



RIADENIE RIZÍK SPOJENÝCH S ÚNAVOU ČLENA POSÁDKY

Miroslav Barlík
Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina

Branislav Kandra
Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina

Abstract

This paper investigates crew fatigue risk management in aviation, analyzing legislative frameworks from ICAO, EASA, and Slovak authorities. It explores Fatigue Risk Management Systems (FRMS) as a data-driven alternative to prescriptive flight time limitations. A case study on Žilina Airport evaluates bio-mathematical models, identifying FAID Standard as the optimal solution due to its simplicity, affordability, and suitability for small-scale operations. The study proposes a cost-effective FRMS implementation, offering practical recommendations to enhance aviation safety at regional airports.

Keywords

atigue, risk management, FRMS, aviation safety, bio-mathematical models, FAID Standard, Žilina Airport, legislative framework, circadian rhythms

1. Úvod

Únava členov posádky predstavuje vážnu hrozbu pre bezpečnosť leteckej prevádzky, pretože negatívne ovplyvňuje kognitívne schopnosti, rozhodovanie a celkový výkon. Tento problém viedol k vytvoreniu komplexných legislatívnych rámcov na medzinárodnej, európskej a národnej úrovni, ktoré sa zameriavajú na zmiernenie rizík spojených s únavou. Medzinárodná organizácia civilného letectva (ICAO), Agentúra Európskej únie pre bezpečnosť letectva (EASA) a slovenské letecké orgány stanovili predpisy, ktoré kombinujú tradičné limity letového času (FTL) s modernými systémami riadenia rizík únavy (FRMS). [1,2,3,4,6]

FRMS predstavuje vedecky podložený, dátovo orientovaný prístup, ktorý umožňuje flexibilné prispôsobenie riadenia únavy špecifickým prevádzkovým podmienkam. Tento článok analyzuje tieto legislatívne rámce a navrhuje praktickú implementáciu FRMS na letisku Žilina, regionálnom centre pre výcvik pilotov, biznis lety a špeciálne operácie, ako napríklad letecká záchranka. Štúdia je rozdelená do troch hlavných častí: analýza legislatívnych dokumentov, preskúmanie princípov a implementácie FRMS a prípadová štúdia zameraná na aplikáciu FRMS na letisku Žilina. Cieľom je poskytnúť komplexný pohľad na riadenie únavy v letectve a navrhnuť stratégie na zlepšenie bezpečnosti prostredníctvom efektívneho manažmentu rizík únavy. [5]

Letisko Žilina, ako malé regionálne letisko, má špecifické potreby, ktoré vyžadujú jednoduché a cenovo dostupné riešenia. Výber vhodného bio-matematického modelu a návrh implementačného procesu sú kľúčové pre zabezpečenie bezpečnosti bez nadmerného finančného zaťaženia. Tento článok ponúka konkrétne odporúčania, ktoré môžu slúžiť ako vzor pre iné regionálne letiská s podobnými prevádzkovými charakteristikami. [5,4]

2. Metodika a metódy skúmania

Pri výskume sme využili tri hlavné metódy na dosiahnutie stanovených cieľov:

- Analýza dokumentov:** Podrobne boli preskúmané kľúčové legislatívne dokumenty, vrátane Annexu 6 a Dokumentu 9966 od ICAO, Nariadenia (EÚ) č. 965/2012 od EASA a slovenských zákonov, ako je Zákon č. 143/1998 Z. z. o civilnom letectve. Táto analýza poskytla hlboké pochopenie právneho a regulačného rámca riadenia únavy v letectve.
- Porovnávací analýza:** Štyri bio-matematické modely (SAFTE, FAID, BAM, FRI) boli hodnotené na základe kritérií jednoduchosti, nákladov, relevantnosti a presnosti. Tento prístup umožnil identifikovať najvhodnejší model pre letisko Žilina, zohľadňujúc jeho špecifiká ako malé regionálne letisko.
- Kvantitatívna analýza nákladov:** Na odhad nákladov implementácie modelu FAID Standard boli použité údaje od spoločnosti InterDynamics, vrátane cien hardvéru (počítače), softvérových licencií a prevádzkových nákladov (internet, školenia). Tieto výpočty potvrdili finančnú uskutočniteľnosť navrhovaného riešenia.

Tieto metódy umožnili komplexný prístup k problematike, kombinujúc teoretické poznatky s praktickou aplikáciou, aby bolo možné navrhnuť efektívne a udržateľné riešenie pre letisko Žilina.

3. Výsledky

3.1. Legislatívny rámec spojený s únavou člena posádky

3.1.1. Legislatívny rámec ICAO v súvislosti s únavou člena posádky

Medzinárodná organizácia civilného letectva (ICAO) stanovuje globálne štandardy a odporúčané postupy (SARPs) pre bezpečnú prevádzku civilného letectva. Kľúčové dokumenty, ako Annex 6 (Časť I), Dokument 9966, Circular 315 a Annex 19, definujú únavu ako fyziologický stav, ktorý znižuje schopnosť jednotlivca

vykonávať úlohy bezpečne a efektívne. Tento stav je spôsobený nedostatkom spánku, dlhodobou bdelosťou, narušením cirkadiálnych rytmov alebo nadmernou pracovnou záťažou.[1,2,7]

ICAO kladie dôraz na vedecký prístup k riadeniu únavy, ukladá členským štátom povinnosť zaviesť predpisy obmedzujúce letový čas a minimálne obdobia odpočinku. Dokument 9966 ponúka usmernenia pre implementáciu FRMS ako alternatívy k pevným limitom, zatiaľ čo Annex 19 integruje riadenie únavy do Systémov riadenia bezpečnosti (SMS). Tieto dokumenty zdôrazňujú potrebu systematickej identifikácie a zmiernovania rizík spojených s únavou, čím prispievajú k zvýšeniu bezpečnosti leteckej prevádzky.[1,2,7]

3.1.2. Legislatívny rámec EASA v súvislosti s únavou člena posádky

Agentúra EÚ pre bezpečnosť letectva (EASA) vyvinula komplexný legislatívny rámec založený na vedeckých princípoch a prevádzkových skúsenostiach. Nariadenie (EÚ) č. 965/2012 (ORO.FTL.120) stanovuje limity letového času (napr. maximálne 13 hodín denne, 110 hodín za 14 dní) a minimálne obdobia odpočinku, zohľadňujúc cirkadiánne rytmy a kumulatívnu únavu. EASA podporuje FRMS ako výkonnostne orientovaný systém, ktorý umožňuje operátorom prispôsobiť riadenie únavy ich špecifickým potrebám.[3]

Časť 145 Nariadenia (EÚ) č. 1321/2014 sa zameriava na personál údržby, stanovujúc limity pracovného času, najmä pri nočných zmenách, aby sa predišlo chybám spôsobeným únavou. EASA vyžaduje povinné školenia pre letové posádky, technický personál a manažérov, ktoré sa zameriavajú na rozpoznávanie symptómov únavy a stratégie jej zmiernovania. Tieto opatrenia zabezpečujú jednotný bezpečnostný štandard v rámci Európskej únie.[3,12]

3.1.3. Legislatívny rámec verejného letectva na Slovensku v súvislosti s únavou člena posádky

Slovenská legislatíva je harmonizovaná s požiadavkami ICAO a EASA, tvoriac komplexný súbor právnych noriem zameraných na bezpečnosť leteckej prevádzky. Kľúčové dokumenty zahŕňajú Zákon č. 143/1998 Z. z. o civilnom letectve, Nariadenie vlády č. 344/2005 Z. z. a letecké predpisy série L. Tieto predpisy definujú maximálne limity letového času (napr. 13 hodín denne) a minimálne obdobia odpočinku (napr. 12 hodín po službe), zohľadňujúc fyziologické potreby posádky.[6,13]

Dopravný úrad SR dohliada na dodržiavanie týchto predpisov a podporuje implementáciu FRMS ako alternatívy k pevným limitom. Národný program bezpečnosti civilného letectva (NPBCL) integruje únavu do SMS, vyžadujúc od operátorov systematické identifikovanie rizík, úpravu harmonogramov a poskytovanie školení. Slovenská legislatíva presadzuje „Just Culture“, ktorá umožňuje posádkam hlásiť únavu bez obáv z trestu, čím prispieva k včasnej identifikácii a riešeniu problémov.[6,13]

3.2. *Systémy riadenia rizika únavy (FRMS) v letectve*

FRMS je vedecky podložený systém využívajúci bio-matematické modely na predikciu únavy. Zahŕňa hodnotenie rizík, zmiernovanie, monitorovanie a školenie posádok. Výhody

zahŕňajú zvýšenú bezpečnosť, flexibilitu plánovania a zlepšenie zdravia posádky. Výzvy zahŕňajú kultúrne bariéry, zdrojové obmedzenia a správu dát.[2,4,14]

3.3. *Návrh procesu zmiernovania rizík spojených s únavou člena posádky*

3.3.1. Analýza vhodnosti bio-matematických modelov pre letisko Žilina

Letisko Žilina je malé regionálne letisko obsluhujúce výcvikové lety Žilinskej univerzity, biznis lety a špeciálne operácie (napr. letecká záchranka). Pre jeho špecifiká bolo porovnaných štyri bio-matematické modely:[5]

- SAFTE: Presný, ale zložitý a drahý, nevhodný pre malé prevádzky.[8]
- FAID: Jednoduchý, cenovo dostupný, ideálny pre krátke lety; FAID Standard je optimálny.[4]
- BAM: Špecializovaný na dlhé lety, príliš nákladný.[9]
- FRI: Lacný, ale nedostatočne presný.[10]

FAID Standard bol vybraný pre jeho jednoduchosť, nízke náklady (€1,000–€2,000 ročne) a vhodnosť pre krátke, nepravidelné lety.

3.3.2. Implementácia FAID Standard na letisku Žilina

Navrhovaný proces implementácie FRMS na letisku Žilina s využitím modelu FAID Standard je navrhnutý tak, aby bol jednoduchý, finančne dostupný a efektívny, zohľadňujúc obmedzené zdroje malého letiska. Implementácia zahŕňa nasledujúce kroky:[4]

1. *Získanie softvéru:*

Kontaktovať spoločnosť InterDynamics (www.interdynamics.com) na získanie cenovej ponuky pre FAID Standard.

Požadovať o skúšobnú licenciu na otestovanie softvéru v reálnych podmienkach letiska.

Po úspešnom testovaní zakúpiť plnú licenciu (odhadované náklady: €1,000–€2,000 ročne, vrátane technickej podpory).[4]

2. *Výber a školenie tímu:*

Vytvoriť malý tím (2–3 osoby), napr. manažér letovej prevádzky, plánovač harmonogramov a zástupca bezpečnostného oddelenia, ktorý bude zodpovedný za správu a používanie FAID Standard.

Absolvovať online školenia poskytované InterDynamics, zamerané na ovládanie softvéru a interpretáciu jeho výstupov (odhadovaná dĺžka: niekoľko hodín až 1–2 dni).

Náklady na školenie sú minimálne, pretože online formát eliminuje cestovné výdavky.[4]

3. *Zber a správa dát:*

Zhromaždiť údaje o pracovných harmonogramoch pilotov, kabínového personálu a technikov, vrátane:

- Časov začiatku a konca služieb.
- Dĺžky a načasovania prestávok.
- Odhadovaných časov spánku (na základe štandardných modelov spánku).
- Údaje môžu byť získané z existujúcich plánovacích systémov letiska alebo manuálne zaznamenané počas prechodného obdobia.

Na správu údajov postačuje štandardný softvér, ako Microsoft Excel (zahnutý v bežných licenciách Windows), prípadne špecializovaný plánovací softvér ako Shiftboard (€50–€100 mesačne pre 20–30 zamestnancov).[4]

4. Integrácia do plánovania letov:

Používať FAID Standard na analýzu harmonogramov a identifikáciu období s vysokým rizikom únavy, najmä pri výcvikových letoch, kde študenti lietajú viackrát denne.

Na základe výstupov FAID upraviť rozvrhy, napr.:

- Presunúť lety na menej rizikové časy (mimo nočných hodín alebo období cirkadiánneho poklesu).
- Predĺžiť prestávky medzi službami pre pilotov a technikov.
- Obmedziť po sebe idúce náročné služby, aby sa znížila kumulatívna únava.

Softvér poskytuje FAID skóre, ktoré indikuje úroveň únavy, čo uľahčuje rozhodovanie o úpravách plánov.[4]

5. Monitorovanie a spätná väzba:

Po zavedení systému sledovať jeho vplyv na bezpečnosť, napr. zníženie počtu incidentov spôsobených únavou alebo zlepšenie hlásení posádok.

Pravidelne zbierať spätnú väzbu od pilotov, kabínového personálu a technikov, aby sa systém mohol ďalej prispôbiť špecifickým potrebám letiska.

Vytvoriť anonymný systém hlásenia únavy, podporujúci „Just Culture“, aby posádky mohli bez obáv upozorniť na potenciálne riziká.

Na základe monitorovania a spätnej väzby priebežne optimalizovať harmonogramy a procesy.[4]

6. Technologické požiadavky:

Hardvér: 1–2 štandardné kancelárske počítače s operačným systémom Windows (minimálne Intel Core i3, 4 GB RAM, 500 GB úložisko). Odhadované náklady: €300–€1,000.

Internetové pripojenie: Štandardné širokopásmové pripojenie (10 Mbps) na aktualizácie softvéru a technickú podporu (€20–€50 mesačne).

Softvér: FAID Standard ako desktopová aplikácia, nevyžadujúca dodatočné technológie, ako nositeľné zariadenia.[4]

3.3.3. Odhadované celkové náklady:

Jednorazové: €300–€1,000 (počítače).

Pravidelné: €1,000–€2,000 ročne (licencia FAID Standard), €20–€50 mesačne (internet a plánovací softvér).[4]

3.4. Možnosti budúcej modernizácie

Pre dlhodobé zlepšenie presnosti predikcií únavy sa odporúča zvážiť prechod na pokročilejší model FAID Quantum, ktorý umožňuje integráciu údajov o skutočnom spánku z nositeľných zariadení (napr. Garmin Vivosmart, Fitbit Charge). Tento model poskytuje Karolinska Sleepiness Scale (KSS) skóre a detailnejšie analýzy spánkových vzorcov, čo je vhodné pre presnejšie riadenie únavy.[4]

3.4.1. Kroky pre implementáciu FAID Quantum:

- 1. Nákup nositeľných zariadení: Zakúpiť 20–30 zariadení pre pilotov a kľúčový personál (€100–€200 za zariadenie, celkovo €2,000–€4,000).**
- 2. Integrácia dát: Vyvinúť softvér na prenos údajov z nositeľných zariadení do FAID Quantum, buď manuálne (bez dodatočných nákladov) alebo automatizovane cez API (€500–€1,000 jednorazovo).**
- 3. Školenie: Rozšíriť školenia tímu o prácu s údajmi zo zariadení a interpretáciu KSS skóre.**
- 4. Licencia: Zakúpiť FAID Quantum (Small Business edícia, €2,800 jednorazovo + €540 ročne za podporu).**

3.4.2. Odhadované náklady pre FAID Quantum:

- **Jednorazové: €3,100–€7,800 (licencia, hardvér, nositeľné zariadenia, integrácia).**
- **Pravidelné: €540 ročne (podpora), €20–€50 mesačne (internet).**

FAID Quantum je odporúčaný ako budúca modernizácia, ak letisko získa dostatočné finančné zdroje a preukáže sa potreba presnejších údajov. Prechod by mal byť postupný, začínajúc s FAID Standard a po vyhodnotení jeho efektívnosti (po 1–2 rokoch) zvážiť upgrade.[15]

3.5. Význam návrhu pre letisko Žilina

Navrhované riešenie je šité na mieru pre letisko Žilina, zohľadňujúc jeho obmedzený rozpočet (odhadovaný počet zamestnancov: 10–30) a špecifické prevádzkové potreby. Implementácia FAID Standard umožní:

- **Zvýšenie bezpečnosti: Minimalizácia rizík únavy u pilotov a technikov, čo je kľúčové pri výcvikových letoch s vysokou frekvenciou.**

- **Optimalizácia harmonogramov: Efektívnejšie plánovanie služieb, zníženie kumulatívnej únavy a zlepšenie pracovných podmienok.**
- **Nákladová efektivita: Nízke počiatkové a prevádzkové náklady, ktoré sú v súlade s finančnými možnosťami malého letiska.**
- **Súlad s reguláciami: Splnenie požiadaviek ICAO, EASA a slovenskej legislatívy na riadenie únavy.**
- **Budúca škálovateľnosť: Možnosť prechodu na FAID Quantum bez potreby zásadných zmien v infraštruktúre.**

Tento návrh môže slúžiť ako model pre iné regionálne letiská s podobnými prevádzkovými charakteristikami, čím prispieva k širšiemu uplatneniu FRMS v malých leteckých prevádzkach.[4,5,6]

4. Záver

Táto štúdia potvrdila, že legislatívne rámce ICAO, EASA a Slovenskej republiky efektívne riešia problematiku únavy členov posádky, pričom FRMS poskytuje flexibilitu na prispôsobenie riadenia únavy špecifickým prevádzkovým potrebám. Analýza bio-matematických modelov ukázala, že FAID Standard je najvhodnejším riešením pre letisko Žilina, kombinujúc jednoduchosť, cenovú dostupnosť a spoľahlivosť pre malé prevádzky s krátkymi a nepravidelnými letmi.

Navrhovaný proces implementácie FAID Standard je finančne uskutočniteľný, vyžadujúc minimálne počiatkové investície a malý tím na správu systému. Dlhodobým cieľom je potenciálny prechod na FAID Quantum, ktorý by využitím nositeľných technológií mohol ďalej zvýšiť presnosť predikcií únavy. Výsledky štúdie ponúkajú praktické odporúčania pre letisko Žilina a môžu slúžiť ako vzor pre iné regionálne letiská s podobnými charakteristikami.

Práca prispieva k lepšiemu pochopeniu manažmentu únavy v letectve a zdôrazňuje dôležitosť proaktívnych opatrení na zvýšenie bezpečnosti. Budúci výskum by mal preskúmať pokročilé bio-matematické modely, nositeľné technológie a ich integráciu do FRMS, aby sa ďalej zlepšila predikcia únavy a celková bezpečnosť leteckej prevádzky.

Podakovanie

Článok je publikovaný ako jeden z výstupov projektu Ministerstva školstva, výskumu, vývoja a mládeže Slovenskej republiky KEGA 024ŽU-4/2023 s názvom "Integrácia najnovších vedných poznatkov v rámci zvyšovania kvality praktickej a laboratórnej výučby študijného programu Letecká doprava".

Referencie

- [1] ICAO. Annex 6: Prevádzka lietadiel, Časť I. [Online] 2018. Dostupné: [https://www.icao.int/safety/CAPSCA/PublishingImages/Pages/ICAO-SARPs-\(Annexesand-PANS\)/Annex%206.pdf](https://www.icao.int/safety/CAPSCA/PublishingImages/Pages/ICAO-SARPs-(Annexesand-PANS)/Annex%206.pdf) [citované: 15. október 2024].

- [2] ICAO. Dokument 9966: Manuál pre dohľad nad prístupmi k riadeniu únavy. [Online] 2017. Dostupné: <https://www.icao.int/safety/fatiguemanagement/FRMS%20Tools/Doc%209966.FRMS.2016%20Edition.en.pdf> [citované: 15. október 2024].
- [3] EASA. Nariadenie (EÚ) č. 965/2012. [Online] 2012. Dostupné: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/?uri=CELEX:32012R0965> [citované: 27. október 2024].
- [4] InterDynamics. Softvér FAID Quantum. [Online] 2023. Dostupné: <https://www.interdynamics.com/fatigue-risk-management-solutions/fatigue-risk-management-products/faid-quantum-software/> [citované: 10. marec 2025].
- [5] Letisko Žilina. [Online] 2025. Dostupné: <https://www.letisko.sk/> [citované: 25. január 2025].
- [6] Slovenská republika. Zákon č. 143/1998 Z. z. o civilnom letectve. [Online] 1998. Dostupné: <https://www.slovlex.sk/ezbierky/pravne-predpisy/SK/ZZ/1998/143/> [citované: 2. november 2024].
- [7] ICAO. Annex 19: Riadenie bezpečnosti. [Online] 2013. Dostupné: <https://www.icao.int/safety/safetymanagement/documents/annex%2019%20%20icao%20presentation%20-%20self%20instruction%2024september2013.pdf> [citované: 15. október 2024].
- [8] Balkin, T. The Fatigue Avoidance Scheduling Tool: Modeling to Minimize the Effects of Fatigue on Cognitive Performance. [Online] 2004. Dostupné: https://www.academia.edu/65816662/The_fatigue_avoidance_scheduling_tool_Modeling_to_minimize_the_effects_of_fatigue_on_cognitive_performance [citované: 8. december 2024].
- [9] Boeing. BAM Technical Fact Sheet. [Online] 2014. Dostupné: https://s3.amazonaws.com/emmasassets/hd6ab/a6a02c61e154ca96a81acbb4de2f5f4b/BAM_Tech_Fact_Sheet_2.3.pdf [citované: 28. január 2025].
- [10] FRMSc. Fatigue Risk Index (FRI). [Online] 2017. Dostupné: <https://www.frmsc.com/products/fri/> [citované: 28. január 2025].
- [11] HelloComp. Kancelárske počítače. [Online] 2025. Dostupné: <https://stolne-pocitace.heureka.sk/f:12852:107795;12853:107981;q:kancelarske%20pocitace/?o=4> [citované: 20. február 2025].
- [12] EASA. Nariadenie (EÚ) č. 1321/2014, Časť 145. [Online] 2016. Dostupné: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02014R1321-20240612> [citované: 28. október 2024].
- [13] Slovenská republika. Nariadenie vlády č. 344/2005 Z. z. o organizácii pracovného času v doprave. [Online] 2005. Dostupné: <https://www.slovlex.sk/ezbierky/pravne-predpisy/SK/ZZ/2007/462/> [citované: 1. november 2024].

- [14] Shaik, S. Effectiveness of Fatigue Risk Management System in Aviation. [Online] 2024. Dostupné: <https://urfjournals.org/open-access/effectiveness-of-fatigue-risk-management-system-in-aviation.pdf> [citované: 8. december 2024].
- [15] Fitbit. Chytré náramky. [Online] 2025. Dostupné: <https://chytre-naramky.heureka.sk/f:21567:626640/?o=4> [citované: 20. február 2025].