletu na tlakové výšce a teplotě při 650 kg

		650 kg			
Tlaková výška [ft]	-25	Teplota [°C]			50
		0	25	50	
0	304	379	463	557	
1000	330	412	503	605	
2000	359	448	547	658	
3000	391	487	595	717	
4000	425	530	648	780	
5000	463	578	706	850	
6000	505	630	770	927	
7000	551	687	840	1011	
8000	601	750	917	1104	
9000	657	819	1002	1205	
10000	718	895	1095	1318	

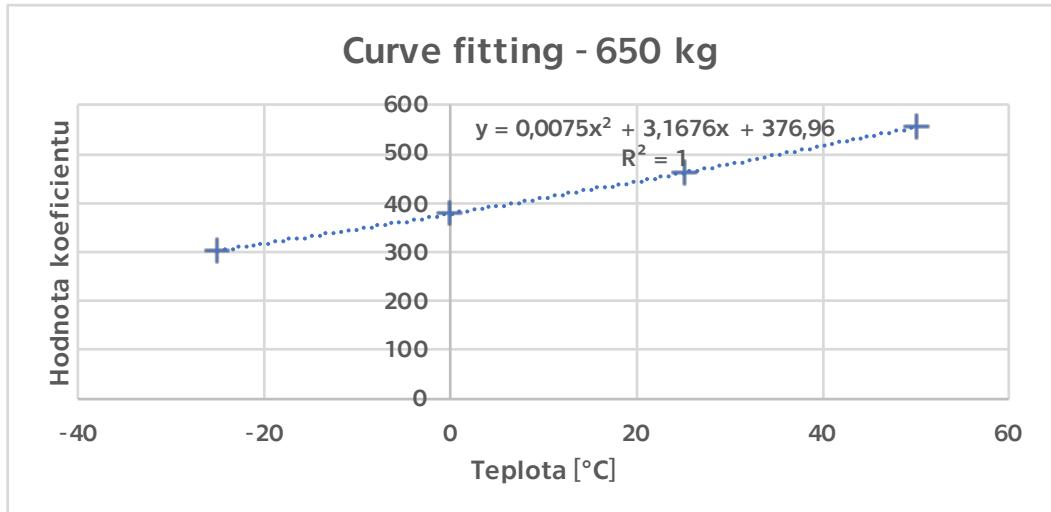
  

		550 kg			
Tlaková výška [ft]	-25	Teplota [°C]			50
		0	25	50	
0	207	258	316	380	
1000	225	280	343	413	
2000	245	305	373	449	
3000	266	332	406	488	
4000	290	361	442	531	
5000	316	394	481	579	
6000	344	429	525	631	
7000	375	468	572	689	
8000	410	511	625	752	
9000	447	558	682	821	
10000	489	610	746	897	

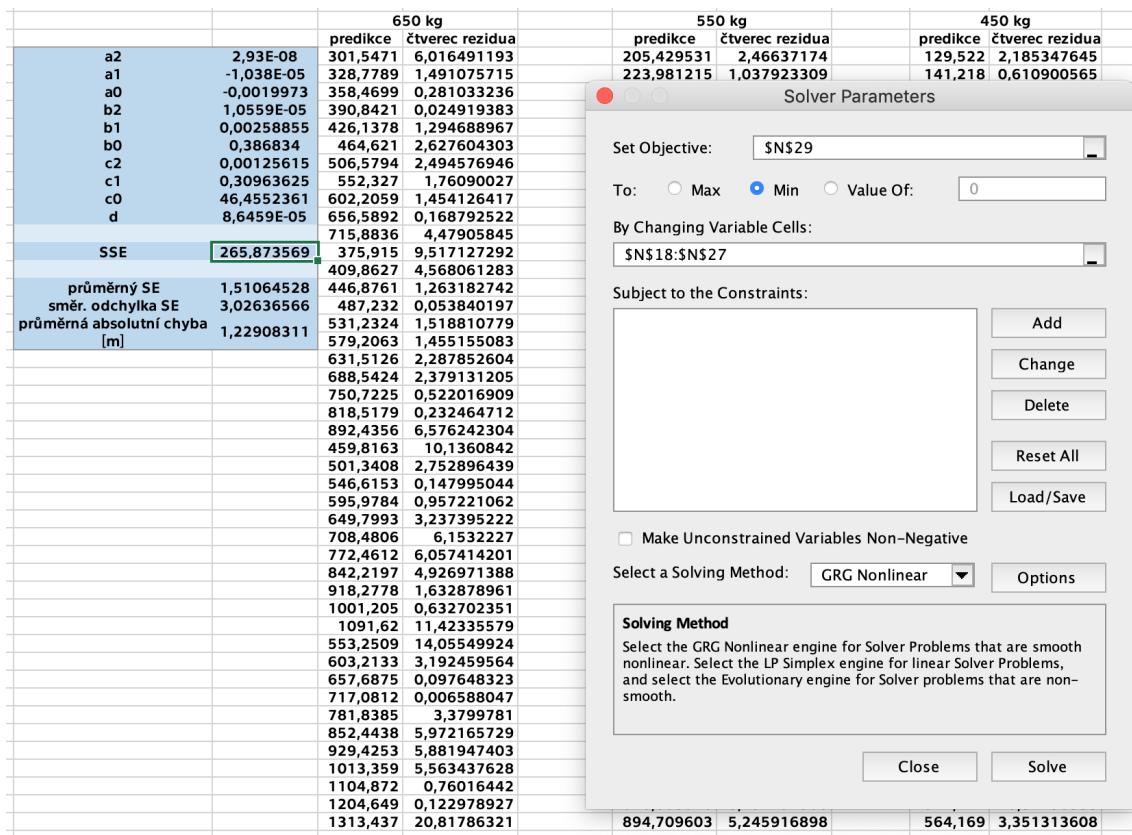
		450 kg			
Tlaková výška [ft]	-25	Teplota [°C]			50
		0	25	50	
0	131	163	199	239	
1000	142	177	216	260	
2000	154	192	235	283	
3000	168	209	256	308	
4000	183	228	279	335	
5000	199	248	304	365	
6000	217	271	331	398	
7000	237	295	361	434	
8000	258	322	394	474	
9000	282	352	430	518	
10000	308	384	470	566	

**Tabulka 4.2.** Data pro regresi – vzletová výkonnost TOD letounu P2008JC



Koeficient	Teplota [°C]
554,291261	50
460,591844	25
377,228122	0
302,394312	-25

**Obrázek 4.16.** Prokládání křivkou pro zjištění počátečních odhadů regrese.



**Obrázek 4.17.** Nastavení nástroje Excel Solver – GRG regrese

a2	2,93E-08
a1	-1,03821E-05
a0	-0,001997256
b2	1,05588E-05
b1	0,002588548
b0	0,386833998
c2	0,00125615
c1	0,309636247
c0	46,45523606
d	8,64591E-05
SSE	265,8735694
průměrný SE	1,51064528
směr. odchylka SE	3,026365659
průměrná absolutní chyba [m]	1,229083106

**Tabulka 4.3.** Výsledky regrese pomocí nástroje Solver

### ■ 4.5.6 Výpočet složek větru

Pro aplikování správné korekce na vliv čelního nebo zadního větru je nutné pomocí algoritmu zjistit hodnoty jednotlivých složek.

Uživateli zadaná hodnota je nejprve programově rozdělena na směr a rychlosť větru a tyto hodnoty jsou vloženy do dvou příslušných proměnných *velocity* a *direction*. Následně algoritmus postupuje stejně, jako je zvykem pro běžný výpočet složek, tedy pomocí goniometrické funkce *sin* je zjištěna složka bočního větru a pro výpočet s dráhou rovnoběžné složky je použita funkce *cos*. Výsledné hodnoty jsou funkcí *Math.round* zaokrouhleny na setiny.

```
let direction = +windString.slice(0, 3);
let velocity = +windString.slice(6, 8);
let a = direction - rwyDirection;
a = ((a + 180) \% 360) - 180;
let crossWind =
    Math.round(Math.abs(+velocity *
        Math.sin((a * Math.PI) / 180)) * 100) / 100;
let headWind =
    Math.round(Math.abs(+velocity *
        Math.cos((a * Math.PI) / 180)) * 100) / 100;
```

### ■ 4.5.7 Výpočet tlakové výšky

Pro zjištění této veličiny byla vytvořena funkce *pressureAltitude*, které přijímá parametr nadmořská výška – **ELEV** a tlak – **QNH**. Funkce vrací hodnotu tlakové výšky zjištěné z rozdílu standardního tlaku na hladině moře a QHN vloženého uživatelem. Pro výpočet byla zvolena hodnota vertikální složky tlakového gradientu  $27\text{ft}/1\text{hPa}$ , která odpovídá nízkým hladinám, ve kterých výcvikové letouny létat. [40]

```
pressureAltitude(ELEV, QNH) {
    return ELEV + 27 * (1013.25 - QNH);
},
```

### ■ 4.5.8 Výpočet teploty ISA

Funkce pro výpočet teploty ve standardní atmosféře pro určitou tlakovou výšku sestává z rovnice předpokládající změnu teploty dle  $\text{ISA } 2^\circ\text{C}/1000\text{ft}$ .

```
ISA(pressureAltitude) {
    return 15 - (pressureAltitude / 1000) * 2;
}
```

### ■ 4.5.9 Výpočet sklonu dráhy

Sklon dráhy je vypočítán pomocí goniometrické funkce *tg*. Funkce přijme parametr nadmořské výšky prahu dráhy a výšky protějšího konce dráhy, tedy odletového konce DER. Rozdílem těchto hodnot je získáno průměrné převýšení konkrétní RWY a podělením tohoto převýšení délkou dráhového systému, tedy v případě vzletu TORA a v případě přistání LDA je získána hodnota  $\text{tg}(\alpha)$ . Hodnota horizontální vzdálenosti je před dělením přivedena na společnou jednotku *ft*. Výsledná hodnota sklonu RWY vyjádřená v procentech je funkcí vrácena pro další zpracování aplikací, tedy při výpočtu výkonnosti pro vzlet a na přistání.

```
RWY_SLOPE(DER_ELEV, THR_ELEV, distance)
{
    let slope = DER_ELEV - THR_ELEV;
    slope /= distance / 0.305;
    slope *= 100;
    if (isNaN(slope)) return "";
    return Math.round(slope * 100) / 100;
}
```

### ■ 4.5.10 Časové údaje

- Převod minut a hodin na sekundy

Tento převod je potřebný v metodě pro výpočet vytrvalosti, která zavolá funkci *stringToSecond* a předá jí čas ve formátu z AFM (hh:mm). Tato funkce metodě vrátí čas v sekundách. Po aplikování faktorizace v metodě pro výpočet vytrvalosti je zavolána funkce *secondsToString* a hodnotu převede zpět, do pro uživatele lépe čitelného formátu hh:mm. Tato hodnota je poté vrácena metodě, která výsledek odešle pro zobrazení v HMI.

```

stringToSeconds: function (string) {
    let splitArray = string.split(":");
    let seconds = +splitArray[0] * 3600;
    seconds += +splitArray[1] * 60;
    return +seconds;
},
secondsToString: function (seconds) {
    let string = "";
    string += Math.floor(seconds / 3600);
    seconds -= Math.floor(seconds / 3600) * 3600;
    string += ":";

    let num = Math.round(+seconds / 60);
    let result = ("0" + num).substr(-2);
    string += result;
    return string;
},

```

- Sestavení časového razítka v UTC.

Tato funkce vrací textový řetězec (string), který obsahuje časové údaje z momentu, kdy byla funkce zavolána. Využito je interních hodin zařízení uživatele. Díky vlastnosti JavaScriptu je čas možné číst přímo v [UTC](#). Tato funkce je využita pro generování PDF a ukládání přednastavených voleb (preset), kde je takto uživateli indikován čas vytvoření.

```

dateToString(date) {
    let months = [
        "JAN",
        "FEB",
        "MAR",
        "APR",
        "MAY",
        "JUN",
        "JUL",
        "AUG",
        "SEP",
        "OCT",
        "NOV",
        "DEC"
    ];
    let output = ("0" + date.getUTCDate()).substr(-2);
    output += " ";
    output += months[date.getUTCMonth()];
    output += " ";
    output += date.getUTCFullYear();
    output += " ";
    output += ("0" + date.getUTCHours()).substr(-2);
    output += ":";

    output += ("0" + date.getUTCMinutes()).substr(-2);
    output += " UTC";
    return output;
}

```

## Kapitola 5

# Uživatelské testování

Testování vyvážené aplikace bylo rozděleno do dvou fází. První fáze, provedená za účelem testování uživatelského prostředí sestávala z dotazníku obsahujícího otázky pro určení použitelnosti systému – SUS. Druhá část testování, již obsahlejší, se zaměřila na porovnání výpočtu provedeného standardně z AFM oproti identickému výpočtu v aplikaci. Porovnána byla nejen přesnost kalkulací, ale také uplynulý čas potřebný pro jednotlivé výpočty.

### 5.1 Testování UX

Za účelem otestování použitelnosti aplikace a kvality návrhu uživatelského prostředí byl vytvořen elektronický dotazník v online službě Google Docs. Dotazník obsahoval SUS testování a doplňující informace o respondentovi. Po sběru odpovědí následovalo vyhodnocení použitelnosti a určení možných úprav uživatelského rozhraní dle zpětné vazby.

#### 5.1.1 System Usability Scale

Český škála použitelnosti systému je metoda pro testování téměř libovolného systému, pro který potřebujeme zjistit, jak se uživatelům používá a jaký z něj mají pocit – User Experience (UX). Vytvořil ji v roce 1986 John Brook za účelem rychlého a robustního otestování použitelnosti. Původně nebyla určena k širokému použití, ale vzhledem ke své jednoduchosti se s ní stal standard. [41]

SUS definuje sadu těchto deseti otázek:

- Rád/a bych systém používal/a opakovaně.
- Systém je zbytečně složitý.
- Systém se snadno používá.
- Potřeboval/a bych pomoc z technické podpory, abych mohl/a systém používat.
- Různé funkce systému jsou dobře začleněny.
- Systém je příliš nekonzistentní.
- Řekl/a bych, že většina lidí se se systémem naučí pracovat rychle.
- Systém je příliš neohrabaný.
- Při práci se systémem se cítím jistě.
- Musel/a jsem se hodně naučit, než jsem se systémem dokázal/a pracovat.

K zaznamenání odpovědi na tato tvrzení je užito Likertovy škály, která se používá pro určení míry stupně souhlasu, či nesouhlasu. Podstata této škály je uvedena v tabulce 5.1

Tvrzení	1 – Rozhodně nesouhlasím	2	3	4	5 – Rozhodně souhlasím
---------	--------------------------	---	---	---	------------------------

**Tabulka 5.1.** Likertova škála [42]

## **5.1.2 Dotazník**

Dotazník byl vytvořen v elektronické formě ve službě Google Docs a respondentům rozeslán prostřednictvím mailové korespondence v rámci F AIR. Z důvodu, že část instruktorského týmu i studenti ATO pochází ze zahraničí, byla zpráva s průvodním textem a rovněž dotazník s instrukcemi a otázkami šířeny v anglickém jazyce. Primární část, tedy SUS, vyžaduje pro správnou metodiku bezprostřední vyplnění po seznámení se s aplikací, případně po provedení určitého úkolu tak, aby odrážela skutečné pocity bez přílišného přemýšlení. Respondenti tedy v průvodní zprávě, viz příloha D, obdrželi hypertextový odkaz na testovanou aplikaci spolu s odkazem na elektronický dotazník.

### **5.1.3 Vyhodnocení**

Výstupem z instruktorům a žákům předloženého formuláře bylo získáno 16 vyplňných dotazníků. Dle hodnot z části SUS metody bylo vypočítáno celkové skóre, které aplikaci udělili všichni respondenti. Vypočítané skóre činí 87%, což oproti průměrné hodnotě 68% uváděné na [41] znamená celkem pozitivní výsledek. Vyhodnocení a hodnoty každého uživatele SUS jsou k dispozici v příloze F. Z poznatků ze zpětné vazby na konci dotazníku bylo dále upraveno uživatelské prostředí, konkrétně zadávání RWY z databáze a možnost definování nové uživatelské RWY, více v kapitole 6.1.2.

## 5.2 Testování výpočtů

Pro otestování rychlosti a přesnosti výsledků počítaných „manuálně“ z AFM oproti použití aplikace byl vytvořen další formulář ve službě Google Docs.

## 5.2.1 Zvolená metoda

Vzhledem k předpokládané malé účasti především z důvodu časové náročnosti, nebyl předpoklad pro vyhodnocení statistickými metodami. Pro přesnější výsledky by bylo zapotřebí mnohem většího počtu účastníků, tak aby reprezentovali celou populaci budoucích uživatelů aplikace. Pro základní předvedení rozdílů mezi aplikací a počítáním z AFM je však i nižší počet dat dostačující. Vybráni byli respondenti, kteří již mají z výcviku více zkušeností (100 a více hodin) a výsledky by tak neměla zkreslovat nezkušenosť.

## **5.2.2 Dotazník**

Dotazník sestával z formuláře, ve kterém byli respondenti nejprve poučeni o způsobu měření a zápisu výsledků do příslušných polí. Následně bylo předloženo několik úloh pro výpočet výkonnosti při různých podmínkách. Účastník měl nejdříve provést výpočet dle AFM a poté použít aplikaci, protože opačně by již z aplikace znal všechna data, která při výpočtu bez pomoci aplikace musí dlouze hledat například v publikaci AIP.

## **5.2.3 Vyhodnocení**

Z výstupu dotazníkového šetření bylo získáno pět kompletních dat, ze kterých byla vyhodnocena přesnost výpočtu účastníků. Přesnost aplikace nebylo nutné nijak prokazovat, protože toto již zajišťuje digitalizace dat AFM a související statistické ukazatele. Všichni respondenti jako pomůcku, kterou používali při výpočtech uvedli kalkulátor a případně systém AIP. Vzhledem k nižšímu počtu odpovědí jako orientační ukazatel rychlosti a přesnosti postačuje pouhé porovnání hodnot v sekci „Výpočet dle AFM“

oproti sekci „Výpočet z aplikace“. Všechna data jsou uvedena v příloze G. Všimnout si můžeme poměrně malých rozdílů v hodnotách zjištěných výkonnostních charakteristik, tedy respondenti byli poměrně přesní při práci s AFM a interpolovali správně. Důležité je upozornit, že oproti tabulovaným hodnotám v AFM, aplikace výsledky zaokrouhuje na celé desítky na „letecky“ bezpečnou stranu, tedy v případě potřebných délek nahoru a u stoupavosti dolů. Je předpoklad, že respondenti vzhledem k naučeným zvyklostem postupovali zrovna tak. Zaokrouhlené hodnoty jsou totiž lépe čitelné a zapamatovatelné.

Největším zcela jasně postřehnutelným rozdílem jsou uplynulé časy potřebné pro výpočet z AFM, které jsou v řádech minut oproti rychlosti aplikace, ve které výpočty v žádném z uvedených měření nepřesáhly 35 s.

## Kapitola 6

### Nedostatky a další směřování

#### 6.1 Vyřešené nedostatky

##### 6.1.1 Úprava GUI

Zpětná vazba v rámci testování přinesla návrhy na zlepšení a zpřehlednění především v navigaci uživatelským prostředím. Nejdůležitější byly poznatky týkající se návratu do seznamu letounů a návratu ze stránky výpočtů do stránky s informacemi o letounu a jeho ilustrační fotografií. Za tímto účelem byla přepracována ikona „Hangár“, která možnost návratu do výběru letounů indikuje šipkou umístěnou do ikony. Pro prvotní seznámení s nejdůležitějšími prvky bylo nově využito komponenty „Snackbar“, která při prvním spuštění aplikace zobrazí vhodné instrukce k ovládacím prvkům uživatelského prostředí.

##### 6.1.2 Úprava volby RWY

Nejpodstatnějším poznatkem ze zpětné vazby byl jistě komentář týkající se volby RWY při výpočtu výkonného na vzlet a přistání. Dle poznatku byl proveden re-design celého prvku a nově je tak naprostě zřejmá možnost definování vlastní uživatelské dráhy pomocí položky „Custom“ v rolovacím menu RWY. Po zvolení položky „Custom“ je uživateli zobrazeno nové textové pole do kterého navolí směr dráhy pomocí dvou číslic, či po kliknutí na symbol šipek pomocí tří číslic pro zvýšení přesnosti výpočtů složek větru a tedy i celkovou přesnost výpočtu.

#### 6.2 Nevyřešené nedostatky

##### 6.2.1 Export PDF na iOS

Nejpodstatnějším a v době psaní práce stále nevyřešeným problémem je špatná podpora exportu výsledků v PDF v systému iOS. Tento oficiálně nahlášený a společností Apple řešený problém se vyskytuje jen v standalone verzi, tedy pokud aplikaci spustíme na instalovanou na ploše iOS zařízení. Pro aktuální informace a možnost testování opravy bude aplikace průběžně testována na zařízení s vývojářskou beta verzí nové aktualizace systému iOS 13. V této verzi by již dle předběžných informací měla být zvýšena podpora PWA a funkce stahování nebo sdílení PDF by tak již neměla představovat problém.

## 6.3 Další směřování

### **6.3.1 Kompletizace**

Aplikace je v době odevzdání k obhajobě ve stavu, kdy je dokončen návrh a implementace všech prvků uživatelského rozhraní. Aplikace však obsahuje funkční výpočty výkonnosti pouze pro letoun Tecnam P2008JC na kterém bylo provedeno testování aplikace a celkový vývoj HMI i výpočtového modulu. Nyní je tak potřebné vyvinuté postupy využít pro doplnění a v konečné fázi kompletizaci databáze všech ve výcviku provozovaných letounů. Náročnějším úkolem jistě bude analýza a převod dat výkonnosti (digitalizace), která jsou v AFM uvedena ve formě grafů. Jedná se o letouny výrobce Piper a letoun Tecnam P92JS.

### **6.3.2 Rozšíření informací o letounech**

Pro rozšíření užitnosti aplikace je vhodné doplnit kartu s informacemi dalšími údaji. Vhodné by pro plánování letu bylo letci poskytnout informace pro vyplňování letových plánů. Konkrétní data by byla například ICAO designátor daného typu letounu (type of aircraft) a dále seznam přístrojového vybavení a dalších položek pro pole 10 letového plánu.

### 6.3.3 Implementace databázového systému

Archivace probíhající „v pozadí“ pro uživatele okamžitý přínos nemá, a tak byla během vývoje nejprve upřednostněna implementace exportu výsledků z aplikace do zařízení uživatele a ukládání předvolených konfigurací s uložením opět na zařízení uživatele. Funkce archivace dle filozofie EFB je ale užitečným nástrojem pro zpětnou kontrolu, či analýzu provozu v rámci ATO. Takový prvek by však musel zahrnovat implementaci databázového systému v pravém smyslu slova. V databázi by tedy byla uchovávána data z provedených výpočtů. Takové řešení by také umožňovalo zjednodušení správy uložených letišť a letounů, kdy by bylo možné databázi upravovat například ve správcovské aplikaci. Jednalo by se tedy o skutečné back-end řešení s využitím serveru. Pro zavedení této funkce by však bylo nejdříve nutné provést rešerši již využívaných databázových systémů v ATO F AIR.

#### **6.3.4 Risk analýza**

Vyvinutý nástroj je prezentován pouze jako doplňující systém pro fázi plánování letu a na tento fakt je v samotné aplikaci také upozorněno. Pokud by se však mezi studenty a instruktory osvědčil, bylo by možné postupovat cestou, kdy by byly ověřeny celkové kvality aplikace, exaktně předvedena přesnost kalkulací a provedena risk analýza používání takového systému. Vzhledem k zaváděným pravidlům a integraci EFB do AIR OPS, již ÚCL vydal příslušné směrnice pro takové systémy a součástí prohlášení podávaného této instituci je také provedená risk analýza. Tyto kroky jsou však plně v režii letového oddělení F AIR spol. s r. o.

### **6.3.5 Implementace do SOP a OM**

V návaznosti na zavedení předmětného nástroje by další kroky mohly směřovat také k oficiálnímu zanesení do provozní příručky a standardních provozních postupů ATO F AIR. SOP mají v této škole částečně charakter výukových materiálů, a tak obsahují i ucelený postup plánování letu, tedy i výpočty výkonnosti. Publikování příruček a postupů je však také interní záležitostí příslušného oddělení společnosti.

## Kapitola 7

### Závěr

Následující texty kapitoly obsahují shrnutí, poznatky a subjektivní názory autora. Kapitola je tedy na rozdíl od osatních částí práce psána v první osobě. V žádném případě také text nemá vyjadřovat oficiální postoje a názory ATO F AIR spol. s r.o.

#### Shrnutí

Musím i ze své zkušenosti přiznat, že se při předletové přípravě občas zanedbá důkladnější analýza výkonnosti a někdy i výpočty hmotnosti a vyvážení. Mnohdy je to způsobeno rozptýlením, kdy se student soustředí na stav počasí, aktivované prostory, přípravu map, a také tráví čas vyřízováním různých povolení, koordinací letu s řízením provozu, či validací letového plánu. Zejména pokud se přidají ještě další neočekávané faktory, na které je letectví mimořádně štědré, může se stát, že student nevědomky zcela opomene výpočty provést. Opět samozřejmě čerpám i z vlastních chyb, zkušeností a ponaučení.

Aby se takové situace nestávaly, má letecká škola F AIR vypracované SOP tak, aby studenta vedly k bezpečnému a efektivnímu létání. Součástí je mimo jiné *matici přípravy* (matrix) s předletovými úkony, vedoucí k rozhodnutí o provedení, či neprovedení letu. Jednou z položek je provedení výpočtu hmotnosti a vyvážení, se zapsáním vypočítaných hodnot. Dále pak úkon výpočtu výkonnosti, který je nutné opět potvrdit jako provedený. Podpisem stvrzený štítek s maticí se před letem odevzdá dispečinku. Kopii výpočtu výkonnosti i hmotnosti a vyvážení si pak dle provozních postupů musí pilot vzít s sebou na palubu letounu.

I z dat získaných dotazníkovým šetřením však dále vyplývá, že alespoň stručná analýza výkonnosti pro každý let, není u všech z dotazovaných samozřejmá a nejedná se tak o jednorázové opomenutí. Toho jsem si byl vědom po celý praktický výcvik a v okamžiku, kdy jsem dostal příležitost přijít s něčím novým, situaci měnícím, jsem neváhal.

Důvody častého opomíjení analýzy výkonnosti a mnohy i hmotnosti a vyvážení, mi byly od počátku jasné. Výpočty dle AFM jsou nepřehledné a často také zdlouhavé, unavující. Čas a mentální kapacitu, tak student raději věnuje předletovým činnostem, které pro něj mají alespoň z jeho pohledu větší důležitost.

Mým cílem tedy bylo poskytnout nástroj, který by proces několikanásobně urychlil a zpřehlednil. Určitě však nechci snižovat důležitost letové příručky. Student, či jakýkoliv letec, by se v letové příručce svého letadla měl vyznat a být schopen výpočty kvalitně provést. Myslím si však, že je na čase, aby se i výrobci sportovních a výcvikových letadel přeorientovali na řešení poplatná době a nebránili se interaktivním manuálům a aplikacím, které by již byly součástí certifikace letadla.

Další důvod, proč se výkonnosti sportovních a výcvikových letounů často neklade pozornost, je názor, že u takto malých letounů to nemá příliš velký význam, tedy aplikování přístupu „*ono to vždy vychází*“. Oproti velkým dopravním letounům, u kterých mohou být mezi jednotlivými lety obrovské rozdíly ve vzletové hmotnosti i časté změny vnějších podmínek při přeletech do různých podnebí, a tedy značně proměnlivé hodnoty

výkonnostních charakteristik, jsou malé letouny a jejich proměnlivost výkonů, například hodnot pro vzlet, opravdu méně kritické. I tato odlišnost je jeden z důvodů rozdělení na komplexní a nekomplexní letouny, které používá AIR OPS.

Jsou však situace ve kterých může být nedbalá příprava a výpočty značným problémem, větším než si někdo s laxnejším přístupem může myslet. Důležité výkonnostní charakteristiky jsou totiž také ty, které se týkají stoupavosti, dostupu a dalších parametrů důležitých na trati. Gradient stoupání, dostup a podobné parametry jsou velice důležité pro bezpečný odstup od překážek a dodržování publikovaných tratí, například SID.

Během přístrojového létání v rámci výcviku jsem tak pochopil, jak zásadní je důkladná příprava a poctivé počítání. Důležitá z mého pohledu je především fáze nezdařeného přiblížení nebo odlet, kdy je nižší výkonnost výcvikových letounů opravdu znatelná. Odlet z náročnějšího letiště, jako je například Innsbruck, se tak při nedostatečné výkonnosti může stát velice nepříjemnou zkušeností. Pilot, který by se nedostatečně připravil, by totiž neměl pro pohodlné vyřešení situace dostatečné situační uvědomení (SITAW), a o to mi od začátku šlo především.

Má představa byla taková, že pokud zajistím celkové zpřístupnění dané tématiky a poskytnu pilotovi snadno dostupné informace, bude lépe připravený, což se promítne právě na zvýšeném situačním uvědomění. Pozitivní vliv na psychické rozpoložení také bude mít fakt, kdy do letadla vstoupí s vědomím, že poctivě provedl všechny úkony spojené s přípravou letu.

Již během úvodních měsíců práce na projektu jsem získával pozitivní reakce na zvolené téma, kdy by většina studentů zamýšlenou aplikaci vřele uvítala a ráda používala již dříve, neboť si něco podobného přestavovali již během předchozích částí výcviku, a nyní by se tak konečně dočkali. Osobně si myslím, že podobný systém opravdu mohl vzniknout již dříve. Pro jeho vývoj je však nutné mít přehled nejen v leteckv, ale také jisté technické základy týkající se programování. Těch se mi dostalo během předchozího studia na chomutovské průmyslové škole a bez kterých bych se do tohoto tématu jistě neodvážil.

Až během práce na projektu jsem začal postupně zjišťovat, jak moc všeobecnou technologií webové aplikace a především PWA jsou. Příkladem může být v době finalizování práce čerstvě oznámené rozšíření podpory PWA v prohlížeči Google Chrome. Aplikace vytvářené dle této pokrokové technologie, je tedy již možné instalovat do standalone režimu i na desktop zařízeních Chrome OS, Linux, Mac a samozřejmě i Windows. Nástroj prezentovaný v této práci, tak v případě nasazení do provozu bude opravdu multiplatformní a instalovatelný pro použití bez internetového připojení, při zachování identického vzhledu a ovládání. Počáteční risk, kdy jsem se odvážil pro použití ne úplně běžných a prozkoumaných technologií se tedy vyplatil.

Pro úspěšné dokončení práce bylo potřebné nastudovat mnoho materiálů a naučit se pracovat s postupy a dalšími technickými záležitostmi, se kterými jsem měl poměrně málo nebo i žádné zkušenosti. Poprvé jsem si také vyzkoušel akademické psaní odborných prací, které mi velice usnadnila tato plainTEX šablona od pana RNDr. Petra Olšáka. Myslím si tak, že se mi desetiměsíční práce na projektu i díky podpoře rodiny, přátel a odborných vedoucích vydařila.

## Literatura

- [1] EUROPEAN AVIATION SAFETY AGENCY. *Commission Regulation (EU) No 965/2012 on air operations and associated EASA Decisions* [online]. 1. vyd. European Aviation Safety Agency, 2019 [vid. 12. 7. 2019]. Dostupné též na <https://easa.europa.eu/document-library/general-publications/easy-access-rules-air-operations>.
- [2] INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. [online]. [vid. 15. 7. 2019]. Dostupné též na <https://icao.int/about-icao/Pages/default.aspx>.
- [3] EUROPEAN AVIATION SAFETY AGENCY. [online]. [vid. 16. 7. 2019]. Dostupné též na <https://easa.europa.eu/the-agency/the-agency>.
- [4] EVROPSKÝ PARLAMENT A RADA EVROPSKÉ UNIE. *Nařízení Evropského Parlamentu a Rady 2018/1139* [online]. 2018 [vid. 16. 7. 2019]. Dostupné též na <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1566420518927&uri=CELEX:32018R1139>.
- [5] EUROPEAN AVIATION SAFETY AGENCY. *Regulations* [online]. [vid. 16. 7. 2019]. Dostupné též na <https://easa.europa.eu/regulations>.
- [6] INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. *Annex 2 – Rules of the Air*. 10. vyd. International Civil Aviation Organization, 2005 [vid. 29. 7. 2019]. ISBN 978-92-9231-459-0.
- [7] EVROPSKÝ PARLAMENT A RADA EVROPSKÉ UNIE. *Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 2008/216* [online]. 2008 [vid. 16. 7. 2019]. Dostupné též na <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32008R0216>.
- [8] MINISTERSTVO DOPRAVY ČESKÉ REPUBLIKY – ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ. *Letecký předpis L14 – Letiště* [online]. Letecká informační služba. [vid. 14. 7. 2019]. Dostupné též na <https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>.
- [9] SKYBRARY. *Aircraft Performance* [online]. [vid. 17. 7. 2019]. Dostupné též na [https://skybrary.aero/index.php/Aircraft\\_Performance](https://skybrary.aero/index.php/Aircraft_Performance).
- [10] CAE OXFORD AVIATION ACADEMY. *Mass and balance, Performance*. CAE Oxford Aviation Academy, 2014 [vid. 20. 7. 2019].
- [11] INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. *Annex 8 – Airworthiness of Aircraft*. 12. vyd. International Civil Aviation Organization, 2018 [vid. 22. 8. 2019]. ISBN 978-92-9258-472-6.
- [12] INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. *Annex 6 – Operation of Aircraft, Part II – International General Aviation – Aeroplanes*. 10. vyd. International Civil Aviation Organization, 2018 [vid. 29. 7. 2019]. ISBN 978-92-9258-475-7.

- [13] U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION – FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. *Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge* [online]. Flight Standards Service, 2016 [vid. 22. 8. 2019]. Dostupné též na  
[https://www.faa.gov/regulations\\_policies/handbooks\\_manuals/aviation/phak/media/pilot\\_handbook.pdf](https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/phak/media/pilot_handbook.pdf).
- [14] CIVIL AVIATION AUTHORITY UK. *CAP 698, CAA JAR-FCL Examinations, Aeroplane Performance Manual* [online]. 3. vyd. 2006 [vid. 21. 8. 2019]. ISBN 0-11790-653-0. Dostupné též na  
<https://publicapps.caa.co.uk/docs/33/CAP698.pdf>.
- [15] COSTRUZIONI AERONAUTICHE TECNAM S.p.A. *Aircraft Flight Manual – TECNAM P200T JC*. 4. vyd. Costruzioni Aeronautiche TECNAM S.p.A., 2019 [vid. 2. 8. 2019].
- [16] COSTRUZIONI AERONAUTICHE TECNAM S.p.A. *Aircraft Flight Manual – TECNAM P2008 JC*. 2. vyd. Costruzioni Aeronautiche TECNAM S.p.A., 2019 [vid. 2. 8. 2019].
- [17] INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. *Doc 10020, Manual on Electronic Flight Bags (EFBs)*. 2. vyd. International Civil Aviation Organization, 2018 [vid. 12. 7. 2019]. ISBN 978-92-9249-887-0.
- [18] AIRBUS S.A.S. *A350 EFB Mounting Device* [online]. [vid. 10. 8. 2019]. Dostupné též na  
<https://services.airbus.com/en/flight-operations/system-upgrades/electronic-flight-bag/a350-efb-mounting-device.html>.
- [19] AIRBUS. *AFI Flight Operations Safety Awareness Seminar (FOSAS) – EFB, Fly-Smart and eQRH* [online]. 2017 [vid. 22. 8. 2019]. Dostupné též na  
[https://icao.int/ESAF/Documents/meetings/2017/AFI%20FOSAS%202017/Day%203%20Docs/Day\\_3\\_2\\_EFB.pdf](https://icao.int/ESAF/Documents/meetings/2017/AFI%20FOSAS%202017/Day%203%20Docs/Day_3_2_EFB.pdf).
- [20] IORIO, Carla. *Boeing – OPT version 4.3* [online]. EASA – Certification Directorate, 2018 [vid. 22. 8. 2019]. Dostupné též na  
[https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/ENCL51281\\_Boeing%20-%20OPT%204.3.pdf](https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/ENCL51281_Boeing%20-%20OPT%204.3.pdf).
- [21] JEPPESEN BOEING COMPANY. *Boeing Onboard Performance Tool* [online]. [vid. 1. 8. 2019]. Dostupné též na  
<https://ww2.jeppesen.com/wp-content/uploads/2019/04/Boeing-OPT-Product-Fact-Sheet-US-Size.pdf>.
- [22] JEPPESEN BOEING COMPANY. *Microsoft Store – Boeing Onboard Performance Tool* [online]. [vid. 1. 8. 2019]. Dostupné též na  
<https://microsoft.com/en-us/p/onboard-performance-tool/9nblggh4vcs5?activetab=pivot:overviewtab>.
- [23] NAVBLUE AIRBUS COMPANY. *Flysmart+* [online]. [vid. 1. 8. 2019]. Dostupné též na  
<https://navblue.aero/product/flysmart-plus/>.
- [24] PROFLITE. [online]. [vid. 1. 8. 2019]. Dostupné též na  
<http://boburschel.com/page1/index.html>.
- [25] GYRONIMO. [online]. [vid. 17. 8. 2019]. Dostupné též na  
<https://gyronimo.com>.

- [26] BARTÍK, Marek. *Proč a jak psát progresivní webové aplikace* [online]. Ackee. [vid. 2. 8. 2019]. Dostupné též na  
<https://ackee.cz/blog/proc-a-jak-psat-progresivni-webove-aplikace/>.
- [27] GOOGLE. *Progressive Web Apps* [online]. Google. [vid. 2. 8. 2019]. Dostupné též na  
<https://developers.google.com/web/progressive-web-apps/>.
- [28] GOOGLE. *Workbox webpack Plugins* [online]. Google. [vid. 2. 8. 2019]. Dostupné též na  
[https://developers.google.com/web/tools/workbox/modules/workbox-webpack-plugin?fbclid=IwAR2-JR\\_GFB9ZDXLR0w5DjJe32xD4UW210-G7jC0xz5Xs\\_ivdHLakBpaWWuI](https://developers.google.com/web/tools/workbox/modules/workbox-webpack-plugin?fbclid=IwAR2-JR_GFB9ZDXLR0w5DjJe32xD4UW210-G7jC0xz5Xs_ivdHLakBpaWWuI).
- [29] VUE. *Introduction* [online]. [vid. 10. 8. 2019]. Dostupné též na  
<https://vuejs.org/v2/guide/>.
- [30] VUETIFY. *Getting started* [online]. [vid. 10. 8. 2019]. Dostupné též na  
<https://vuetifyjs.com/en/getting-started/quick-start>.
- [31] GOOGLE. *Material Design – Introduction* [online]. [vid. 11. 8. 2019]. Dostupné též na  
<https://material.io/design/introduction/>.
- [32] GOOGLE. *Jak používat službu Play Console* [online]. [vid. 2. 8. 2019]. Dostupné též na  
<https://support.google.com/googleplay/android-developer/answer/6112435?hl=cs>.
- [33] APPLE. *Choosing a Membership* [online]. [vid. 2. 8. 2019]. Dostupné též na  
<https://developer.apple.com/support/compare-memberships/>.
- [34] JAHODA, Bohumil. *Javascriptové úložiště localStorage* [online]. zdrojak.cz, 2016 [vid. 2. 8. 2019]. Dostupné též na  
<https://zdrojak.cz/clanky/javascriptove-uloziste-localstorage/>.
- [35] PARALLAX. [online]. [vid. 15. 8. 2019]. Dostupné též na  
<https://parall.ax/products/jspdf>.
- [36] PRUŽINA, Vladislav, Filip BARTŮNĚK, Pavel STOJÁNEK, Miroslav ROHEL a Daniel ŠMAHA. *Methodical Guidance and Standard Operating Procedures, Training Flights VFR*. 1. vyd. F AIR, CZ/ATO-001, 2018 [vid. 31. 7. 2019].
- [37] GOOGLE. *Lighthouse tool* [online]. [vid. 2. 8. 2019]. Dostupné též na  
<https://developers.google.com/web/tools/lighthouse/>.
- [38] LEPAGE, Pete. *Add to Home Screen* [online]. Google. [vid. 15. 8. 2019]. Dostupné též na  
<https://developers.google.com/web/fundamentals/app-install-banners/>.
- [39] NAGY, Ivan a Pavla PECHERKOVÁ. *Statistika* [online]. Fakulta dopravní ČVUT, Praha. [vid. 15. 8. 2019]. Dostupné též na  
<https://fd.cvut.cz/personal/nagyivan/Statistika/Statistika.pdf>.
- [40] SKYBRARY. *Altimeter Pressure Settings* [online]. [vid. 14. 8. 2019]. Dostupné též na  
[https://skybrary.aero/index.php/Altimeter\\_Pressure\\_Settings](https://skybrary.aero/index.php/Altimeter_Pressure_Settings).
- [41] SAURO, Jeff. *Measuring usability with the System Usability Scale (SUS)* [online]. MeasuringU, 2011 [vid. 19. 7. 2019]. Dostupné též na  
<https://measuringu.com/sus/>.

*Literatura* .....

- [42] BROOKE, John. *SUS - A quick and dirty usability scale* [online]. [vid. 19. 7. 2019].  
Dostupné též na  
<https://hell.meiert.org/core/pdf/sus.pdf>.

## Zkratky a symboly

AD	■ Letiště, letištní – Aerodrome
AFM	■ Letová příručka letadla – Aircraft flight manual
AIP	■ Letecká informační příručka – Aeronautical information publication
AMC	■ Přijatelné způsoby průkazu – Acceptable means of compliance
AMSL	■ Nad střední hladinou moře – Above mean sea level
APP	■ Aplikace (mobilní) – Application (mobile)
ARP	■ Vztažný bod letiště – Aerodrome reference point
ASD	■ Délka přerušeného vzletu – Accelerate-stop distance
ASDA	■ Použitelná délka přerušeného vzletu – Accelerate-stop distance available
ATO	■ Schválená organizace pro výcvik – Approved training organisation
BEW	■ Základní prázdná hmotnost – Basic empty weight
CAT	■ Obchodní letecká doprava – Commercial air transport
CS	■ Certifikační specifikace – Certification specifications
CSS	■ Jazyk kaskádových stylů – Cascading style sheets
CSV	■ Hodnoty oddělené čárkami – Comma-separated values
CWY	■ Předpolí – Clearway
ČR	■ Česká republika – Czech Republic
ČVUT	■ České vysoké učení technické v Praze – Czech Technical University in Prague
DER	■ Odletový konec dráhy – Departure end of the runway
DTHR	■ Posunutý prah dráhy – Displaced threshold
EASA	■ Evropská agentura pro bezpečnost letectví – European aviation safety agency
EFB	■ Elektronická letová aktovka – Electronic flight bag
ELEV	■ Nadmořská výška – Elevation
ES	■ Evropské společenství – European communities
EU	■ Evropská unie - European union
FMC	■ Počítač pro řízení a optimalizaci letu – Flight management computer
FPM	■ Stopa za minutu – Feet per minute
ft	■ Stopa (měrová jednotka) – Feet (dimensional unit)
ft/min	■ Stopa za minutu – Feet per minute
GA	■ Všeobecné letectví – General aviation
GM	■ Poradenský materiál – Guidance material
GNSS	■ Globální navigační družicový systém – Global navigation satellite system
GUI	■ Grafické uživatelské rozhraní – Graphical user interface
GW	■ Celková hmotnost – Gross weight
HMI	■ Rozhraní člověk–stroj – Human-machine interface
hPa	■ Hektopascal – Hectopascal
HTML	■ Textový značkovací jazyk – Hypertext markup language
HW	■ Čelní vítr – Headwind
IAS	■ Indikovaná vzdušná rychlosť – Indicated airspeed

ICAO	■ Mezinárodní organizace pro civilní letectví – International civil aviation organization
IFR	■ Pravidla pro let podle přístrojů – Instrument flight rules
IR	■ Prováděcí pravidla – Implementing rules
ISA	■ Mezinárodní standardní atmosféra – International standard atmosphere
JS	■ JavaScript
JSON	■ Java-scriptový objektový zápis – Java script object notation
kg	■ Kilogram – Kilogram
kt	■ Knot, Uzel – Knot
L/h	■ Spotřeba paliva za hodinu – Fuel consumption per hour
lb	■ Libra – Pound
LD	■ Délka přistání – Landing distance
LDA	■ Použitelná délka přistání – Landing distance available
LR	■ Délka dojezdu – Landing roll
LW	■ Přistávací hmotnost – Landing weight
m	■ Metr (měrová jednotka) – Metre (dimensional unit)
MAP	■ Plnící tlak – Manifold pressure
MOPSC	■ Maximální provozní konfigurace sedadel pro cestující – Maximum operational passenger seating configuration
MSL	■ Střední hladina moře – Mean sea level
MTOW	■ Maximální vzletová hmotnost – Maximum take-off weight
NCC	■ Neobchodní provoz složitých motorových letadel – Non-commercial operations with complex motor-powered aircraft
NCO	■ Neobchodní provoz jiných než složitých motorových letadel – Non-commercial operations with other than complex motor-powered aircraft
NM	■ Námořní míle – Nautical mile
NM/L	■ Námořní míle na litr paliva – Nautical mile per liter of fuel
OAT	■ Venkovní teplota vzduchu – Outside air temperature
OIS	■ Palubní informační systém – Onboard information system
OM	■ Provozní příručka – Operations manual
OPT	■ Palubní nástroj pro výkonnost – Onboard performance tool
OSN	■ Organizace spojených národů – United Nations (UN)
PA	■ Tlaková nadmořská výška – Pressure altitude
PDF	■ Přenosný formát dokumentů – Portable document format
PED	■ Přenosné elektronické zařízení – Portable electronic device
POH	■ Provozní příručka pilota – Pilot's operating handbook
PWA	■ Progresivní webová aplikace – Progressive web application
QNH	■ Atmosferický tlak redukovaný na <b>MSL</b> – Atmospheric pressure adjusted to <b>MSL</b>
ROC	■ Stoupavost – Rate of climb
RPM	■ Otáčky za minutu – Revolutions per minute
RWY	■ Vzletová a přistávací dráha – Runway
SARP	■ Standardy a doporučené postupy – Standards and recommended practices
SEP	■ Jednomotorový pístový (letoun) – Single-engine piston (aeroplane)
SITAW	■ Situační uvědomění – Situational awareness
SOP	■ Standardní provozní postupy – Standard operating procedures
SPA	■ Zvláštní oprávnění – Specific approvals
SPO	■ Zvláštní provoz – Specialised operations
SUS	■ Škála použitelnosti systému – System usability scale

SWY	■ Dojezdová dráha – Stopway
TAS	■ Pravá vzdušná rychlosť – True airspeed
THR	■ Práh dráhy – Threshold
TOD	■ Dĺžka vzletu – Take-off distance
TODA	■ Použitelná dĺžka vzletu – Take-off distance available
TOR	■ Dĺžka rozjezdu – Take-off run
TORA	■ Použitelná dĺžka rozjezdu – Take-off run available
TOW	■ Vzletová hmotnosť – Take-off weight
TW	■ Zadný vítr – Tailwind
ÚCL	■ Úřad pro civilní letectví – Civil aviation authority
URL	■ Uniform resource locator
UX	■ Uživatelská zkušenosť – User experience
VFR	■ Pravidla pro let za viditelnosti – Visual flight rules
\$	■ Americký dolar (USD) – American Dollar (USD)
%	■ Procento (gradient) – Percent (gradient)
°C	■ Stupeň Celsia – Degree Celsius

## Příloha A

### Zdrojové kódy aplikace

- Příloha A obshuji adresář se zdrojovými kódy a grafickými prvky aplikace.
- Přístup k aplikaci a celému adresáři je možný také v internetovém repozitáři GitHub:



**Obrázek A.1.** <https://github.com/zbysekpetrik/F6-BP-2019-petrik-zbysek-repository>

## Příloha B

### Korespondence se spol. Gyronimo



Zbysek Petrik <zbysek.petrik@gmail.com>

#### Performance, UNI thesis

Počet zpráv: 3

Zbysek Petrik <zbysek.petrik@gmail.com>  
Komu: info@gyronimo.com

15. července 2019 0:18

Dear Gyronimo,  
I am a university apl(a) student working on my bachelor thesis focused on performance calculations. My task is to develop simple tool for students, so they can do their m&b and perf calculations of Tecnam fleet we use. During my research for the thesis I've found your company and your great iPad solutions. The requirement for the tool though is multiplatform use as only minority of students can afford iPad device for the training here in CZ. I would like to kindly ask you if I can mention your company and apps in research section of my thesis. Also my big concern is whether there is a chance of obtaining tabulated perf data for Piper aircraft (we use one PA28 for IFR training) or this must be done in some kind of software graphical computing out of AFM charts.  
Have a nice day!

Yours sincerely,

Zbysek Petrik  
CTU in Prague

info@gyronimo.com <info@gyronimo.com>  
Komu: Zbysek Petrik <zbysek.petrik@gmail.com>

16. července 2019 16:53

Dear Zbysek,

Thank you very much for your email. Yes, you can mention us in your research, we would be delighted.  
Unfortunately we can not provide the requested performance data, since we keep them for our product exclusively.  
We will soon launch a new app called 'Flight Pad' that also integrates Tecnam aircrafts (2006, 2008, 2010)  
Once our new Flight Pad is online we will send you a redeem code so you can test the app free of charge,  
it would be great to hear your feedback.

Thank you very much, all the best for your thesis  
Stephanie

**GYRONIMO, LLC**  
iPad & iPhone Apps for Weight & Balance and Performance

Stephanie Ahlen, Operations Manager  
6424 E Greenway Pkwy  
Suite 100  
Scottsdale, AZ 85254  
[info@gyronimo.com](mailto:info@gyronimo.com)  
[www.gyronimo.com](http://www.gyronimo.com)  
[Citovaný text by skryt]

Zbysek Petrik <zbysek.petrik@gmail.com>  
Komu: "info@gyronimo.com" <info@gyronimo.com>

17. července 2019 11:09

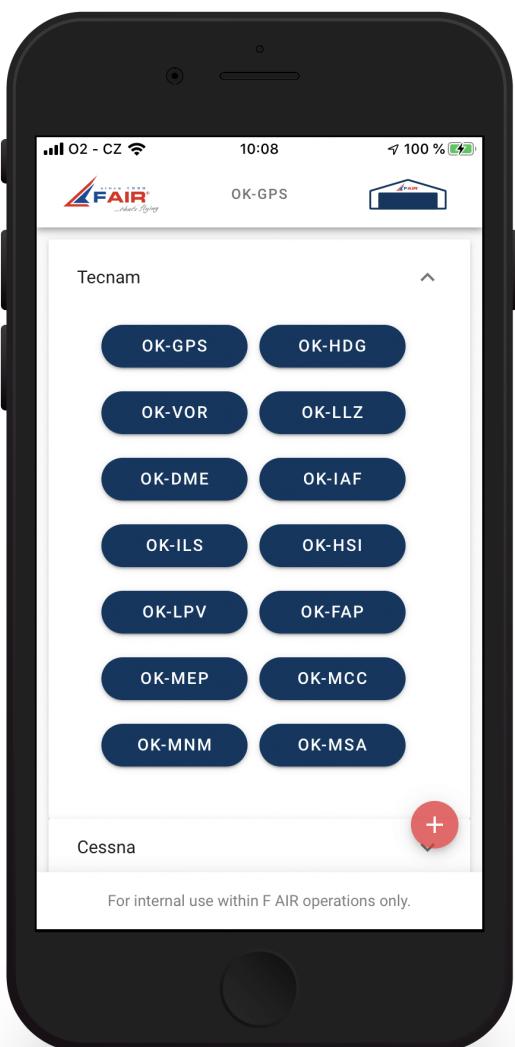
Dear Stephanie,

Thank you for your kind reply. I will mention you in the best meaning of course as a great product.  
I would be pleased to have the opportunity of testing your app.  
Have a nice day and best wishes with your new products!

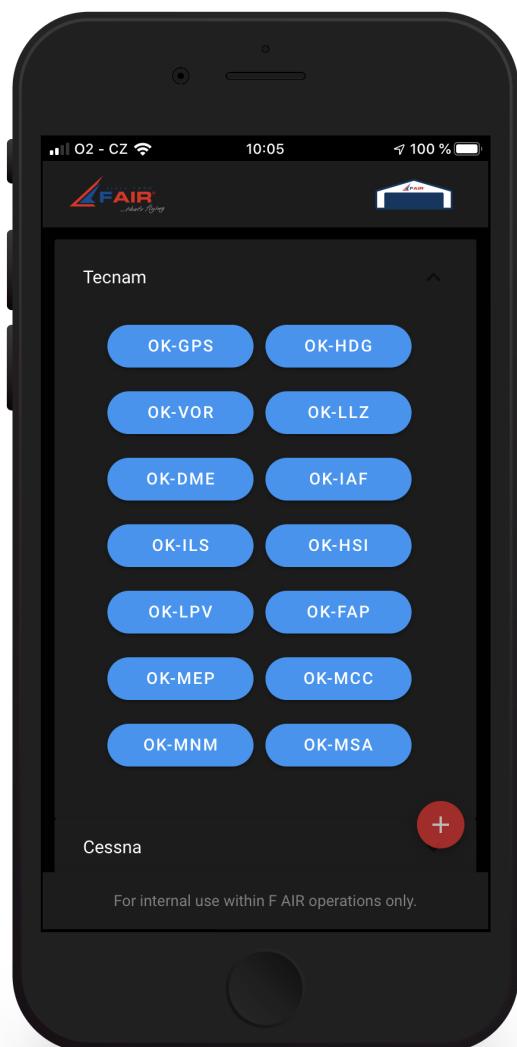
Yours Sincerely,  
Zbysek Petrik

## Příloha C

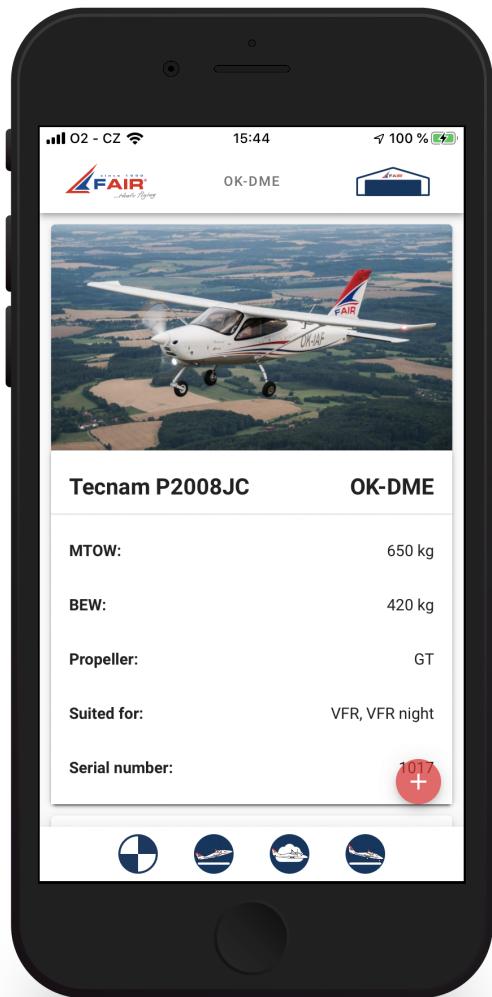
### Snímky z uživatelského prostředí



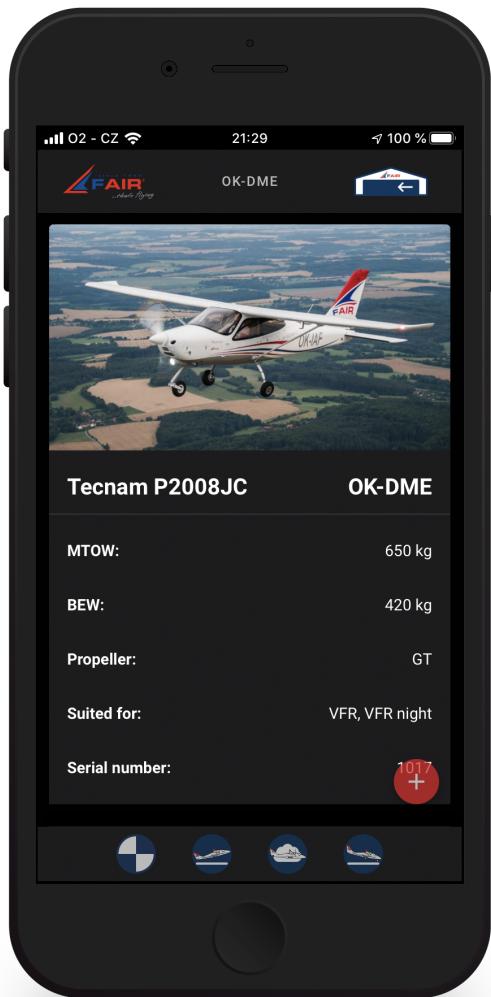
**Obrázek C.2.** Světlý režim



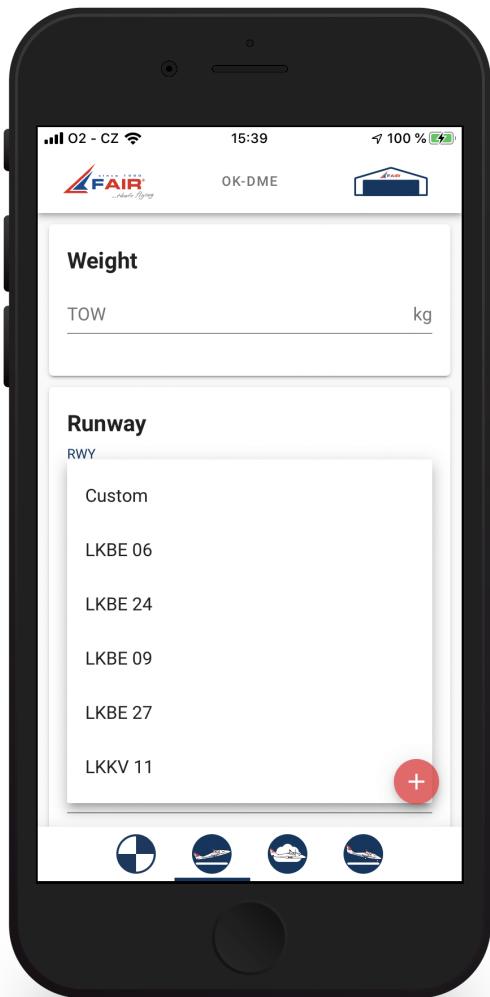
**Obrázek C.3.** Tmavý režim



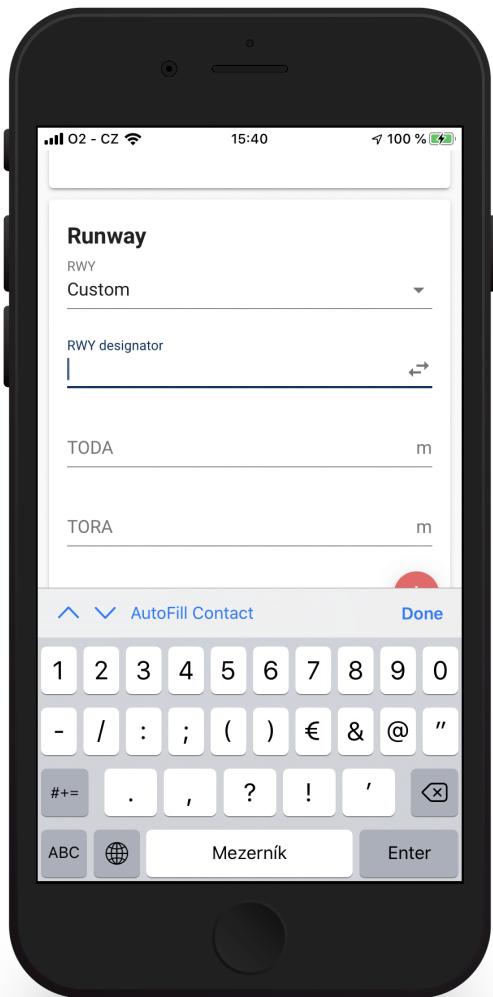
**Obrázek C.4.** Světlý režim



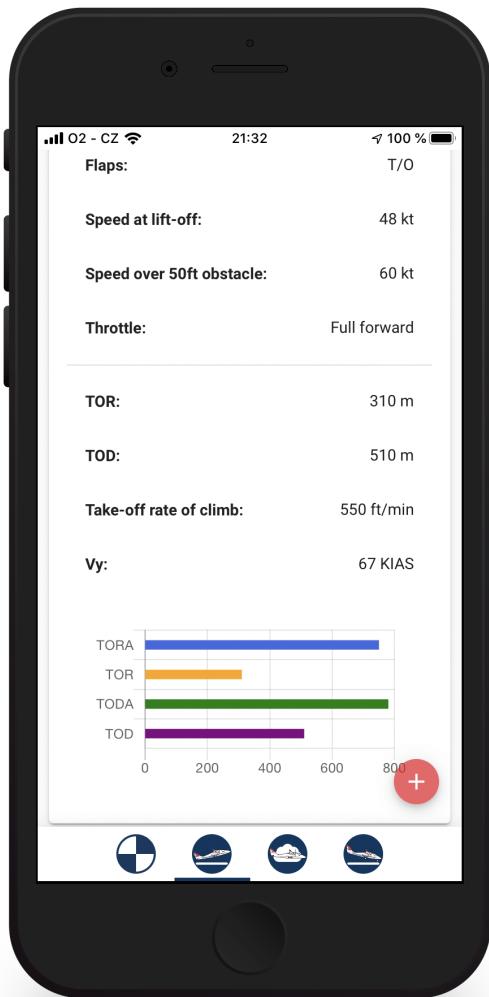
**Obrázek C.5.** Tmavý režim



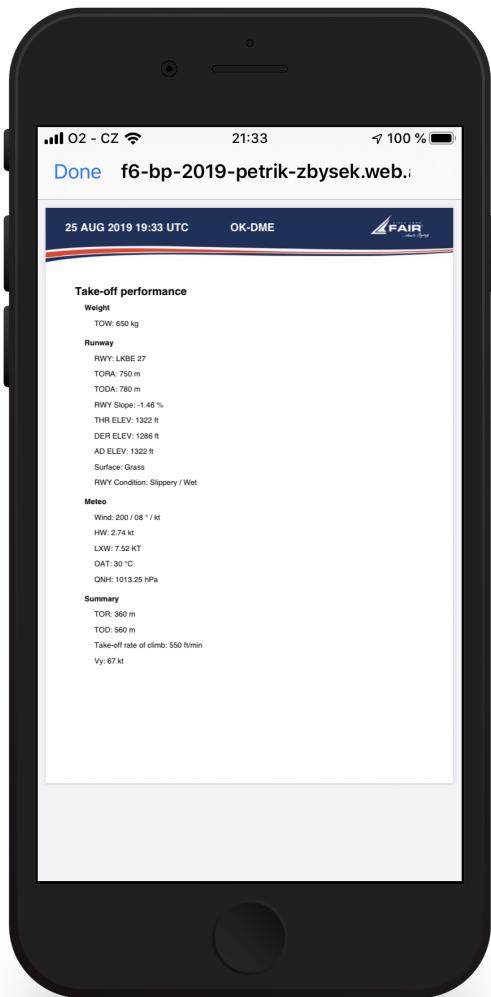
**Obrázek C.6.** Volba RWY



**Obrázek C.7.** Volba uživatelské RWY



**Obrázek C.8.** Zobrazení výsledků



**Obrázek C.9.** Exportované PDF

## Příloha D

### Průvodní zpráva uživatelského testování



Zbysek Petrik <zbysek.petrik@gmail.com>

#### Testing of performance and W&B calculation app

Zbysek Petrik <zbysek.petrik@gmail.com>  
Komu: Bartůnek Filip <Bartunek@f-air.cz>

13. srpna 2019 2:32

Dear students and instructors,

hereby presented application aims to deliver new comprehensive tool for pre-flight briefing within F AIR school. It is designed to be easy to use and time-saving solution.  
Application which is presently in testing phase however needs to be evaluated by future users to eliminate potential flaws.

I kindly ask you to try out the app and fill in the related questionnaire afterwards. Your feedback is highly appreciated. Current version contains fully working example of P2008JC aircraft.  
Presently known flaw is presence of "non-smooth" animations on android devices which will be solved once update of internal design library is available.

> Application < > questionnaire <

Development is a part of bachelor thesis at ČVUT.

Thank you,

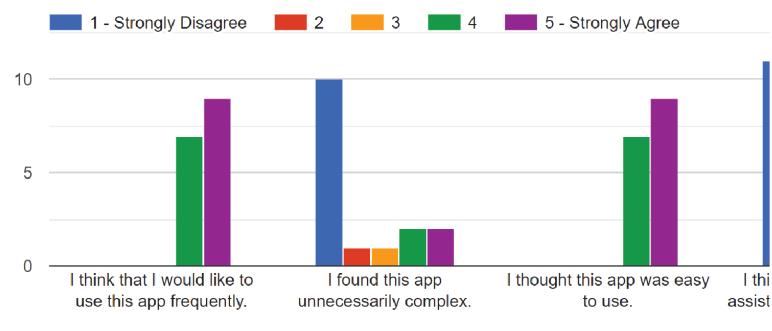
Zbyšek Petřík

## Příloha E

### Dotazník uživatelské přívětivosti

Testing stage, performance calculations available for P2008JC only. Export of results to PDF available soon.

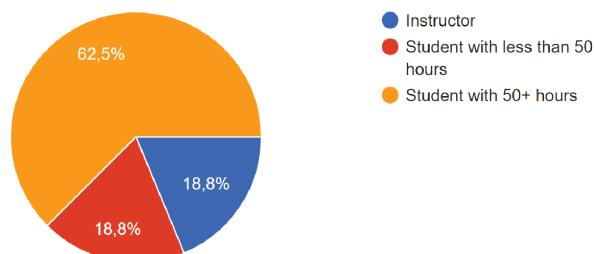
Please rate your level of agreement 1 – 5 with each of the following statements:



### Final feedback

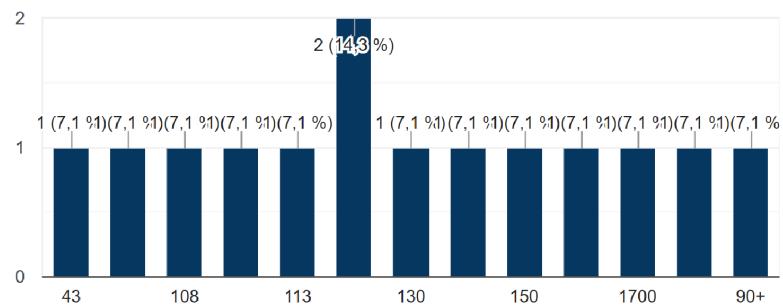
#### My experience

16 odpovědí



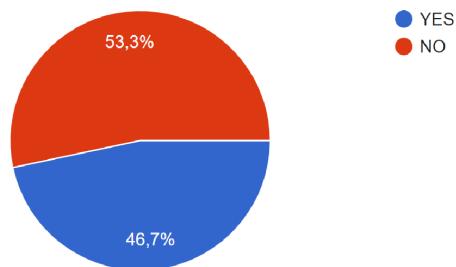
## Approximate total flight hours

## 14 odpověď



I calculate performance analysis data prior to every single flight.

15 odpovědí



Report what you especially like or dislike about the app.

8 odpovědí

Like: Design, UX Dislike: not smooth animations on "home page"

+ Night version

The app is very easy to use and is very helpful. I would use this app before every flight.

It's Easy, fast

There is no other app like this. I really like it and I would definitely use it in my training.

Velmi přehledné a konečně jsme zase v 21. století. Díky moc.

I find the app very easy to use and also user friendly. Nice graphics!

Very useful, thanks

Feel free to advise what (and how) to improve.

4 odpovědi

Nothing, very good app.

V sekci enroute mi nešlo zadat zápornou teplotu. Na Samsung S7 je v nabídce, ale píše pouze desetinou čárku. Při definování obecného letiště bych zadal do políčka něco jako define or choose, aby bylo každému jasné, že lze definovat i letiště, které není v databázi.

Make an app for dsa

Add "back" button when I open any airplane and want to go back to the list of airplanes

Thank you very much! :)

Obsah není vytvořen ani schválen Googlem. Nahlásit zneužití - [Smluvní podmínky služby](#).

Google Formuláře

## Příloha F

### Výsledky System Usability Scale

Participant	q1	q2	q3	q4	q5	q6	q7	q8	q9	q10	SUS skóre
p1	5	1	5	1	3	2	4	1	5	2	<b>87,5</b>
p2	4	2	4	1	4	1	5	1	4	1	<b>87,5</b>
p3	4	3	4	2	4	1	5	2	4	3	<b>75</b>
p4	5	4	4	1	4	1	5	2	4	1	<b>82,5</b>
p5	5	1	4	1	5	1	5	1	5	1	<b>97,5</b>
p6	5	1	4	1	5	1	4	1	4	1	<b>92,5</b>
p7	5	1	5	2	4	1	5	1	5	2	<b>92,5</b>
p8	5	1	5	1	5	1	5	1	4	1	<b>97,5</b>
p9	4	1	5	1	5	1	5	3	5	1	<b>92,5</b>
p10	5	5	5	5	5	3	5	1	5	1	<b>75</b>
p11	4	4	5	1	5	5	5	4	4	1	<b>70</b>
p12	4	1	5	1	5	1	5	1	5	2	<b>95</b>
p13	5	1	5	1	4	1	5	1	4	2	<b>92,5</b>
p14	4	5	4	2	5	2	4	2	4	2	<b>70</b>
p15	4	1	4	2	3	1	4	2	4	1	<b>80</b>
p16	5	1	5	1	5	1	5	2	5	1	<b>97,5</b>
Průměrně	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	<b>86,5625</b>

Metodika hodnocení je následovná: u lichých otázek je třeba od odpovědi uživatele odečíst číslo 1 a u sudých otázek je provedeno odečtení odpovědi od čísla 5. Tímto se změní měřítko všech hodnot od 0 do 4, kdy hodnota 4 znamená nejpozitivnější odezvu na danou položku (otázku). Nyní je třeba všech 10 hodnot od unikátního respondenta sečist a poté vynásobit 2,5 pro transformaci na běžnou stupnici od 0 do 100. Výsledek poté můžeme prezentovat procenty, kdy 100% znamená dokonale implementovaný ideální systém. Výsledné procentuální hodnoty jsou pro celkové vyhodnocení zprůměrovány.

## Příloha G

### Testování přesnosti a rychlosti výpočtů

#### Testování výpočtů výkonnosti - F AIR

5 odpovědí

Výpočty proveděte pro letoun P2008JC – registrace OK-DME

Před samotným testováním je doporučeno seznámit se s oběma metodami – každé je vhodné věnovat přibližně 5 min.

Během testování vždy proveďte nejdříve výpočet pomocí AFM a až poté použijte testovanou aplikaci.

Při výpočtu dle AFM je možné použít SW nástroje, či mechanická počítadla dle vlastního uvážení (kromě testované aplikace).

Každý výsledek výpočtu doplňte dobou, která byla potřebná pro výpočet.

Výsledky výpočtů i trvání jednotlivých výpočtů uveděte do příslušného políčka v libovolném srozumitelném formátu. (např. u vzletu: TOR=300m, TOD=430m, RoC=600ft/min, Vy=70kt, doba=2 min)

Pro každý úkol vždy z AFM vypočítejte stejné výkonné charakteristiky, jako počítá aplikace.

Pro zaznamenání času každého výpočtu lze využít stopky:  
<https://www.timeanddate.com/stopwatch/>

Proveďte výpočet W&B s těmito daty: pilot a pasažér: 140kg, palivo: 70L, zavazadla: 5kg.

## Výsledek z AFM

5 odpovědí

TOW=620,3kg, 1,9 inch ( 120s )

TOW = 615.4 kg; výsledný moment = 1163.43; CG = 1.89 m (3 min)

TOW = 615.4 kg; CG = 1.89 m (200s)

tow = 615,4kg | cg = 1,88m ( 220s )

TOW=615.4kg, CG=1.90m, 280s

## Výsledek z aplikace

5 odpovědí

TOW=615,4kg, 1,89 inch ( 30s )

TOW = 615.4 kg, CG = 1.892 m (čas 15 s)

TOW = 615.4 kg, CG = 1.892 m (čas 7s)

tow = 615,4kg | cg = 1,892m ( 12s )

TOW=615.4kg, CG=1.892m, 20s

Vypočítejte výkonnost pro vzlet s výše zjištenou hmotností a daty: LKKV, RWY11, DRY, 110°/05kt, 17°C, Q1016.

## Výsledek z AFM

5 odpovědí

TOR= 250m, TOD = 410m, ROC = 660ft/min ( 500 s )

TOR = 221 m; TOD = 390 m; RoC = 655 ft/min; (čas 495 s)

TOR = 240 m; TOD = 420 m; RoC = 620 ft/min; (čas 5min)

tor = 210m | tod = 400m | roc = 630ft / min ( 280s )

TOR=230m, TOD=420m, ROC=615ft/min, 260s

## Výsledek z aplikace

5 odpovědí

TOR = 230m, TOD = 400m, ROC = 640ft/min ( 30s )

TOR = 220 m; TOD = 390 m; RoC = 650 ft/min; (25 s)

TOR = 220 m; TOD = 390 m; RoC = 650 ft/min; (20s)

tor = 220m | tod = 390m | roc= 650 ft / min ( 25s )

TOR=220m, TOD=390m, ROC=650ft/min, 20s

Vypočítejte výkonnost pro přistání s daty: LKKV, RWY11, DRY, 110°/05kt, 17°C, Q1016.

### Výsledek z AFM

5 odpovědí

LD = 400m, LR = 170m ( 300s )

LD = 350 m; LR = 150 m; (4 min)

LD = 400 m; LR = 180 m; (250s)

ld = 380m | lr = 170m ( 290s )

LD=360m, LR=150m, 330s

### Výsledek z aplikace

5 odpovědí

LD = 370m, LR = 160m ( 35s )

LD = 370 m; LR = 160 m; (22 s)

LD = 370 m; LR = 160 m; (20s)

ld = 370m | lr = 160m ( 22s )

LD=370m, LR=160m, 18s

Pro MTOW zjistěte stoupavost a Vy na trati v PA=2500ft a 25°C.

## Výsledek z AFM

5 odpovědí

ROC = 600ft/min, Vy = 69kt ( 250s )

Roc = 590 ft/min; Vy = 69kt; (čas 250 s)

Roc = 510 ft/min; Vy = 71kt; (čas 230s)

roc = 610 ft / min | vy = 70kt ( 270s )

ROC=590ft/min, Vy=71kt ( 350s )

## Výsledek z aplikace

5 odpovědí

ROC = 580 ft/min, Vy = 69kt ( 20s )

RoC = 580 ft/min; Vy = 69kt; (čas 15 s)

RoC = 580 ft/min; Vy = 69kt; (čas 10s)

roc = 580 ft / min | vy = 69kt ( 15s )

ROC=580ft/min, Vy=69kt ( 25s )

Vypočítejte výkonnost pro vzlet s hmotností MTOW a daty: LKBE, RWY06, DRY,  
180°/06kt, 25°C, Q1013.

### Výsledek z AFM

5 odpovědí

TOR = 360m, TOD = 560m, ROC = 590ft/min ( 350s )

TOR = 350 m; TOD = 550 m; RoC = 600 ft/min; (420 s)

TOR = 370 m; TOD = 550 m; RoC = 650 ft/min; (360s)

tor = 370m | tod = 560m | roc= 560 ft / min ( 350s )

TOR=340m, TOD=540m, ROC=590ft/min, 390s

### Výsledek z aplikace

5 odpovědí

TOR = 360m, TOD = 560m, ROC = 579ft / min ( 30s )

TOR = 360 m; TOD = 560 m; RoC = 579 ft/min; (25 s)

TOR = 360 m; TOD = 560 m; RoC = 579 ft/min; (20s)

tor = 360m | tod = 560m | roc= 579 ft / min ( 20s )

TOR=360m, TOD=560m, ROC=579ft/min, 24s

## Dodatečné informace

### Celkový nálet

5 odpovědí

130h

120h

200h

145h

130

Pokud byly využity, uveďte jaké nástroje jste použil/a pro výpočty z AFM.

5 odpovědí

Kalkulačka

AIP, kalkulačka

kalkulátor

kalkulačka, papír

kalkulačka