



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

Ústav letecké dopravy

Vliv řízeného odpočinku na výkonnost pilota
Influence of Controlled Rest on the Pilot's Performance

Bakalářská práce

Studijní program: Technika a technologie v dopravě a spojích

Studijní obor: Profesionální pilot

Vedoucí práce: Ing. Lenka Hanáková, Ing. Viktor Valenta

Marek Moštěk

Praha 2022



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta dopravní
děkan
Konviktská 20, 110 00 Praha 1



K621.....Ústav letecké dopravy

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Marek Moštěk

Studijní program (obor/specializace) studenta:

bakalářský – PIL – Profesionální pilot

Název tématu (česky): **Vliv řízeného odpočinku na výkonnost pilota**

Název tématu (anglicky): Influence of Controlled Rest on the Pilot's Performance

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte následujícími pokyny:

- Cílem práce je zhodnotit vliv řízeného odpočinku na výkonnost pilotů. Práce vychází z předpokladu, že krátký spánek v průběhu nočního letu bude mít pozitivní vliv na výkon sledovaných pilotů.
- Vykonejte analýzu současného stavu zaměřenou na problematiku krátkého spánku a jeho vliv na výkonnost, s hlavním zaměřením na letecké prostředí a dále na možnosti sledování výkonu prostřednictvím subjektivních i objektivních metod.
- Na základě analýzy současného stavu vyberte vhodné metody sledování výkonnosti. Navrhněte a realizujte experiment, prostřednictvím něhož bude možné zhodnotit vliv krátkého spánku na výkonnost člověka.
- Získaná data vyhodnoťte prostřednictvím vhodných metod.
- Výsledky interpretujte a diskutujte.
- Formulujte závěry a limitace práce.



- 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: Fatigue Countermeasures Working Group. Controlled Rest on the Flight Deck: A resource for operators. (2018).
Cassie J. Hilditch, et al. "0200 The Prevalence of Controlled Rest as a Countermeasure to Sleepiness on the Flight Deck." (2019).

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Lenka Hanáková**
Ing. Viktor Valenta

Datum zadání bakalářské práce: **8. října 2021**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **30. listopadu 2022**
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




prof. Ing. Ondřej Příbyl, Ph.D.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Marek Moštěk
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 9. srpna 2022

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl rád poděkovat vedoucím své bakalářské práce paní Ing. Lence Hanákové a panu Ing. Viktoru Valentovi za odborné vedení a cenné rady při konzultacích. Poděkování patří i pilotům, kteří se zúčastnili měření a pomohli tak získat klíčová data pro zpracování mé bakalářské práce. V neposlední řadě bych rád poděkoval své rodině za podporu během celého mého studia.



Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci s názvem Vliv řízeného odpočinku na výkonnost pilota vypracoval samostatně a použil jsem k tomu pouze zdroje uvedené na konci práce, a to v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

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

V Praze dne: 30. listopadu 2022

.....
Marek Moštěk



Abstrakt

Únava je jeden z hlavních faktorů negativně ovlivňující lidskou výkonnost ve všech pracovních odvětvích. V leteckém prostředí můžeme zmírnit projevy únavy využitím metody řízeného odpočinku. Cílem bakalářské práce je posouzení vlivu řízeného odpočinku na výkonnost pilota u krátkých až středně dlouhých letů. Pro zkoumání byly využity 2 experimentální noční lety, kterých se zúčastnilo 10 subjektů. Subjekty provedly první noční let bez využití metody řízeného odpočinku a druhý noční let s metodou řízeného odpočinku. Během nočních letů došlo ke sběru dat pomocí subjektivního psychologického dotazníku a výkonnostního OR-testu, kde došlo k porovnání rychlosti a správnosti reakce. Data byla následně porovnána mezi nočním letem bez využití metody řízeného odpočinku a s využitím metody řízeného odpočinku. Výsledná data ukázala, že řízený odpočinek, a dokonce i doba ve kterou proběhl, by mohl mít pozitivní vliv na výkonnost pilota.

Klíčová slova: letectví, pilot, řízený odpočinek, únava, výkonnost



Abstract

In all work sectors, fatigue is one of the main factors which negatively effects human performance. In the aviation industry, fatigue may be mitigated by utilizing controlled rest procedures. The aim of this Bachelor thesis is to investigate the effect of controlled rest on the pilots' performance during short/medium haul flights. The basis for investigation was an experimental measurement, which consisted of two night flights. Ten participants performed one flight with controlled rest and the other flight without controlled rest. The OR-test and a subjective psychological questionnaire have been used to gather experimental data. The OR-test evaluates accuracy and response time. The data of night flight without controlled rest and with controlled rest was compared. The data has showed that controlled rest and even its timing could have a positive effect on pilots' performance.

Keywords: aviation, controlled rest, fatigue, performance, pilot



Obsah

Úvod	13
1. Teoretický základ práce	14
1.1. Lidský faktor	14
1.2. Tělesné rytmy a hodiny člověka	15
1.2.1. Cirkadiánní rytmus člověka	15
1.2.2. Změna tělesné teploty člověka	15
1.2.3. Cirkadiánní útlum	16
1.2.4. Rytmus výkonnosti člověka	17
1.3. Spánek	17
1.3.1. Stádia spánku	18
1.3.2. Spánek v leteckém prostředí	20
1.3.3. Kreditový systém spánku	21
1.4. Únava	21
1.4.1. Únava v leteckém prostředí	22
1.4.2. Základní projevy únavy a prevence	23
1.4.3. Zvládání únavy dle předpisu	23
1.4.4. Systém řízení rizik spojených s únavou	24
1.5. Řízený odpočinek	25
1.5.1. Postupy a metodika řízeného odpočinku	25
1.5.2. Pilot odpočívající a neodpočívající	26
1.5.3. Záruka bezpečnosti a crew briefing	27
1.6. Výkonnost člověka	27
1.6.1. Vztah výkonnosti a míry vzrušení	28
1.6.2. Výkonnost v letectví	29



1.7.	Analýza současného stavu	30
1.8.	Shrnutí.....	33
2.	Praktická část	34
2.1.	Simulátor Beechcraft Baron G58	34
2.2.	Zkoumané subjekty	34
2.3.	Průběh experimentu.....	35
2.3.1.	Průběh experimentu bez využití metody řízeného odpočinku.....	36
2.3.2.	Průběh experimentu s využitím metody řízeného odpočinku	38
2.4.	Podmínky a metody měření	40
2.4.1.	OR-test	41
2.4.2.	NASA Task Load Index (NASA-TLX)	43
2.5.	Metodika zpracování dat.....	45
3.	Výsledky	47
3.1.	Výsledky subjektivního dotazníku	47
3.2.	Výsledky OR-testu vyhodnocení času	53
3.2.1.	Výsledky OR-testu vyhodnocení času skupina 1	53
3.2.2.	Výsledky OR-testu vyhodnocení času skupina 2	59
3.3.	Výsledky OR-testu vyhodnocení správnosti.....	63
3.3.1.	Výsledky OR-test vyhodnocení správnosti skupina 1	63
3.3.2.	Výsledky OR-test vyhodnocení správnosti skupina 2	64
4.	Diskuse	66
	Závěr	68
	Reference	70



Seznam obrázků

Obrázek 1- Zobrazení cirkadiánního rytmu pomocí teploty [9]	16
Obrázek 2- Vztah spánku a tělesných hodin [8].....	18
Obrázek 3- NREM a REM spánek během noci [12]	19
Obrázek 4- Příklad profilu řízeného odpočinku [23].....	26
Obrázek 5- Yerkes-Dodsonův graf [26]	29
Obrázek 6- PRISMA diagram	31
Obrázek 7- Grafické zobrazení průběhu experimentu skupiny 1 a 2.....	36
Obrázek 8- Trať letu bez využití řízeného odpočinku.....	37
Obrázek 9- Trať letu s řízeným odpočinkem	39
Obrázek 10- Ukázka tabulky OR-testu.....	41
Obrázek 11- Zobrazení znázornění kódu u úlohy 1, 2 (A) a 3, 4 (B)	42
Obrázek 12- Znázornění části 1 (A) a části 2 (B).....	44
Obrázek 13- Distribuce dat psychická zátěž bez CR (A) s CR (B),	47
Obrázek 14- Distribuce dat fyzická zátěž bez CR (A) s CR (B),	48
Obrázek 15- Distribuce dat časová zátěž bez CR (A) s CR (B),.....	49
Obrázek 16- Distribuce dat kategorie výkonnost bez CR (A) s CR (B),.....	50
Obrázek 17- Distribuce dat kategorie úsilí bez CR (A) s CR (B),	51
Obrázek 18- Distribuce dat kategorie frustrace bez CR (A) s CR (B),.....	51
Obrázek 19- Distribuce dat kumulativní zátěže bez CR (A) s CR (B),.....	52
Obrázek 20- Distribuce dat skupiny 1 první části	54
Obrázek 21- Distribuce dat skupiny 1 druhé části	55
Obrázek 22- Distribuce dat skupiny 1 třetí části.....	56
Obrázek 23- Distribuce dat skupiny 1 čtvrté části	58
Obrázek 24- Distribuce dat skupiny 2 první části	59
Obrázek 25- Distribuce dat skupiny 2 druhé části	60



Obrázek 26- Distribuce dat skupiny 2 třetí části.....	61
Obrázek 27-Distribuce dat skupiny 2 čtvrté části.....	63
Obrázek 28-Distribuce dat skupiny 1	64
Obrázek 29-Distribuce dat skupiny 2	65

Seznam tabulek

Tabulka 1- Charakteristika NREM a REM spánku	19
--	----



Seznam zkratek

ACARS	Aircraft Communication, Addressing and Reporting System (Letový komunikační adresní a oznamovací systém)
ANOVA	Analysis of variance (Analýza rozptylu)
ATC	Air Traffic Control (Řízení letového provozu)
ATPL	Airline Transport Pilot Licence (Průkaz dopravního pilota)
ATIS	Automatic Terminal Information Service (Automatická informační služba koncové řízené oblasti)
CC	Cabin crew (Palubní posádka)
CNS	Centrální nervová soustava
CR	Controlled Rest (Řízený odpočinek)
ČVUT	České vysoké učení technické v Praze
EEG	Elektroencefalografie
EDDH	ICAO kód letiště Hamburg
EDDM	ICAO kód letiště Mnichov
EKCH	ICAO kód letiště Kodaň
FD	Fakulta dopravní
FRMS	Fatigue Risk Management System (Systém řízení rizik spojených s únavou)
H_0	Nulová hypotéza
IATA	International Air Transport Association (Mezinárodní asociace leteckých dopravců)
ICAO	International Civil Aviation Organization (Mezinárodní organizace pro civilní letectví)
IFALPA	International Federation of AirLine Pilots Association (Mezinárodní sdružení dopravních pilotů)
IFR	Instrument Flight Rules (Pravidla pro let podle přístrojů)
ILS	Instrument Landing System (Systém pro přesné přiblížení a přistání)



LFSB	ICAO kód letiště Basilej
ms	Milisekunda
NASA	National Aeronautics and Space Administration (Národní úřad pro letectví a vesmír)
NOSIG	No Significant Change (Bez význačné změny)
OFF	Operational Flight Plan (Provozní letový plán)
QNH	Q-kód označující tlak, ukazující nadmořskou výšku
NREM	Non-rapid Eye Movement (Spánková fáze bez rychlých očních pohybů)
NTLx	NASA Task Load Index
PRISMA	Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (Systematický přehled a meta-analýza vybraných poznatků)
REM	Rapid Eye Movement (Spánková fáze s rychlými očními pohyby)
s	Sekunda
SARP	Standards and Recommended Practices (Standardy a Doporučené postupy)
SID	Standard Instrument Departure (Standardní přístrojový odlet)
STAR	Standard Terminal Arrival (Standardní přístrojový přílet)
TAS	True Airspeed (Pravá vzdušná rychlost)
TOC	Top of Climb (Vrchol (konec) stoupání)
TOD	Top of Descend (Vrchol sestupu)
VOR	VHF Omnidirectional Radio Range (VKV všesměrový radiomaják)
α	Hladina významnosti



Úvod

Letecká doprava patří dle statistik k jednomu z nejbezpečnějších dopravních prostředků na světě, avšak i přes tento status zde stále existuje určité riziko, že dojde k nehodě. Lidský faktor má v rámci leteckých nehod značné postavení, protože většina leteckých nehod je způsobena právě chybou lidské složky.

Pilot je během letu vystavován velkému množství faktorů, které mohou výrazně ovlivnit jeho výkonnost, pilotáž, rozhodovací proces, bdělost, soustředěnost a mnohé další činnosti, a i přes velký vývoj techniky, postupů, systémů a automatizaci je pilot jediný článek, který může v případě závad či jiných nepředvídatelných okolností situaci ovlivnit a zachovat bezpečnost letu.

Hlavní složka ovlivňující schopnosti člověka je únava. Její projevy se výrazně objevují při narušení cirkadiánního rytmu, rozdílné pracovní době nebo při cestování mezi různými časovými pásmy. Piloti se s těmito událostmi setkávají denně a tím dochází k nárustu únavy a ovlivnění jejich pracovního výkonu, což může mít vliv na snížení výkonnosti, bdělosti a zhoršení kvality pilotáže během kritických fází letu. Proti únavě se používá řada protiopatření, mezi které patří i metoda řízeného odpočinku.

Cílem bakalářské práce je zhodnotit vliv řízeného odpočinku, který se v leteckém prostředí používá, na výkonnost pilota během krátkého až středně dlouhého nočního letu. Měření bylo prováděno experimentálně, za použití leteckého simulátoru na Ústavu letecké dopravy fakulty dopravní ČVUT a s využitím testů zaměřených na výkonnost, které subjekty absolvovaly během měření při letu bez řízeného odpočinku a s řízeným odpočinkem v rámci dvou nočních měření.



1. Teoretický základ práce

V rámci teoretického základu bakalářské práce dojde k objasnění rytmických systémů člověka, spánku, únavy a k popisu metodiky řízeného odpočinku, aby došlo k lepšímu pochopení praktické části a experimentálního měření.

1.1. Lidský faktor

Lidský faktor se zabývá lidmi v rámci životních a pracovních situací a zkoumá jejich vztahy s vybavením, ostatními lidmi, prostředím a pracovními procedurami. Lidský faktor v leteckém prostředí patří mezi nejvíce flexibilní a hodnotné části systému, avšak je to také nejvíce zranitelná část tohoto systému, která může nepříznivě ovlivňovat celkovou výkonnost [1].

Pokud mluvíme o lidském faktoru v leteckém prostředí, nebereme v úvahu pouze chybu pilota, ale také chybu ATC (letového řídicího), či chybu provedenou mechanikem při údržbě. V současné době je dle různých statistik podíl lidského faktoru na leteckých nehodách až kolem 80 %, přičemž mezi hlavní příčinu řetězce chyb pro vznik nehody patří chybné rozhodnutí při vzniku nestandardní situace, kdy jedna z prvotních příčin může být méně závažnějšího charakteru, na kterou lidská složka reaguje nedostatečně či se zpožděním [2].

Pochopení problematiky lidského faktoru je pro letectví důležité hlavně z hlediska efektivity a zejména z hlediska bezpečnosti. Potenciál vzniku lidské chyby se může zmírnit, či do určité míry minimalizovat, pokud budeme schopni zajistit určitou kompetenční úroveň. Tento potenciál vzniku lidské chyby ovšem nebude nikdy možné úplně eliminovat [3], protože člověk není zcela dokonalý a během letu je vystaven velkému množství vlivů, které na něj působí. Přes své nedokonalosti oproti moderním strojům se lidská složka od stroje liší hlavně svou flexibilitou, předvídatelností, improvizací a dalšími vlastnostmi, které mohou být výhodou například při technické závadě. V letectví je tak interakce lidské složky a techniky v rámci lidského faktoru důležitou znalostí, kterou můžeme implementovat do různých oblastí, jako například design, výcvikové postupy, či procedury zkvalitňující lidskou výkonnost [4].



1.2. Tělesné rytmy a hodiny člověka

Celý život člověka se odehrává ve světě rytmů. Jedná se o určité biologické procesy, které mají rytmický nebo cyklický charakter. Pro zkoumání těchto fenoménů došlo ke vzniku nového vědního sub-systému s názvem chronobiologie [5]. Chronobiologie zahrnuje oblasti výzkumu, které se týkají biologických hodin, vysokofrekvenčních cyklů, denních cyklů, měsíčních cyklů a ročních cyklů [6].

1.2.1. Cirkadiánní rytmus člověka

Mezi jeden z nejznámější biologických rytmů se řadí cirkadiánní rytmus neboli také 24hodinový rytmus, který vznikl na základě rotace Země kolem zemské osy. Periodicita tohoto 24hodinového rytmu ovšem není tak pravdivá. Pokud by byly odstraněny všechny vjemy, které nějakým způsobem ovlivňují člověk, trvání tohoto rytmu by se individuálně změnilo v rozmezí mezi 24 až 27 hodin [5] a organismus by se řídil dle biologických hodin, které jsou nezávislé na vnějších vjemech a dostávají signály z centra hypotalamu [7]. V reálném světě je však pomocí určitých vjemů, udržován 24hodinový cyklus. Mezi tyto vjemy, které přispívají k udržení 24hodinového cyklu, patří denní světlo, jídlo, tma, fyzické a sociální aktivity apod. [5].

Zejména u leteckých posádek dochází k rychlým přesunům napříč časovými pásmy, což vede ke vzniku desynchronizačních projevů (pásmová nemoc „*jet lag*“), které se projevují narušením spánku a pocitem únavy [2].

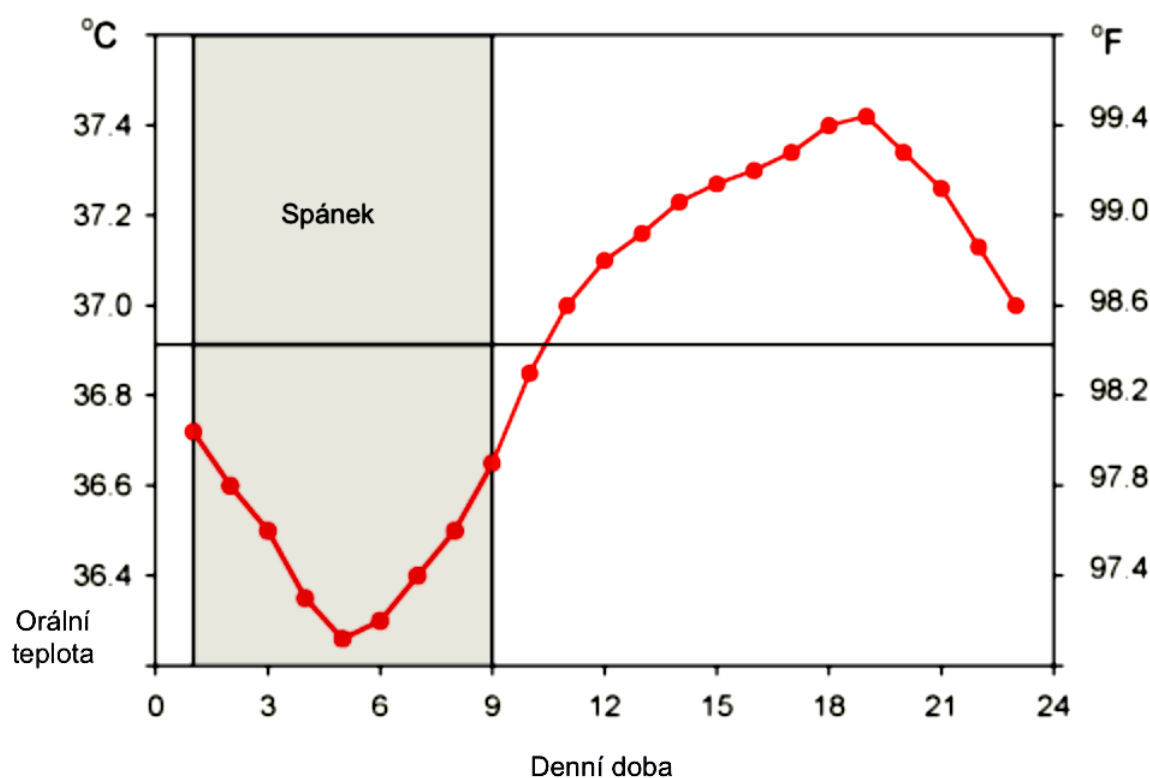
Střídání spánku a bdění ovšem nejsou jediné projevy cirkadiánního biorytmu. Mezi další projevy spojené s činností cirkadiánního biorytmu patří například změny tělesné teploty, krevního tlaku, aktivity, počtu bílých krvinek, sekrece některých hormonů, příjem potravy, chování a emocí [7].

1.2.2. Změna tělesné teploty člověka

Pro znázornění hodnot teploty člověka využíváme principu měření orální teploty člověka nebo měření teploty tělesného jádra člověka.

Změna orální teploty je typickým příkladem rytmických systémů. Orální teplota narůstá během dne, až do dosahu svého maxima, které nastává ve večerních hodinách a poté klesá až do dosahu svého minima. Do stavu ospalosti člověk přechází ve fázi, kdy teplota klesá a bdění ve fázi, kdy teplota začíná růst [5]. Normálně spánek nastává 5 hodin před dosažením minimální teploty jádra a vstávání asi 3 hodiny po dosažení tohoto minima.

Jakmile se teplota jádra člověka začíná zvyšovat, cirkadiánní hodiny člověka vyšlou do mozkových center signál, který podporuje stav bdělosti. Tělesná teplota je velmi často používána pro popis rytmů a sledování cyklů cirkadiánních hodin, protože je relativně stabilní a snadno měřitelná, avšak při zvýšené hladině fyzické aktivity dochází ke změnám tělesné teploty, což může mít za následek výkyvy tělesné teploty a určité zkreslení hodnot při měření [8]. Využití chodu tělesné teploty se tak dá promítnout do znázornění cirkadiánního rytmu pomocí sinusoidy [9] viz. obrázek 1.



Obrázek 1- Zobrazení cirkadiánního rytmu pomocí teploty [9]

1.2.3. Cirkadiánní útlum

Cirkadiánní útlum je doba během cirkadiánního cyklu, kdy se člověk cítí nejvíce unavený, ospalý a je tedy nejméně schopen zvládat mentální a fyzické úkoly. Cirkadiánní útlum nastává v době, kdy teplota tělesného jádra klesá až do dosahu svého minima. Tahle fáze cirkadiánního cyklu je velmi proměnlivá vzhledem k individuálním rozdílům jedince, avšak obvykle nastává v době mezi 02:00–06:00, pokud je člověk plně adaptován na lokální časové pásmo [8].



1.2.4. Rytmus výkonnosti člověka

Z důvodu denní změny teploty a dalších fyziologických procesů, může být očekáváno, že činnost mozku také vytvoří určitý rytmus, který se projeví na chodu lidské výkonnosti.

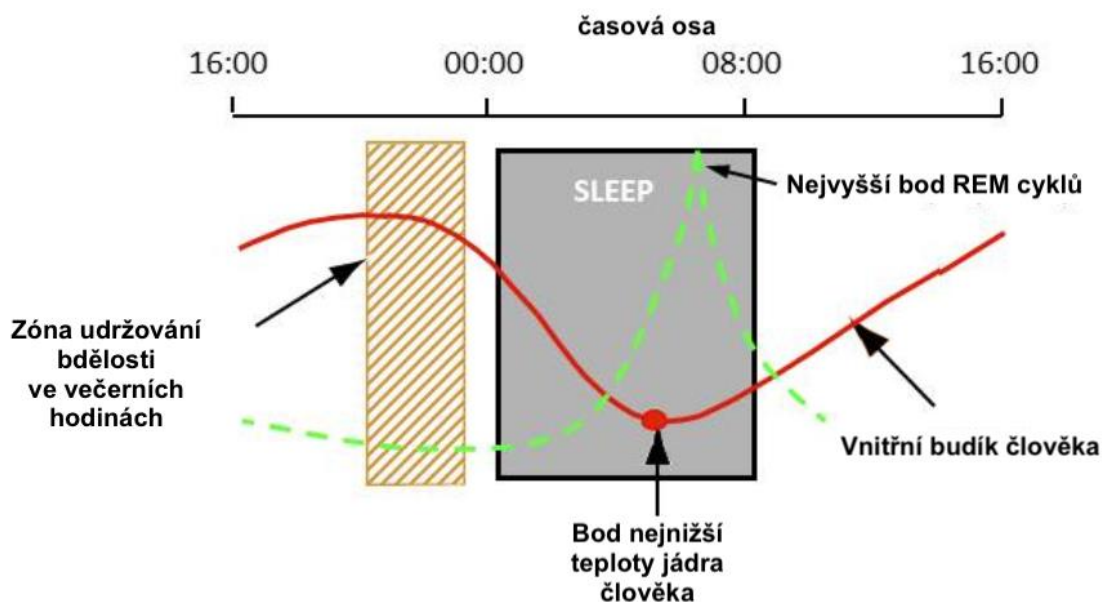
Snižování výkonnosti v rámci 24hodinového cyklu je samostatným faktorem, nejedná se tedy pouze o výsledek nedostatečného spánku a zvyšující se únavy, avšak je zde kombinace faktorů, které tento rytmus ovlivňují. Rytmus výkonnosti je kombinací osobnostních rozdílů, motivace, nedostatku spánku, zkušeností, pracovní doby apod. [5]. Výkonnost verbálního uvažování a mentálních aritmetických dovedností vrcholí během poledne a jednodušší úkoly, které vyžadují vstupy do krátkodobé paměti člověka, se řídí podobným vzorem jako je chod tělesné teploty [10]. Doba během denního minima tělesné teploty je část dne, kdy je schopnost výkonu mentálních a fyzických úkolů nejvíce snížena [8]. Tyhle poznatky můžeme sledovat při pozorování lidské výkonnosti, jak je zmíněno v literatuře Lee a Kim [11] není překvapivé, že v důsledku cirkadiálního útlumu a rytmu výkonnosti, lidé pracující v noci vykonávají menší pracovní výkon než lidé pracující ve dne [11].

1.3. Spánek

Spánek je jev potřebný pro správnou existenci člověka. Během spánkové periody dochází ke zotavení organismu z fyzických aktivit, které proběhly během dne a také k základní organizaci mentálních procesů. Množství spánku závisí na věku, fyzické a mentální energii před spánkem a individuálních rozdílech, avšak většina zdravých jedinců potřebuje ke spánku 7–9 hodin. Normálně spánek nastává 5 hodin, před dosažením minimální teploty jádra člověka a vstávání 3 hodiny po dosažení tohoto minima [8,10] (viz obrázek 2).

Délka a kvalita spánku závisí na rozsahu a periodicitě tělesných rytmů člověka [10]. U dospělých jedinců dochází ke spánku v jedné dlouhé denní periodě, zatímco u kojenců, jejichž aktivita není zatím zcela kontrolována cyklem světla a tmy dochází k několika periodickým spánkům během dne [5]. Při nedostatku spánku dochází ke zkrácení stádia synchronního spánku a celková doba REM spánku zůstává dlouho konstantní. Pokud se jedná o jednorázový nedostatek, tak jej lze lehce kompenzovat prodloužením spánku v následujícím cyklu, avšak opakující se nedostatek vede ke kumulaci spánkového deficitu, což může mít za následek poruchy vnímání, projevy únavy a spánku, kolísání bdělosti a pozornosti a velkou četnost chybných úkonů [2].

Během spánku dochází k velkému množství komplexních procesů. Pro zkoumání spánku se většinou používá monitorování elektrické aktivity v mozku, měření pohybu očí a měření svalové aktivity [8,10].



Obrázek 2- Vztah spánku a tělesných hodin [8]

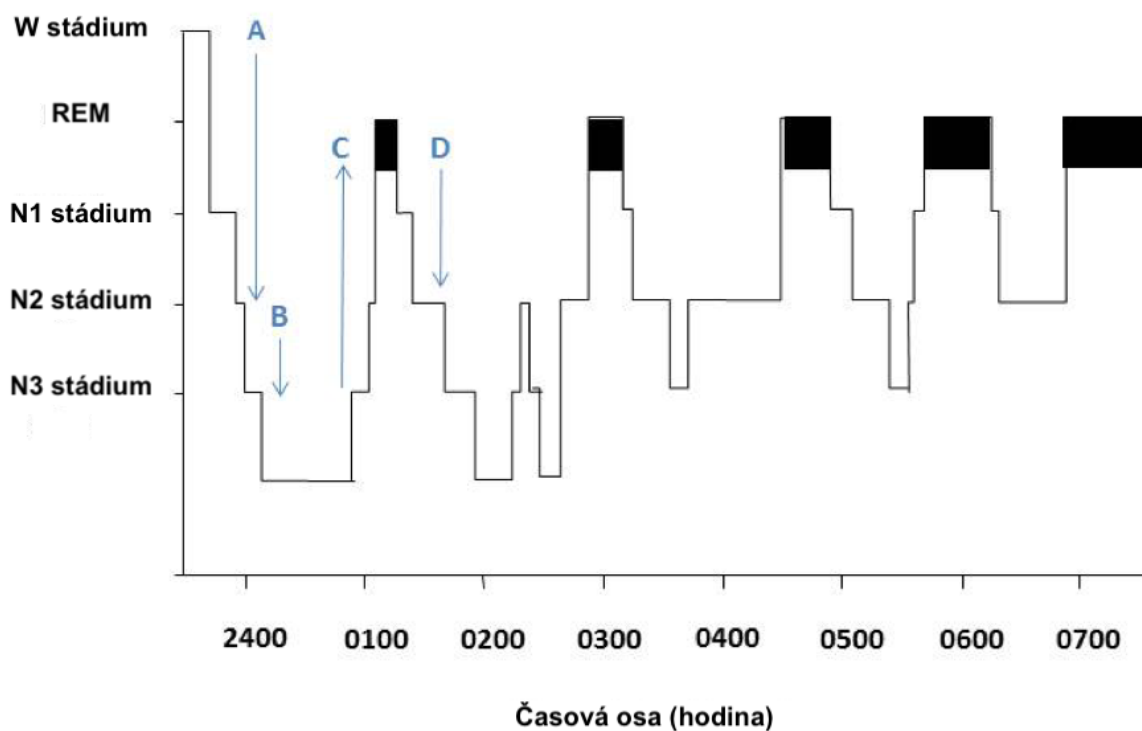
1.3.1. Stádia spánku

Během spánku naše tělo prochází přes 5 stádií, které se skládají z REM (Rapid Eye Movement) a NREM (Non-Rapid Eye Movement) spánku [13] rozdíly mezi funkcemi REM a NREM spánku jsou popsány v tabulce 1. Člověk poté během noci postupně přechází mezi jednotlivými stádii spánku [12]. Stádia N1–N3, které se na začátku spánkového cyklu střídají, jsou považována za NREM spánek, který je popisován jako hluboký spánek a je spojen se sníženou činností neuronů [14, 15]. Všechna stádia spánku jsou popsána níže pro lepší pochopení.

Na obrázku 3 je dále znázorněno rozložení jednotlivých stádií spánku během noci u zdravého jedince. Písmeno A znázorňuje přechod ze stavu bdělosti do NREM spánku na začátku spánkového cyklu, písmeno B pak přechod do stádia N3, ve kterém se nachází pomalé delta vlny. Písmeno C znázorňuje počátek vchodu do REM fáze, která většinou začíná v rozmezí 80–90 minut po začátku spánku a písmeno D poté přechod zpět do NREM spánku [12].

Tabulka 1- Charakteristika NREM a REM spánku

Kritéria	NREM spánek	REM spánek
EEG	Synchronizované	Desynchronizované
Pohyby očí	Pomalé pohyby	Rychlé pohyby (REM)
Mobilita	Mírně snižená, či bez pohybu	Výrazně snižená, či bez pohybu
Krevní tlak	Snižující se	Proměnný
Míra dýchání	Snižující se	Proměnná
Funkce	Obnova tkání	Organizace paměti



Obrázek 3- NREM a REM spánek během noci [12]



Usínání neboli *W stádium* je první stádium spánku, která dále závisí na tom, zda jsou oči otevřené nebo zavřené [15].

Druhé stádium neboli *N1 stádium* je nejlehčí část spánku. Jedná se o přechodnou fázi mezi bdělostí a spánkem. Tahle fáze trvá kolem 10 minut [10] a zastává zhruba 5 % celkového spánkového cyklu [15].

Třetí stádium neboli *N2 stádium* je fáze, která prezentuje hluboký spánek. Pro tuto fázi je charakteristická přítomnost spánkových vřetének, K-komplexů, či kombinací obojího. Jsou zde přítomny jednoduché delta vlny, trvající řádově několik sekund a jak následuje hlubší spánek, jedinec se přesouvá do N3 stádia, kde jsou všechny vlny nahrazeny delta vlnami. [15] Stádium N2 trvá v počátečním cyklu přibližně 25 minut a prodlužuje se s každým dalším cyklem, nakonec toto stádium tvoří asi 50 % celkového spánku [15].

Čtvrté stádium neboli *N3 stádium* je považováno za nejhlubší fázi spánku a je charakterizováno mnohem pomalejšími frekvencemi s vysokou amplitudou signálů známých jako delta vlny. Při této fázi je velmi obtížné člověka probudit. Testování prokázalo, že jedinci probuzení během této fáze mívají na 30 minut až hodinu mírně narušenou duševní výkonnost. S přibývajícím věkem mají lidé tendenci trávit méně času v tomto pomalém spánku s delta vlnami a tráví více času ve fázi N2. V N3 fázi dochází k opravám a regeneraci tkání, budování kostí a svalů a posilování imunitního systému [15].

REM spánek je poslední stádium spánkového cyklu, který je spojen se sněním. Tato fáze obvykle začíná 90 minut poté, co dojde k usnutí a každý z REM cyklů se pak během noci dále prodlužuje. První perioda obvykle trvá 10 minut a poslední může trvat až hodinu [15]. REM fáze je charakterizována rychlými pohyby očí a EEG (metoda sledování mozkové funkce) je podobné jako u bdělého jedince [2]. Tento spánek bývá také někdy popisován jako paradoxní spánek [14].

1.3.2. Spánek v leteckém prostředí

Studie leteckých posádek a řídicích letového provozu ukázaly, že při plánovaném spánku v práci je jejich spánek lehčí a více rušený a že odpočinek zlepšuje následnou bdělost a rychlost reakce a je strategií při zmírňování a zvládnutí únavy [8]. Mezi faktory, které členové posádky na dálkových letech nejčastěji identifikují jako faktory narušující jejich spánek, patří náhodný hluk, myšlenky, pocit necítit únavu, turbulence, nedostatečné lůžkoviny, nízká vlhkost a chození na toaletu. Pokusy o spánek v různých prostředích



mohou snižovat kvalitu spánku. Spánek také může být narušen, pokud existuje očekávání, že bude osoba povolána zpět do práce [8].

U dálkových letů jsou pak zvláště problematické lety směrem na východ, kdy je resynchronizace cirkadiánního rytmu při přechodu několika časových pásem až 50% pomalejší než při letech směrem na západ. U krátkých až středně dlouhých letů u pilotů rovněž dochází ke spánkovým problémům [11,16]. Dle Rosekinda [16] jsou piloti na cestách při krátkých až středně dlouhých letech vystaveni zpožděnému nástupu spánku a dochází tak k degradaci spánkového cyklu.

1.3.3. Kreditový systém spánku

Aby došlo ke správnému pochopení vztahu spánku a bdělosti, lze pro tyto účely použít myšlenku kreditního a debetního spánkového systému. Tento systém funguje na principu připisování a odebírání počtu kreditů, kdy za každou hodinu spánku jsou jedinci připsány 2 kredity s maximální hranicí 16 kreditů a za každou hodinu, kdy je jedinec vzhůru, dojde k odečtení 1 kreditu, až postupně dochází ke snižování počtu kreditů a jedinec se cítí opět unavený [10].

Hlavní myšlenka tohoto systému vysvětluje, že únava je kumulativní a spánek nikoliv. Pokud spánek přesáhne více než 8 hodin, nedostane za něj jedinec více než je kreditové maximum a po 16 hodinách se bude cítit opět unavený. Pokud dojde k častému snižování hodnoty kreditů do záporných hodnot, mluvíme o problému, kterému se říká kumulativní spánkový dluh [10].

1.4. Únava

ICAO definuje únavu jako: „*Fyziologický stav snížené duševní nebo fyzické způsobilosti vykonávat své povinnosti, vyplývající z úbytku spánku, delší nespavosti, denní fáze a/nebo pracovního zatížení (duševní a/nebo tělesné aktivity), který může narušit lidskou bdělost a schopnost vykonávat pracovní povinnosti související s bezpečností.*” [17]

Únava je tedy jev, při kterém dochází vlivem fyzické či psychické činnosti ke snížení energie organismu, což se zejména projevuje na snížení výkonnosti jedince ve svém pracovním prostředí. V letectví se jedná o velmi negativní jev, protože se výrazně zhoršuje výkonnost pilota, klesá bdělost a vnímání, projevují se poruchy pozornosti a paměti a dochází ke zhoršování citlivosti člověka vůči hypoxii, přetížení a ostatním faktorům letu.

Únava je přirozený lidský jev, který nastává po nadměrné psychické činnosti, kdy dochází k přetížení CNS nebo po fyzické aktivitě, po které jako následek vzniká svalová únava [6].

Únava se může dělit na krátkodobou únavu nebo dlouhodobou (chronickou) únavu. Krátkodobá únava je obvykle způsobena nedostatkem spánku, těžkou fyzickou nebo mentální námahou, dlouhou pracovní dobou, nedostatkem jídla nebo změnou časového pásma, je lehce rozpoznatelná a může být napravena dostatečným odpočinkem v následující časové periodě [10]. Dlouhodobá únava neboli chronická únava je následek více faktorů, které jsou subjektivně hodnoceny každým jedincem a mohou zahrnovat nedostatečnou fyzickou a mentální kondici, problémy v manželství spojené s pracovními problémy, finanční problémy a vysoké pracovní vytížení. Dlouhodobá únava je těžší na rozpoznání a každý člen letové posádky, který si je vědom projevy chronické únavy nesmí v danou chvíli letět [10].

1.4.1. Únava v leteckém prostředí

Letecký průmysl je rovněž jako každý jiný druh dopravního průmyslu ovlivněn únavou, která je uváděna jako jedna z nejčastějších poruch výkonnosti [11]. Piloti a členové posádky jsou neustále konfrontováni dlouhými dny ve službě, pozdními přílety, nestandardní pracovní dobou, noční službou a rotujícími pracovními plány. U dálkových a vojenských letů dochází také k častým přeletům mezi poledníky, což přispívá k narušení cirkadiánního cyklu a degradaci kvality spánku [18]. Dle posudků bylo zjištěno, že únava členů letecké posádky je funkcí plánování a pracovní zátěže [18].

Z průzkumu Petrieho a Dawsona [19] bylo zjištěno, že mezi běžné příznaky únavy u letecké posádky se řadí ospalost, letargie, problémy s koncentrací, a podrážděnost. Nedostatek spánku a narušení cirkadiánního cyklu vlivem pohybu mezi poledníky je nejčastěji považováno za hlavní faktor přispívající k projevu únavy zejména u dálkových letů. Během krátkých až středně dlouhých letů piloti nejčastěji popisovali jako hlavní faktor přispívající k únavě vysokou pracovní zátěž a nedostatek spánku [18]. Během několika studií docházelo ke zkoumání neurofyzilogických faktorů, jako přímého důkazu výskytu únavy u pilotů během letu. Ze zkoumání EEG došlo k zaznamenání přítomnosti pomalých vln, které nabízí objektivní ukazatel únavy [18].



1.4.2. Základní projevy únavy a prevence

U pilotů se mezi základní projevy únavy může řadit nedostatečná míra pozornosti, snížení motorických dovedností, zvýšení pocitu ospalosti, zhoršení komunikace se členem posádky nebo se členem ATC (řídícím letového provozu), zhoršení kvality čtení letových přístrojů, s tím může souviset chybovost nebo zvýšení času reakce, snadné rozptýlení, změny nálad a podrážděnost [10]. Je důležité, aby došlo k rozlišení těchto projevů, protože si piloti nemusí být vědomi některých symptomů až do kritického okamžiku [10].

Únava je fyziologický problém, který nelze překonat vlastní motivací, tréninkem nebo silou vůle. Jedinou kvalitní a funkční prevencí proti únavě je zisk 8 hodin spánku denně buď v konsolidovaném bloku, či v sérii zdřímnutí a dodržování dobrých spánkových návyků pro optimalizaci kvantity a kvality spánku [18]. Avšak zde existují různé strategie, které nám pomohou potlačit pocit nástupu únavy. Mezi jednu z těchto strategií se řadí metoda řízeného odpočinku, která bude dále probírána v kapitole 1.5., dále sem můžeme zařadit kofein, který se v komerční letecké dopravě vyskytuje ve formě kávy nebo čaje a jeho použití je celosvětově velmi populární protiopatření proti prvním projevům únavy. Četné studie také prokázaly, že kofein zvyšuje bdělost a zlepšuje výkon u jedinců, kteří běžně nekonzumují vysoké dávky kofeinu, dále sem patří pravidelná strava, vyvážená dieta a pravidelné a kvalitní cvičení [10,18].

1.4.3. Zvládání únavy dle předpisu

Zvládání únavy se týká metod, kterými poskytovatelé služeb a provozní pracovníci řeší bezpečnostní důsledky únavy. Stát provozovatele pak musí vytvořit předpisy pro oblast zvládání únavy. Obecně ICAO SARPs podporují dva odlišné přístupy pro zvládání únavy [12,17].

- A. Provozovatel dodržuje předepsané limity pracovní doby, doby letu a požadavky na dobu odpočinku, které jsou předepsány normativními předpisy a řídí nebezpečí únavy pomocí bezpečnostních procesů [12,17].
- B. Provozovatel vyvíjí a implementuje předpisy spojené se systémem řízení rizik spojených s únavou (FRMS), které jsou schválené regulátorem (pouze tam, kde byly předpisy FRMS stanoveny regulátorem) [12].

Oba tyto přístupy jsou založeny na vědeckých principech a provozních zkušenostech a musí vzít v úvahu potřebu dostatečného spánku k obnovení a udržení všech aspektů funkce bdění, podílu pracovní zátěže na únavě a snížení fyzické a duševní výkonnosti, dále

pak provozní kontext a bezpečnostní riziko, které člen posádky se zvýšenou únavou v tomto kontextu představuje a denní rytmy, řízené cirkadiánními hodinami, ve schopnosti vykonávat duševní a fyzickou práci [12].

Zvládání únavy musí být také vzájemně sdílenou odpovědností mezi regulátory, provozovateli a členy posádky, kde je regulátor odpovědný za poskytnutí regulačního rámce a zajištění, že rizika související s únavou řídí provozovatel tak, aby dosáhli přijatelné úrovně bezpečnosti. Provozovatelé jsou zodpovědní za poskytnutí vzdělání v rámci oblasti zvládání únavy a implementaci procesů pro monitorování a řízení rizik, které jsou spojené s únavou. Členové posádky jsou zodpovědní za to, že se dostaví do služby včetně náležitých přestávek pro získání dostatečného množství spánku a za hlášení nebezpečí, které je spojené s únavou [12].

1.4.4. Systém řízení rizik spojených s únavou

Definice (FRMS) Systému řízení rizik spojených s únavou: *„Na údajích založené prostředky průběžného sledování a řízení bezpečnostních rizik spojených s únavou na základě vědeckých principů a znalostí, stejně jako provozních zkušeností, které směřují k zajištění toho, že příslušný personál vykonává své úkoly s odpovídající úrovní bdělosti.“* [20]

ICAO, IATA a IFALPA spolu vyvinuli a navrhli implementační příručku systémů řízení rizik (FRMS) pro provozovatele, která byla přijata jako úspěšná cesta k implementaci FRMS po celém světě [20].

Cílem FRMS je zajištění dostatečné ostražitosti úrovně, aby mohla posádka pracovat na uspokojivé úrovni výkonnosti, které je dosaženo snížením únavy na tak nízkou úroveň, jak je rozumně proveditelné [21].

Řízení zvládání únavy a další náležitosti jsou více popsány v následujících dokumentech: ICAO SARPs pro řízení únavy (včetně FRMS) jsou obsaženy v ICAO Annexu 6 části I. Oddílu 4.10., požadavky pro FRMS jsou detailně popsány v ICAO Annexu 6 doplňku 7 a tvoří část ICAO SARPs a záměry ICAO SARPs jsou dále uvedeny v dodatku A dokumentu ICAO doc. 9966 [20].



1.5. Řízený odpočinek

Řízený odpočinek je dle definice ICAO: *“Krátký kontrolovaný spánek, který slouží během letu jako efektivní nástroj ke zmírnění únavy pro letovou posádku. Spolu s ostatními protiopatřeními by měl být používán v případě potřeby, když dojde k projevům únavy.”* [12]

Řízený odpočinek musí být schválen jak regulačním orgánem, tak provozovatelem a můžeme ho využívat pouze na letech, kde je dostatečně dlouhý časový úsek cestovní fáze, dle uvážení velitele. Jedná se o úsek s maximálním časovým rozmezím 30–45 minut. Neměl by být využíván jako hlavní strategie zvládnutí únavy, nýbrž pouze jako doplňková strategie neboli protiopatření při vzniku pocitu únavy. Posádka by neměla nastupovat do služby, když je unavená a očekávat, že se spolehne na řízený odpočinek jako hlavní postup ke zmírnění únavy. Všechny postupy a procedury řízeného odpočinku by měly být obsaženy v provozní příručce. Cílem je eliminovat a oddálit projevy únavy letové posádky [22,23].

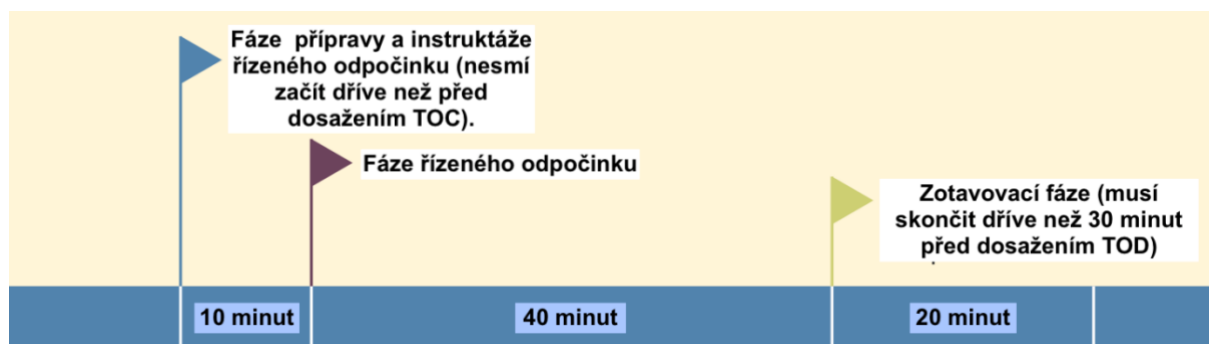
1.5.1. Postupy a metodika řízeného odpočinku

Následující doporučené postupy vycházejí z průzkumu hlavních leteckých dopravců a představují značné zkušenosti v mnoha regionech světa. Tento seznam doporučených postupů nemá sloužit jako hlavní manuál, nýbrž jako řada doporučení. Každý provozovatel by měl vytvořit vlastní postupy a procedury pro užívání metodiky řízeného odpočinku [12].

- a) Řízený odpočinek by měl využívat pouze jeden člen letové posádky v danou chvíli, kdy by měly být pásy v poloze zapnuto a sedadlo umístěno do takové polohy, aby nedošlo k neúmyslnému narušení řídicích prvků.
- b) Řízený odpočinek by měl být využíván dle uvážení velitele letu ke zvládnutí nečekaných projevů únavy a snížení rizik spojených s únavou během vyšší pracovní zátěže, která později nastane.
- c) Musí by být jasně stanoveno, který člen letové posádky bude řízený odpočinek využívat a dle uvážení velitele musí dojít k ukončení řízeného odpočinku.
- d) Mělo by být předem prokonzultováno předávání všech povinností a opatřeních souvisejících s letem mezi letovou posádkou.
- e) Letová posádka může využívat řízený odpočinek pouze tehdy, pokud úspěšně dokončí požadovaný výcvik.
- f) Někteří provozovatele zahrnují 3. člena posádky, který nemusí být nutně pilotem, aby monitoroval chod řízeného odpočinku v pilotní kabině. To může zahrnovat

například plánované buzení nebo návštěvu těsně po ukončení plánované doby řízeného odpočinku.

- g) Řízený odpočinek by měl být plánován během fáze cestovního letu, po skončení TOC a 30 minut před plánovaným TOD. To má poskytnout dostatečnou dobu na zotavení, probuzení a minimalizace rizika setrvačnosti ve spánku. (Znázornění časových period řízeného odpočinku je zobrazeno na obrázku 4.)
- h) Na přípravu řízeného odpočinku by měl být poskytnout časový úsek, který by měl zahrnovat provozní instruktáž, naplánování řízeného odpočinku, dokončení probíhajících úkolů, předání povinností apod.
- i) Během řízeného odpočinku musí neodpočívající pilot vykonávat povinnosti pilota letícího i monitorujícího a nesmí za žádných okolností opustit svou sedačku [12].



Obrázek 4- Příklad profilu řízeného odpočinku [23]

Mezi doporučená omezení se řadí:

- a) Autopilot a automatické ovládání tahu by mělo být funkční.
- b) Jeden pilot by měl být plně schopný řídit letadlo po celý čas a udržovat situační povědomí, během fáze, kdy se druhý pilot nachází ve stavu řízeného odpočinku.
- c) Pouze jeden člen letové posádky může vykonávat metodu řízeného odpočinku v danou chvíli, nelze využívat řízený odpočinek oběma piloty zároveň.
- d) Oba piloti by měli zůstat na svých pozicích [12].

1.5.2. Pilot odpočívající a neodpočívající

Odpočívající člen letové posádky by měl nastavit polohu sedačky tak daleko, jak jen to bude možné, aby se předešlo případnému narušení řídicích a kontrolních systému a poloha pásů by měla být nastavena do pozice zapnuto. Člen posádky, který podstupuje řízený odpočinek, může využívat veškeré vybavení zlepšující kvalitu odpočinku. Mezi takové

vybavení se řadí například: maska na oči, špunty do uší, opěrky hlavy a krku. Aktivita jako například čtení, poslouchání hudby a sledování videí by neměly být povoleny během fáze řízeného odpočinku, protože přínos výkonnosti při řízeném odpočinku je výrazně vyšší než ten, který získáme během pauzy bez odpočinku, tím tak dojde ke zlepšení kvality prevence proti únavě [22].

Neodpočívající člen letové posádky by měl během řízeného odpočinku zůstat na svém sedadle a plnit všechny povinnosti odpočívajícího člena letové posádky a své vlastní povinnosti. Doporučuje se také přepnutí komunikace do sluchátek, aby došlo ke snížení hluk v pilotní kabině a dále se doporučuje udržování kontaktu s palubními průvodčími. Pilot neodpočívající je odpovědný za probuzení odpočívajícího pilota, pokud je to požadováno, a to v určitou a předem stanovenou dobu [22].

1.5.3. Záruka bezpečnosti a crew briefing

Záruka bezpečnosti závisí na typu činnosti, mělo by dojít ke zvážení zapojení palubních průvodčí, letových dispečerů, leteckých systému (ACARS) a sekundárních poplašných systémů. Žádný z dopravců však nepožaduje za povinné přítomnost palubního průvodčího v pilotní kabině během fáze kontrolovaného odpočinku [22].

Po dokončení zotavovací fáze, mělo by dojít k použití *post-CR checklistu*, dále by měla posádka provést instruktáž zahrnující veškeré změny, ke kterým došlo během fáze řízeného odpočinku a také je sem zahrnuta úplná kontrola veškerých výstupů, aby došlo k ověření stavu letounu. Všechny tyto úkoly by měl odpočívající člen letové posádky dokončit před tím, než se vrátí do plnění svých povinností během zotavovací fáze [22].

1.6. Výkonnost člověka

Slovem výkonnost obecně popisujeme způsob nebo průběh, kterým se snaží zkoumaný subjekt na základě podobnosti s referenčním způsobem vykonat nějakou činnost. Pokud směřujeme k určitému cíli, tak jsme schopni rozeznat 2 složky výkonnosti [24]:

- A. Efektivnost znamená schopnost volit sekvenci činností, které vedou k předem stanovenému cíli.
- B. Účinnost znamená schopnost volit postupy, kterými budeme provádět činnosti, jež povedou k cíli [24].

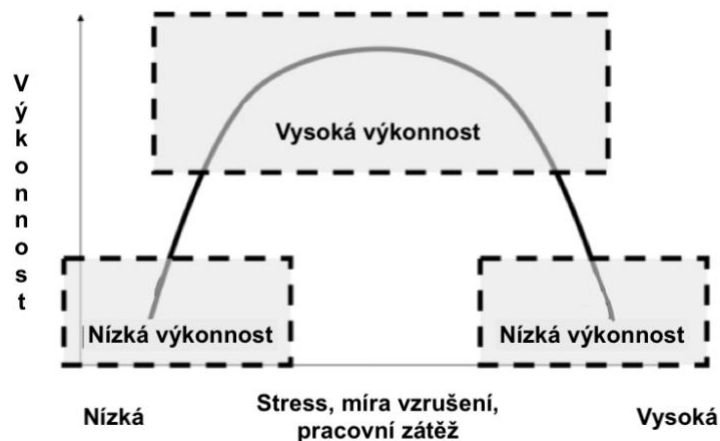
Lidská výkonnost je definována dle ICAO jako: *"Lidské schopnosti a omezení, které mají dopad na bezpečnost a efektivitu leteckého provozu."* [1]

Zjednodušeně se jedná o to, jak jsme schopni vykonat určitou činnost z hlediska přesnosti, rychlosti, bezpečnosti, efektivnosti apod. Je tedy relevantní kdykoliv a kdekoliv, kde je člověk zapojen do letectví. Zkoumání lidské výkonnosti v leteckém prostředí se tedy zaměřuje na vztah mezi lidmi, vybavením, systémy, postupy, prostředím a jednotlivci ve skupině. Cílem je optimalizace lidské výkonnosti a redukce lidské chyby, zahrnuje také princip lidského faktoru, spolupráci posádky a rozvoj a uplatnění dovedností, jako je rozhodování a řešení praktických problémů [1].

Snížení výkonnosti a zvýšení chybovosti souvisí s únavou, zvýšenou dobou bdělosti během cirkadiánního útlumu, časovým tlakem apod. [25]. Také se zde mohou řadit osobní zkušenosti, rodinné problémy, stres, motivaci a pracovní zatížení [25]. U pilotů může výkonnost ovlivnit i množství hodin na určitém typu daného letounu, zkušenosti, osobnostní rozdíly nebo počet letových hodin.

1.6.1. Vztah výkonnosti a míry vzrušení

Dle Yerkes Dodsonova zákona je známo, že na úrovni výkonnosti má podíl míra vzrušení (nabuzení) [26]. Během nízké úrovně vzrušení, která nastane například po probuzení nebo při únavě a v době cirkadiánního útlumu, není mechanismus pozornosti na vysoké aktivní úrovni, zpracování informací smyslových orgánů je pomalé a nervový systém nenabývá plné funkčnosti. Jednotlivec má pomalejší skenování prostředí a může dojít k uniknutí různých informací, hladina výkonu je tedy nízká. Na optimální úrovni vzrušení nastává nejúčinnější výkonnostní oblast, kde má pilot dostatek prostředků na udržení pozornosti a schopnosti řešit komplexnější úkoly. Na vysokých úrovních vzrušení dochází ke zhoršování výkonu. Dochází k výskytu chyb vlivem zúžení pozornosti a vzniká tendence soustředit se na omezené zdroje. V této části výkonnosti zažívá jedince přetížení a dochází k směřování pozornosti směrem k jednodušším úkolům [10]. Na obrázku 5 je zobrazena závislost míry (nabuzení) vzrušení na výkonnosti.



Obrázek 5- Yerkes-Dodsonův graf [26]

1.6.2. Výkonnost v letectví

Únava patří mezi jeden z faktorů, který má přímý dopad na mentální a fyzickou výkonnost pilota. Mezi symptomy snížené výkonnosti vlivem únavy se řadí snížení situačního povědomí, chybovost, změna nálad, nepozornost, zhoršení přesnosti pilotáže, problémy s krátkodobou pamětí a mnoho dalšího [10]. Všechny tyto problémy spojené se zhoršenou výkonností je nutné pozorně monitorovat, protože bezpečnost je jedním z nejdůležitějších leteckých faktorů. Mezi standardní metodu pro sledování výkonnosti slouží tzv. NASA Task Load Index [28]. Jedná se o subjektivní dotazník výkonnosti po absolvování určitých úkolů. Vzhledem k tomu, že dotazníková šetření nepatří mezi nejvýhodnější způsob pro sběr dat, můžeme využít dalších prostředků pro vyhodnocování výkonnosti mezi které se může zařadit například OR-test využívaný pro sledování rychlosti a správnosti reakce [28]. V praktické části bude rozebráno měření výkonnosti na základě NASA Task Load Indexu a OR-testu u pilotů bez řízeného odpočinku a s využitím řízeného odpočinku.

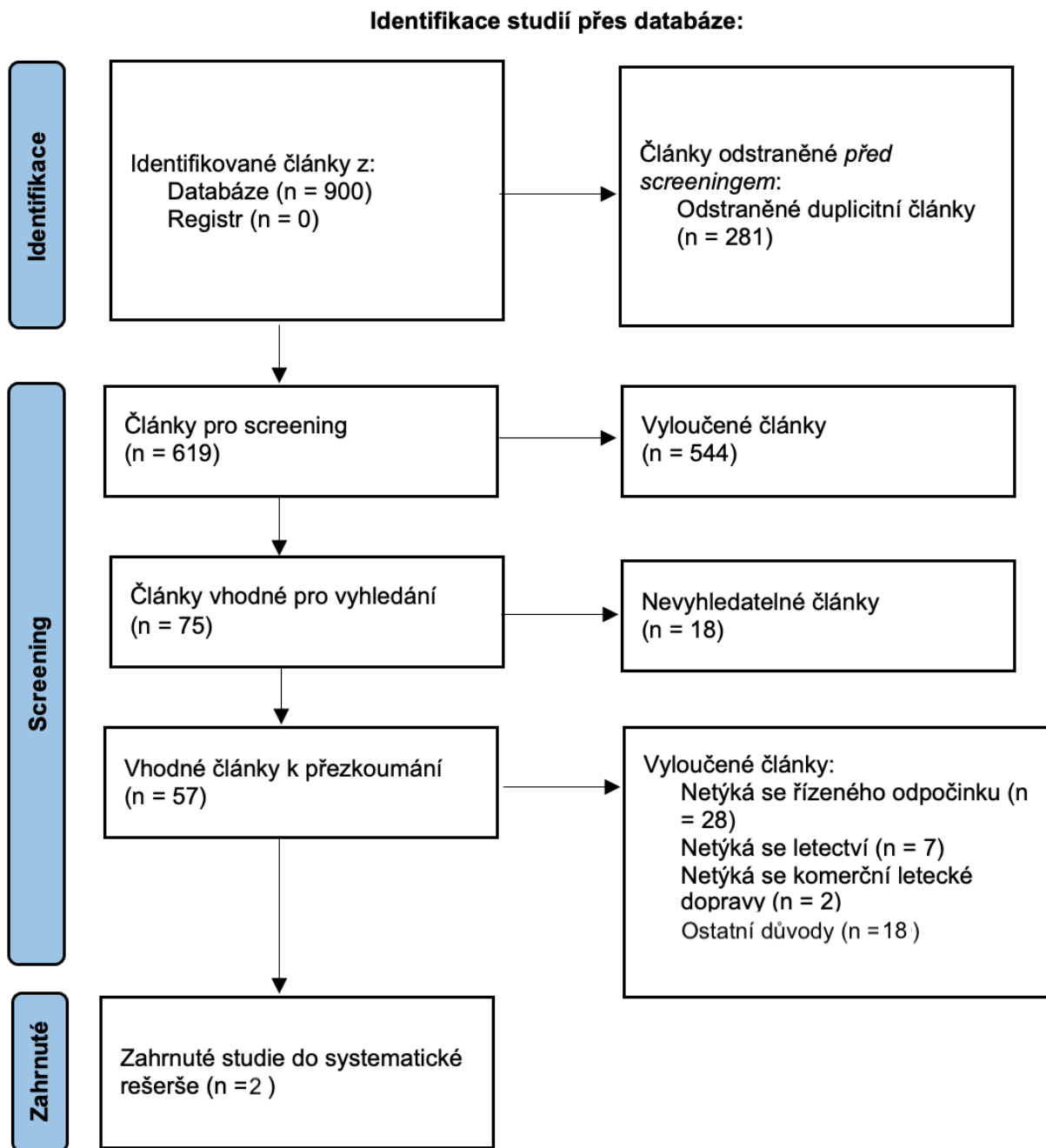


1.7. Analýza současného stavu

V rámci bakalářské práce byla provedena rešerše zabývající se tématem řízeného odpočinku u pilotů. Pro vyhledávání odborných článků bylo využito vyhledání klíčových slov pomocí databáze Scopus a Web of Science a postup rešerše a náležité zaznamenání studií bylo provedeno pomocí metodiky PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) [29].

Rešerše byla provedena za účelem přehledu, analýzy současného stavu studií zabývajících se řízeným odpočinkem u krátkých až středně dlouhých letů a zisku co největšího množství dat, zabývajících se řízeným odpočinkem u pilotů během letu. Cílem této analýzy je identifikace, přehled a sběr dat potřebných pro všeobecný přehled o zkoumání řízeného odpočinku pro zpracování, objasnění a porovnání informací v rámci zpracování bakalářské práce.

Během fáze identifikace bylo zaznamenáno 900 článků a studií, které byly vybrány na základě klíčových slov. Z celkového počtu 900 bylo po selekci odstraněno 281 duplicitních článků. Ve fázi *screening* došlo na základě odstranění nevyhovujících článků dle titulku a abstraktu k selekci 544 článků a dále k odstranění 18 článků, které nebylo možné dohledat. Ze zbylých 57 článků bylo po přečtení odstraněno 28 článků, jejichž obsah se netýkal řízeného odpočinku, 7 článků mimo letectví, 2 články, které se netýkaly komerční letecké dopravy a 18 článků bylo vyřazeno z ostatních důvodů. Na obrázku 6 je znázorněn PRISMA diagram pro zaznamenání a selekci studií.



Obrázek 6- PRISMA diagram



Jeden z vybraných studií byla založena na anonymní dotazník, který společnost Air New Zealand zaslala svým pilotů na regionálních a mezinárodních linkách na letadlech typu boeing 747-400, 767 a 737-300. Dotazníku se zúčastnilo 251 pilotů, z toho 109 kapitánů, 104 prvních důstojníků a 38 druhých důstojníků. Piloti byli v tomto dotazníku tázáni, jak často odpočívali před noční směnou (na 6bodové škále od „nikdy“ po „vždy“) a kolikrát za posledních 12 měsíců využili řízený odpočinek v kokpitu letounu. V rámci dotazníku byly také sbírány informace týkající se hodnosti pilota, typu letounu a věku ve 3 věkových kategoriích (pod 40 let, 40–49, 50–60). Dle výsledků, které byly získány prostřednictvím anonymního dotazníku se zjistilo, že za posledních 12 měsíců z 251 dotazovaných pilotů jich 47,5 % nevyužilo řízený odpočinek v kokpitu letounu. Na četnost jeho využití neměl vliv typ letadla ($w^2(2, N=240) = 2.34, p = 0.31$), pilotův věk ($w^2(2, N=238) = 2.56, p = 0.28$) a ani hodnost pilota ($w^2(2, N=237) = 1.78, p = 0.41$). Piloti, kteří využili odpočinek, zaznamenali nižší úroveň pocitu únavy než piloti, kteří tuto metodu nevyužili, což může potvrdit využití řízeného odpočinku jako vhodné protiopatření proti projevům únavy [30].

Další z vybraných studií proběhla v roce 2020, kdy 43 pilotů (40 mužů) zaznamenávalo během 2 týdnů periodu spánku během řízeného odpočinku. Data byla sledována během dálkových letů. Pro sledování se využilo chytrých hodinek, kdy úspěšný řízený odpočinek definovala aspoň 1 minuta spánku. Pro analýzu dat bylo využito IBM SPSS Statistics v25. Dle naměřených dat bylo zjištěno, že řízený odpočinek byl proveden během 46 % všech sledovaných letů ($n = 110$) a 10 % všech sledovaných letů ($n = 23$) obsahovalo 2 periody řízeného odpočinku. Ze 133 hlášených řízených odpočinků jich 80 % bylo úspěšných (došlo ke splnění minimálně 1 minuty spánku). Průměrná doba úspěšného řízeného odpočinku byla naměřena na 31,7 ($\pm 12,2$) minut. Také bylo zjištěno, že řízený odpočinek byl častěji využíván během noci na zpátečních letech zpět domovské základny. Zároveň bylo zjištěno, že směr letu neměl žádný významný vliv na provedení řízeného odpočinku (východní lety 51 %, $n = 57$ a západní lety 40 %, $n = 44$; $p = 0,059$) [31].



1.8. Shrnutí

Dle postupné selekce došlo k získání možných použitelných studií, které se do určité míry zabývají řízeným odpočinkem u pilotů v komerční letecké dopravě. Dle analýzy současného stavu došlo k zjištění, že se žádná publikace zveřejněná v databázi Scopus nebo Web of Science nezabývala vlivem řízeného odpočinku na výkonnost pilota u krátkých až středně dlouhých letů v komerční letecké dopravě.

Pouze dvě z vybraných studií se zabývala zkoumáním řízeného odpočinku, avšak se jednalo o dotazníky týkající se využití řízeného odpočinku, časového zpracování, aspektů souvisejících s řízeným odpočinkem apod. Žádný z vybraných článků a studií neřešil experimentálním způsobem vliv řízeného odpočinku na výkonnost pilota během krátkých až středně dlouhých letů.

Současný stav je v rámci této problematiky nedostatečný, a i přes shodu názorů, že řízený odpočinek má pozitivní vliv na pilota, k podrobnému experimentálnímu zkoumání tohoto stavu zatím při těchto podmínkách zatím nedošlo.



2. Praktická část

Praktická část byla provedena na simulátoru Beechcraft Baron G58 na fakultě dopravní ČVUT. Každý ze subjektů absolvoval dva podobné lety během dvou nocí s časovým odstupem jednoho až dvou týdnů. Cílem experimentu je dokázat, že řízený odpočinek má pozitivní dopad na výkonnost pilota a že se jedná o výhodu a vhodné protiopatření při zvládání únavy. V rámci měření výkonnosti byly využity 2 testy. OR-test, u kterého se měřila úspěšnost a rychlost a dále subjektivní dotazník hodnocení výkonnosti tzv. NASA Task Load Index (NASA-TLX) jeho softwarová implementace (obě metody budou popsány detailně v kapitole 2.2.). Během metodiky řízeného odpočinku byly dodrženy veškeré doporučené postupy a procedury, aby došlo k simulaci reálného provozu leteckých dopravců. Některé metody v rámci letu byly však poupraveny z experimentálních důvodů měření, aby došlo k lepšímu sběru dat. Celkem došlo ke dvaceti měřením.

2.1. Simulátor Beechcraft Baron G58

Experiment byl proveden na simulátoru Beechcraft Baron G58. Jedná se o šestimístný dvoumotorový letoun se třemi vrtulovými listy, který se řadí do skupiny kategorie B. Maximální cestovní rychlost tohoto letounu je 202 uzlů (TAS). Rozpětí křídel je 11,53 metrů a maximální vzletová hmotnost 2495 kilogramů [27].

Simulátor je vybaven standardním vybavením a letové a navigační přístroje jsou zobrazeny prostřednictvím Garmin displeje G1000. Let probíhal dle pravidel letu podle přístrojů (IFR), tudíž znalost, funkce, ovládání a čtení přístrojů na G1000 byla pro tento experiment hlavní dovedností, kterou musely subjekty splňovat.

2.2. Zkoumané subjekty

Celkem se experimentu zúčastnilo 10 subjektů (9 mužů, 1 žena), rozdělených do dvou experimentálních skupin v průměrném věku $22,1 \pm 0,54$ let, všechny subjekty byly v době experimentu studenty FD ČVUT 3. ročníku oboru profesionální pilot a účastníci integrovaného ATPL(A) výcviku. Celkový počet letových hodin subjektů byl v době plnění experimentu $171,3 \pm 19,10$ hodin a všechny subjekty měly v této době určité zkušenosti s létáním v podmínkách IFR s počtem hodin přístrojového létání $58,3 \pm 16,45$ hodin.

Všem subjektům byl poskytnout *pre-flight briefing* společně s OFP (Operational Flight Plan) daného letu, který byl vygenerován přes webovou aplikaci Simbrief a potřebné mapy pro provedení přístrojového odletu, příletu a přiblížení od společnosti Jeppesen, s jejichž čtením měly v této době již subjekty určitou úroveň zkušenosti. S dalšími rychlostmi či omezeními byly subjekty seznámeny prostřednictvím tohoto před letového briefingu, který jim byl poskytnout, pro seznámení s letadlem a tratí letu, den před zahájením experimentu. Subjekty se dostavily do prostoru leteckého simulátoru dříve, aby mohlo dojít k bližšímu seznámení s vybavením, ovládáním leteckého simulátoru a provedení seznamovacího letu, než byl samotný experiment spuštěn. Subjekty nebyly seznámeny s testováním pomocí výkonnostního OR-testu a ani se subjektivním dotazníkem hodnocení výkonnosti NASA-TLX, aby se předešlo případné přípravě subjektů a nedošlo tak k ovlivnění výsledků testu. Všechny informace ohledně testování byly subjektům sděleny před zahájením experimentu v dostatečné míře. Vzhledem k tomu, že bylo cílem experimentu napodobit vzor reálného letu, měly subjekty k dispozici veškeré informace, postupy, procedury a checklisty jako u běžného letu.

2.3. Průběh experimentu

Každý subjekt byl testován dvakrát během dvou nocí s rozstupem minimálně jednoho týdne. První testovací let byl proveden bez použití metody řízeného odpočinku a druhý let byl proveden s využitím řízeného odpočinku. Oba lety byly odlišné, ale obtížnost a doba letu obou letů zůstala na srovnatelné úrovni. Během jedné noci byly testovány dva subjekty, kdy rozdělení subjektů do určité skupiny bylo zcela náhodné a každý ze subjektů absolvoval let bez řízeného odpočinku a s řízeným odpočinkem ve stejnou dobu, tudíž zůstával ve své skupině, kdy plánovaný čas vzletu pro první skupinu byl 23:15 místního času a plánovaný čas vzletu pro druhou skupinu byl vypočítán na 04:00 místního času. Pilot tak během noci plnil úkoly pilota letícího a monitorujícího dle skupiny, ve které se nacházel. Činnost pilota monitorujícího se skládala ze zapisování a kontroly paliva při sledování letu nahraného softwarem X-Plane 11. Subjekty byly testovány celou noc, dle údajů znázorněných níže.

Oba lety probíhaly za podmínek letu podle přístrojů na území 3 států Německa, Dánska a Francie přes předem stanovené traťové body. Operátor simulátoru hrál během letu komunikační role ATC a CC a předem připravené komunikace v pozadí, pro ztvárnění reálného letu. Testování subjektů pomocí výkonnostního OR-testu a subjektivního

dotazníku hodnocení výkonnosti NASA-TLX probíhalo, dle grafického zobrazení na obrázku 7, kdy časový údaj LT značí místní čas a časový údaj FT letový čas.

Skupina 1		Skupina 2	
Časový údaj	Aktivita	Časový údaj	Aktivita
22:00 LT	Bezpečnostní briefing	Před letem S1	OR-test
22:15 LT	OR-test	...	
22:30 LT	Nastavení simulátoru	00:30 LT	OR-test
22:45 LT	ATIS, Nastavení GPS, Briefing,	...	
23:00 LT	Pojíždění	01:45 LT	OR-test
23:15 LT	Vzlet	...	
00:15 FT		02:45 LT	Bezpečnostní Briefing
00:30 FT	Hlášení palubních průvodčů	03:00 LT	OR-test
00:45 FT		03:15 LT	Nastavení simulátoru
01:00 FT	Hlášení palubních průvodčů	03:30 LT	ATIS, Nastavení GPS, Briefing
01:15 FT	OR-test, NTLx test	03:45 LT	Pojíždění
01:30 FT	Hlášení palubních průvodčů	04:00 LT	Vzlet
01:45 FT		00:15 FT	
02:00 FT	Hlášení palubních průvodčů	00:30 FT	Hlášení palubních průvodčů
02:15 FT	<i>Controlled Rest/bez CR</i>	00:45 FT	
02:30 FT	OR-test, NTLx test	01:00 FT	Hlášení palubních průvodčů
02:45 FT	ATIS, Briefing, STAR a přiblížení	01:15 FT	OR-test, NTLx test
03:00 FT	Přistání	01:30 FT	Hlášení palubních průvodčů
02:30 LT	OR-test, NTLx test	01:45 FT	
Před letem S2	OR-test	02:00 FT	Hlášení palubních průvodčů
...		02:15 FT	<i>Controlled Rest/bez CR</i>
05:15 LT	OR-test	02:30 FT	OR-test, NTLx test
...		02:45 FT	ATIS, Briefing, STAR a přiblížení
06:30 LT	OR-test	03:00 FT	Přistání
		07:15 LT	OR-test, NTLx test

Obrázek 7- Grafické zobrazení průběhu experimentu skupiny 1 a 2

2.3.1. Průběh experimentu bez využití metody řízeného odpočinku

První zkoumaný let probíhal jako let bez využití metody řízeného odpočinku. Jednalo se o let podle přístrojů, který trval zhruba 3 hodiny, kdy mohlo dojít k nepatrné změně letového času dle schopností pilota. Let probíhal mezi mezinárodním letištěm v Mnichově (EDDM) a letištěm Kastrup v Kodani (EKCH) po předem stanovených traťových bodech (trať letu je zobrazena na obrázku 8). Cestovní fáze probíhala s využitím autopilota v letové hladině 90. Vzlet, odlet, přílet, přiblížení a přistání pilot řídil manuálně. Subjekty byly podrobeny veškerým postupům jako u reálného letu, včetně nahrání letu do G1000, odposlechnutí zprávy ATIS, provedení procedur dle checklistu a komunikace s řídicím a palubními personálem. Veškerá komunikace probíhala dle standardní frazeologie v anglickém jazyce.



Obrázek 8- Trať letu bez využití řízeného odpočinku

Po nastavení simulátoru, letových a navigačních přístrojů pilot odposlech zprávu ATIS a následně došlo k navázání komunikace s řídicím a žádost o nastartování motorů, poježdění a odletové povolení

Zpráva ATIS zněla: „Good evening, Munich ATIS information Q, 2030(0130), runway in use 26L, ILS Approach, Transition level 70. Metar issued at 2030.(0130) Wind 130 degrees 7 knots, visibility 10 kilometers or more, overcast one thousand feet, temperature 15, dewpoint 10, QNH 1015 NOSIG. For start up and taxi contact Munich tower 120.505. You have received ATIS information Q.“

Pilot byl poté přesunut na vyčkávací místo B14 dráhy 26L s povolením k odletu po SID trati INPUD2S a počátečním stoupáním do letové hladiny 70.

Ve 23:15/04:00 byl pilot povolen k vzletu z dráhy 26L na letišti EDDM a dle komunikace s řídicím měl po vzletu přejít na Munich Radar 123.905. Po vzletu byl pilot povolen stoupat do letové hladiny 90 a na konci odletové trati měl kontaktovat Munich Radar na frekvenci 132.455.



Během letu docházelo k měření pomocí testů výkonnosti, komunikace s řídicími letového provozu a komunikace s palubními průvodčími. Časová fáze, která byla během letu s řízeným odpočinkem vyhrazena právě řízenému odpočinku a fázím s ním spojeným byla u tohoto letu nahrazena traťovým letem.

Dle vlastní pracovní zátěže a v určité blízkosti od finální destinace pilot odposlech zprávu ATIS letiště Kastrup v Kodani.

Zpráva ATIS zněla: „*Good night Copenhagen ATIS information V, 2300 (0400), Runway in use 22L, ILS approach, transition level 70. Metar issued at 2300 (0400), Wind 130 degrees 7 knots, visibility 10 kilometers or more, overcast one thousand feet, temperature 15, dewpoint 10, QNH 1015 NOSIG. Advise on initial contact, you have received ATIS information V.*“

Následovalo přeměrování na frekvenci 118.4 Kastrup arrival, kde pilot potvrdil ATIS informaci a byl povolen pokračovat po STAR trati MONAK 1N. Poté byl pilot povolen klesat nejprve do letové hladiny 60 a poté do výšky 5000 ft. Posléze následovalo povolení pro ILS přiblížení na dráhu 22L na letišti EKCH. Po usazení na ILS byl pilot přeladěn na frekvenci 118.1 Kastrup Tower, která vydala povolení k přistání a následovalo přistání na dráze 22L na letišti EKCH.

Za celou noc oba piloti absolvovali 7 OR-testů (z toho 4 jako pilot letící a 3 jako pilot monitorující) a 3 NASA-TLX testy (jako pilot letící).

2.3.2. Průběh experimentu s využitím metody řízeného odpočinku

Pro let s metodou řízeného odpočinku byl využit podobně vypadající IFR let, který trval taktéž 3 hodiny s malou odchylkou dle schopností pilota. Let probíhal mezi letištěm Basilej-Mylhúzy-Freiburg (LFSB) a letištěm Hamburg (EDDH) na území Francie a Německa po předem stanovené trati s využitím navigačních bodů a jednoho radionavigačního zařízení (VOR) (trať letu je zobrazena na obrázku 9). Cestovní fáze probíhala rovněž s využitím autopilota, odlet, přílet, přiblížení a přistání manuálně. Řízení odpočinek nastal hodinu a půl po vzletu a trval 30 minut. Byly dodrženy veškeré postupy a procedury spojené s metodou řízeného odpočinku včetně zotavovací fáze a přípravy na řízený odpočinek. ATIS informace a komunikace s řídicím, probíhaly v anglickém jazyce a s využitím standardní frazeologie.



Obrázek 9- Trať letu s řízeným odpočinkem

Pilot nastavil letové a navigační přístroje, nahrál stanovenou trať odposlech zprávu ATIS a provedl odletový briefing.

Zpráva ATIS zněla: „*Good evening, Basel ATIS information Q, 2030(0130), runway in use 33, ILS Approach, Transition level 70. Metar issued at 2030.(0130) Wind 320 degrees 7 knots, visibility 10 kilometers or more, overcast one thousand feet, temperature 15, dewpoint 10, QNH 1015 NOSIG. For start up and taxi contact Basel tower 118.3. You have received ATIS information Q.*“

Po odposlechnutí zprávy ATIS došlo k navázání komunikace s řídicím a žádost o nastartování motorů, pojíždění a odletové povolení. Pilot byl poté přesunut na vyčkávací místo dráhy 33 s povolením k odletu po SID trati ELBE7N a počátečním stoupáním do letové hladiny 70.

Ve 23:15/04:00 Byl pilot povoleni k vzletu z dráhy 23 na letišti LFSB a dle komunikace s řídicím měl po vzletu přejít na Basel approach 119.355 Po vzletu byl pilot povolen stoupat do letové hladiny 90 a na konci odletové trati měl kontaktovat Langen Radar na frekvenci 136.130.



Po dosažení bodu EDUDU se pilot pomocí krátkého briefingu připravil na řízený odpočinek a po hodině a půl letu došlo k realizaci půl hodinového řízeného odpočinku. Po této půl hodinové periodě následovala půl hodinová zotavovací fáze. Po zotavovací fázi došlo dle vlastní pracovní zátěže k odposlechnutí zprávy ATIS pro letiště Hamburg.

Zpráva ATIS zněla: „*Good night, Hamburg ATIS information V, 2300 (0400), Runway in use 23, ILS approach, transition level 70. Metar issued at 2300 (0400), Wind 320 degrees 7 knots, visibility 10 kilometers or more, overcast one thousand feet, temperature 15, dewpoint 10, QNH 1015 NOSIG. Advise on initial contact, you have received ATIS information V.*“

Na frekvenci 118.205 Hamburg arrival pilot potvrdil ATIS informaci a byl povolen pokračovat po STAR trati NOLGO 1P. Poté byl pilot povolen klesat nejprve do letové hladiny 60 a poté do výšky 5000 ft. Posléze následovalo povolení pro ILS, přiblížení na dráhu 23 na letišti EDDH. Po usazení na ILS byl pilot přeladěn na frekvenci 126.855 Hamburg Tower, která vydala povolení k přistání na dráhu 23.

Za celou noc oba piloti absolvovali 7 OR-testů (z toho 4 jako pilot letící a 3 jako pilot monitorující) a 3 NASA-TLX testy (jako pilot letící).

2.4. Podmínky a metody měření

Experiment probíhal se souhlasem Komise pro etiku vědecké práce Vědecké rady ČVUT. Všechny subjekty byly s průběhem experimentu obeznámeny a podepsaly informovaný souhlas s tím, že mohly kdykoliv průběh experimentálního měření ukončit.

Subjekty byly obeznámeny s podmínkami, tak aby nedošlo ke zkreslení výsledku experimentu. Mezi podmínkami bylo stanovení režimu před letem, kterého se subjekty měly držet:

- a) Zahájení dne dle klasického režimu.
- b) Vyhnutí se odpolednímu spánku, aby nedošlo ke zkreslení výsledku.
- c) Vyhnutí se nápojům a produktům, které snižují pocit únavy jako jsou káva, energetické nápoje, silný černý čaj.
- d) Vyhnutí se příliš vysoké fyzické aktivitě.

Také dostaly subjekty za úkol pozorně se připravit na let a projít si všechny potřebné mapy, počasí, limity a provozní rychlosti. Z důvodu časového omezení a neznalosti abnormálních postupů, nedošlo během experimentu k vytvoření nouzové situace.



Subjekty byly celou dobu experimentu pod dohledem a mohly kdykoliv experiment ukončit ze své vlastní vůle.

Subjekty byly podrobeny testu, který se nazývá OR-test [28], který proběhl sedmkrát během jedné noci, z toho 4 testy proběhly během letové fáze a 3 testy během monitorující fáze. Cílem bylo zjistit úspěšnost a rychlost v závislosti na únavě a provést porovnání s letem, kdy byl využit řízený odpočinek. Dále subjekty absolvovaly dotazník výkonnosti s názvem NASA Task Load Index (NASA-TLX) [28] a to třikrát pouze během letové fáze.

2.4.1. OR-test

Metodu OR-testu běžně využívá ústav leteckého zdravotnictví. Při spuštění programů je vygenerovaná tabulka s počtem 25 řádků a 15 sloupců a o celkové množství 375 buněk. Každá buňka se skládá z kombinace, která obsahuje 4 znaky. První dva znaky se skládají z dvojice písmen a druhé dva znaky se skládají z dvojice čísel. Sloupce jsou rozděleny po náhodné dvojici písmen a začínají náhodným číslem, které s každým řádkem zvyšuje svou hodnotu o jednu jednotku [28].

Tabulka je rozdělena do 3 částí, kdy ve střední části se vyskytují kódy obsahující písmena MM a začínající číslem 01 až 25. První část obsahuje písmena začínající písmenem A až M, kdy následující písmeno postupuje vždy v abecedním pořadí. Poslední čas pracuje na podobném principu, avšak se zde vyskytují kódy začínající písmeny N–Z a kombinace pracuje na podobném principu, jako v první skupině. Pro lepší pochopení, kombinace ZJ se nemůže vyskytnout před kombinací ND [28]. Tabulka pro zaznamenání kódové kombinace je zobrazena na obrázku 10.

BP34	BV73	CE83	CT01	EV82	IB54	KH54	MM01	ND51	OY07	QN40	UK73	XE47	ZH57	ZJ07
BP35	BV74	CE84	CT02	EV83	IB55	KH55	MM02	ND52	OY08	QN41	UK74	XE48	ZH58	ZJ08
BP36	BV75	CE85	CT03	EV84	IB56	KH56	MM03	ND53	OY09	QN42	UK75	XE49	ZH59	ZJ09
BP37	BV76	CE86	CT04	EV85	IB57	KH57	MM04	ND54	OY10	QN43	UK76	XE50	ZH60	ZJ10
BP38	BV77	CE87	CT05	EV86	IB58	KH58	MM05	ND55	OY11	QN44	UK77	XE51	ZH61	ZJ11
BP39	BV78	CE88	CT06	EV87	IB59	KH59	MM06	ND56	OY12	QN45	UK78	XE52	ZH62	ZJ12
BP40	BV79	CE89	CT07	EV88	IB60	KH60	MM07	ND57	OY13	QN46	UK79	XE53	ZH63	ZJ13
BP41	BV80	CE90	CT08	EV89	IB61	KH61	MM08	ND58	OY14	QN47	UK80	XE54	ZH64	ZJ14
BP42	BV81	CE91	CT09	EV90	IB62	KH62	MM09	ND59	OY15	QN48	UK81	XE55	ZH65	ZJ15
BP43	BV82	CE92	CT10	EV91	IB63	KH63	MM10	ND60	OY16	QN49	UK82	XE56	ZH66	ZJ16
BP44	BV83	CE93	CT11	EV92	IB64	KH64	MM11	ND61	OY17	QN50	UK83	XE57	ZH67	ZJ17
BP45	BV84	CE94	CT12	EV93	IB65	KH65	MM12	ND62	OY18	QN51	UK84	XE58	ZH68	ZJ18
BP46	BV85	CE95	CT13	EV94	IB66	KH66	MM13	ND63	OY19	QN52	UK85	XE59	ZH69	ZJ19
BP47	BV86	CE96	CT14	EV95	IB67	KH67	MM14	ND64	OY20	QN53	UK86	XE60	ZH70	ZJ20
BP48	BV87	CE97	CT15	EV96	IB68	KH68	MM15	ND65	OY21	QN54	UK87	XE61	ZH71	ZJ21
BP49	BV88	CE98	CT16	EV97	IB69	KH69	MM16	ND66	OY22	QN55	UK88	XE62	ZH72	ZJ22
BP50	BV89	CE99	CT17	EV98	IB70	KH70	MM17	ND67	OY23	QN56	UK89	XE63	ZH73	ZJ23
BP51	BV90	CE00	CT18	EV99	IB71	KH71	MM18	ND68	OY24	QN57	UK90	XE64	ZH74	ZJ24
BP52	BV91	CE01	CT19	EV00	IB72	KH72	MM19	ND69	OY25	QN58	UK91	XE65	ZH75	ZJ25
BP53	BV92	CE02	CT20	EV01	IB73	KH73	MM20	ND70	OY26	QN59	UK92	XE66	ZH76	ZJ26
BP54	BV93	CE03	CT21	EV02	IB74	KH74	MM21	ND71	OY27	QN60	UK93	XE67	ZH77	ZJ27
BP55	BV94	CE04	CT22	EV03	IB75	KH75	MM22	ND72	OY28	QN61	UK94	XE68	ZH78	ZJ28
BP56	BV95	CE05	CT23	EV04	IB76	KH76	MM23	ND73	OY29	QN62	UK95	XE69	ZH79	ZJ29
BP57	BV96	CE06	CT24	EV05	IB77	KH77	MM24	ND74	OY30	QN63	UK96	XE70	ZH80	ZJ30

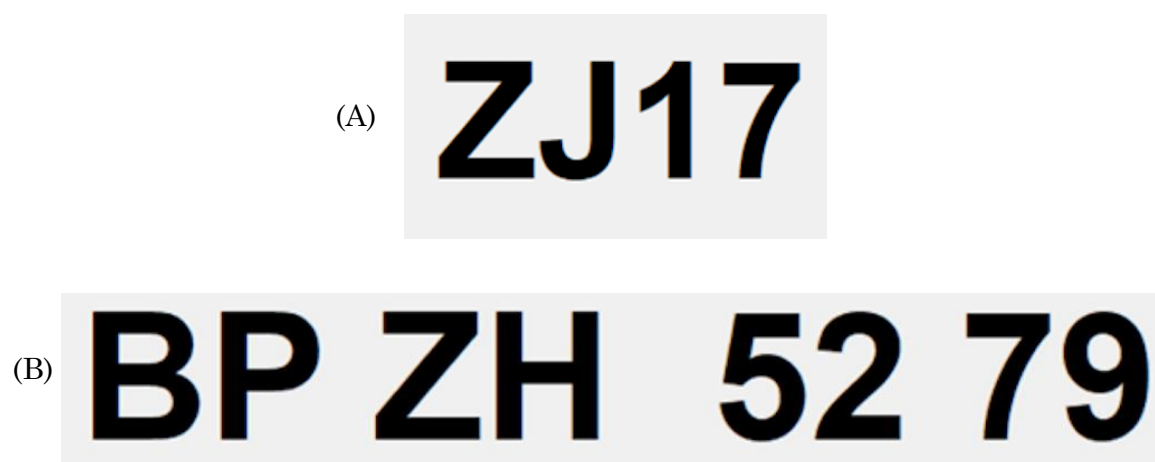
Obrázek 10- Ukázka tabulky OR-testu



Test je rozdělen do čtyř úloh, kdy každá část má 15 opakování. Před začátkem každé úlohy dostane subjekt instruktáž v anglickém jazyce, popřípadě může individuálně položit otázku na průběh daného úkolu před zahájením testu [28].

První úloha testu se skládá ze 3sekundového zobrazení kódu, který obsahuje 2 písmena a 2 čísla. Subjekt dále musí tenhle kód správně identifikovat a najít v tabulce. V hodnocení se zahrnuje přesnost a rychlost. Druhá úloha testu je srovnatelná s první částí pouze s tím rozdílem, že musí subjekt určit, zda je číslo v kódu sudé nebo liché. Pokud je číslo sudé, zaškrtně subjekt odpověď pravým tlačítkem myši, pokud je liché, zaškrtně odpověď levým tlačítkem myši. Třetí úloha se skládá ze zobrazení kódu, který obsahuje 2 dvojice písmen a 2 dvojice čísel a úkolem subjektu je spojit první 2 dvojice a druhé 2 dvojice tak, aby vznikly 2 kódy obsahující 2 písmena a 2 čísla a oba tyto kódy najít v tabulce. Poslední úloha je kombinací 2 a 3 částí. Subjekt provádí stejnou činnost jako u 3 částí, avšak musí ještě identifikovat, zda je číslo v kódu sudé nebo liché [28].

Znázornění náhodné kombinace u 1. a 2. části úkolu jsou zobrazeny na obrázku 8 A. Kombinace 3. a 4. části úkolu jsou zobrazeny na obrázku 8 B.



Obrázek 11- Zobrazení znázornění kódu u úlohy 1, 2 (A) a 3, 4 (B)

Po skončení jsou data uložena do dvou souborů ve formátu .xlsx, kdy v prvním souboru jsou viditelné požadované kódy a subjektem označené kódy a v druhém souboru pak vidíme tabulku rozložení rychlosti reakce u každé odpovědi daného subjektu a správnost/chybnost odpovědi [32] znázorněné pomocí 1 a 0, kdy 1 znamená správná odpověď a 0 znamená chybná odpověď. Tuhle tabulku s časy rychlostí reakce a správností reakce tedy budeme hodnotit.



2.4.2. NASA Task Load Index (NASA-TLX)

Během experimentu bylo využito softwarové implementace tohoto testu, licencované jako NASA Task Load Index Implementation (NTLx) [28]. Subjekt prochází vyplněním těchto dotazníků celkově třikrát během letu jako pilot letící. První vyplnění probíhá před řízeným odpočinkem druhé vyplnění po řízeném odpočinku a třetí na konci letu. U letu bez řízeného odpočinku dochází k vyplnění ve stejné časy, pouze bez využití metody řízeného odpočinku.

Subjekt procházel dotazníkem, kde hodnotil na stupnici (1–20), jak byl pro něj let vyčerpávající v 6 kategoriích. Mezi kategorie hodnocení patří: psychická zátěž, fyzická zátěž, časový tlak, výkonnost, úsilí a frustrace [28]:

- **Psychická zátěž:** Subjekt hodnotí, jak moc byly psychické úkony vyčerpávající. Jak moc musel subjekt přemýšlet, komunikovat, počítat a vykonávat jiné psychické činnosti.
- **Fyzická zátěž:** U této kategorie subjekt hodnotí fyzické aspekty letu a jak moc ho vyčerpaly. Mezi fyzickou zátěž se řadí například řízení letounu.
- **Časová zátěž:** Zde hodnotí subjekt, zda se nacházel pod určitým časovým tlakem a zda zde bylo nebo nebylo dostatek času pro dokončení všech úkolů v daném časovém rámci.
- **Výkonnost:** Výkonnostní skóre je sebehodnocení z pohledu jednotlivce, tedy jak si jednotlivec myslí, že byl úspěšný a jak moc byl celkově spokojen se svým výkonem během letu, při komunikaci, vzletu, SID, STAR, přiblížení a přistání.
- **Úsilí:** V případě hodnocení úsilí subjekty hodnotí, jak náročné bylo splnit požadovanou úroveň výkonu [28, 32]. V našem případě hodnocení dodržení všech náležitostí vzletu, SID, STAR, přiblížení a přistání během nočního letu.
- **Frustrace:** Frustrace je hodnocena na základě toho, jak byl subjekt z letu vystresovaný a rozzlobený během letu [28].

Po první části následovala druhá část, kdy subjekt vybíral v rámci dvou kategorií, která ho více během letu ovlivnila [28].

Na obrázku 12 A je znázornění první části dotazníku a na obrázku 12 B je znázorněna druhá část dotazníku.

(A)

(B)

Obrázek 12- Znárodnění části 1 (A) a části 2 (B)

Po skončení obou částí dojde k zobrazení tří grafů, které můžeme uložit do souboru .xlsx jako tabulky s hodnotami, kdy je výsledek zobrazen ve třech sloupcích a samotné hodnoty celkového skóre. První sloupec reprezentuje procentuální zobrazení první části, druhý sloupec zobrazí výsledků druhé části dotazníku, tedy počet kliknutí na danou kategorii a upřednostnění určité kategorie před ostatní a ve třetím sloupci je zobrazena hodnota, kdy dojde k vynásobení procentuální hodnoty prvního sloupce s váhovou hodnotou druhého sloupce vydělenou 15, protože dochází k výběru z šesti nad dvěma kombinací [32]. Tenhle sloupec s hodnotami bude statisticky hodnocen. Dále je zde zobrazena hodnota kumulativní zátěže (overall workload), jedná se o celkový součet všech kategorií.



2.5. Metodika zpracování dat

Při porovnání dat z NTLx testu, byla data porovnána pouze v rámci jednotlivých kategorií. V případě zpracování dat došlo k určení normality, aby bylo možné vybrat správný test pro statistické zpracování. Během porovnání dat jednotlivých testů mezi měřeními s řízeným odpočinkem a bez řízeného odpočinku došlo k využití testu hypotéz pro dva párové výběr, Wilcoxon sign rank testu a ttestu. Pro statistické zpracování si je potřeba stanovit hladinu významnosti α , což značí pravděpodobnost, se kterou počítáme obor přijetí a následně zamítáme či nezamítáme nulovou hypotézu H_0 [34]. Pro potřeby bakalářské práce byla zvolena hladina významnosti na hodnotu $\alpha = 5 \%$. Pokud bude výsledná p-hodnota větší než 5% nulovou hypotézu nezamítáme a pokud bude menší než 5% nulovou hypotézu můžeme zamítnout. Pojem nulová hypotéza (H_0) je tvrzení, které obhájí stávající stav, či jej zamítá [34]. Stanovená nulová hypotéza pro statistické hodnocení v rámci NTLx testu zní H_0 : “Subjekt byl zatížen v dané kategorii při letu bez využití řízeného odpočinku stejně jako s využitím řízeného odpočinku“. Mezi porovnáním prvních testů nejsou očekávány žádný statisticky významné rozdíly, protože oba testy probíhaly na začátku měření, tudíž by zde k žádné významné změně nemělo dojít. U porovnání druhých testů mohou být očekávány statistické rozdíly, totéž platí i pro porovnání třetích testů, protože tyto testy probíhaly po řízeném odpočinku.

Dále došlo k porovnání všech testů v rámci jednotlivých měření mezi sebou, abychom zjistili, zda zde existují nějaké statisticky významné rozdíly v průběhu noci bez řízeného odpočinku a v průběhu noci s řízeným odpočinkem. Pro tuto metodu bylo využito opět ověření normality dat a posléze využití jednofaktorového testu hypotéz pro více výběrů, parametrického testu ANOVA nebo Kruskal-Wallisova testu, který je neparametrickou alternativou jednofaktorového testu ANOVA [33].



V případě zpracování dat OR-testu vyhodnocení času došlo k porovnání testů v rámci měření letu bez řízeného odpočinku a se řízeným odpočinkem odděleně pro každou skupinu zvlášť. Pro tuto metodu bylo využito opět ověření normality dat a posléze využití Wilcoxon sign rank pravostranného testu, a nulové hypotézy, která byla stanovena jako H_0 : „Reakční čas bez CR \leq Reakční čas s CR“. Pomocí využití směru testu lze určit, zda rychlost reakce byla rychlejší při měření s řízeným odpočinkem, či nikoliv.

Dále došlo k porovnání testů v průběhu jednotlivých nocí bez řízeného odpočinku a s řízeným odpočinkem, abychom zjistili, zda zde existují nějaké statisticky významné rozdíly v průběhu noci bez řízeného odpočinku a v průběhu noci s řízeným odpočinkem. Data byla zpracována pomocí Kruskal-Wallisova testu a pokud byl nalezen statisticky významný rozdíl, byla provedena post-hoc analýza pomocí Tukey-Kramerova testu.

V případě zpracování dat OR-testu vyhodnocení správnosti došlo k porovnání testů v rámci měření letu bez řízeného odpočinku a s řízeným odpočinkem. Pro tento účel může dojít k výběru mezi párovými testy pro dva výběry, jako je například McNemarův test, který se využívá zejména pro diskrétní náhodné veličiny s binárními hodnotami například ano nebo ne, zde nulová hypotéza H_0 testu říká, že jsou četnosti stejné,[33] tudíž když nulovou hypotézu nezamítneme, neměla by zde být patrná změna při porovnání mezi testem s řízeným a bez řízeného odpočinku nebo můžeme použít test shodě dvou podílů nebo X^2 test nezávislosti [33]. Pro potřeby bakalářské práce byl použit opět Wilcoxon sign rank test pro dva párové výběry.

Dále došlo k porovnání testů v průběhu jednotlivých nocí bez řízeného odpočinku a s řízeným odpočinkem, abychom zjistili, zda zde existují nějaké statisticky významné rozdíly v průběhu noci bez řízeného odpočinku a v průběhu noci s řízeným odpočinkem. Data byla zpracována pomocí Kruskal-Wallisova testu.

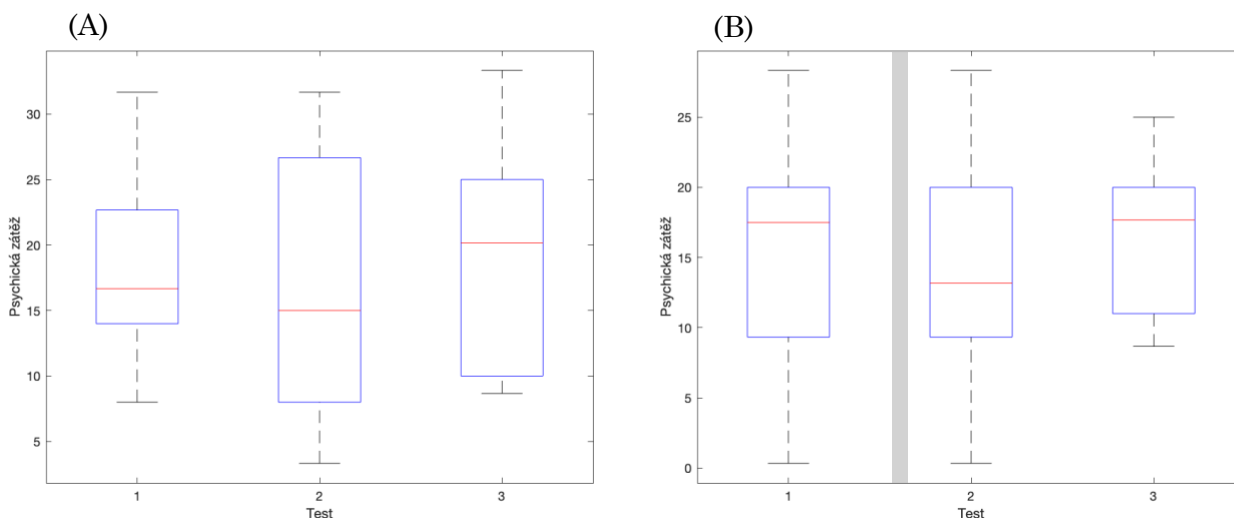
3. Výsledky

Kapitola se zabývá výsledky, které byly získány porovnáním pomocí statistických testů v prostředí programu MATLAB a následně jejich grafickým zobrazením. Výsledky jsou prezentovány formou p-hodnot a konfidenčních intervalů (CI).

3.1. Výsledky subjektivního dotazníku

V rámci kategorie psychická zátěž nebyly pozorovány žádné statisticky významné rozdíly. V případě porovnání prvního testu mezi měřením bez řízeného odpočinku a s řízeným odpočinkem $p = 0,2341$. U druhého testu, který probíhal u měření bez využití metody řízeného odpočinku ve druhé třetině letu a s metodou řízeného odpočinku po využití řízeného odpočinku $p = 0,5564$. U třetího testu, který probíhal u obou měření po skončení letu $p = 0,3542$. Všechny výsledné p-hodnoty jsou větší než zvolená hladina významnosti, tudíž nezamítáme nulovou hypotézu a nejsou zde viditelné žádné statisticky významné rozdíly.

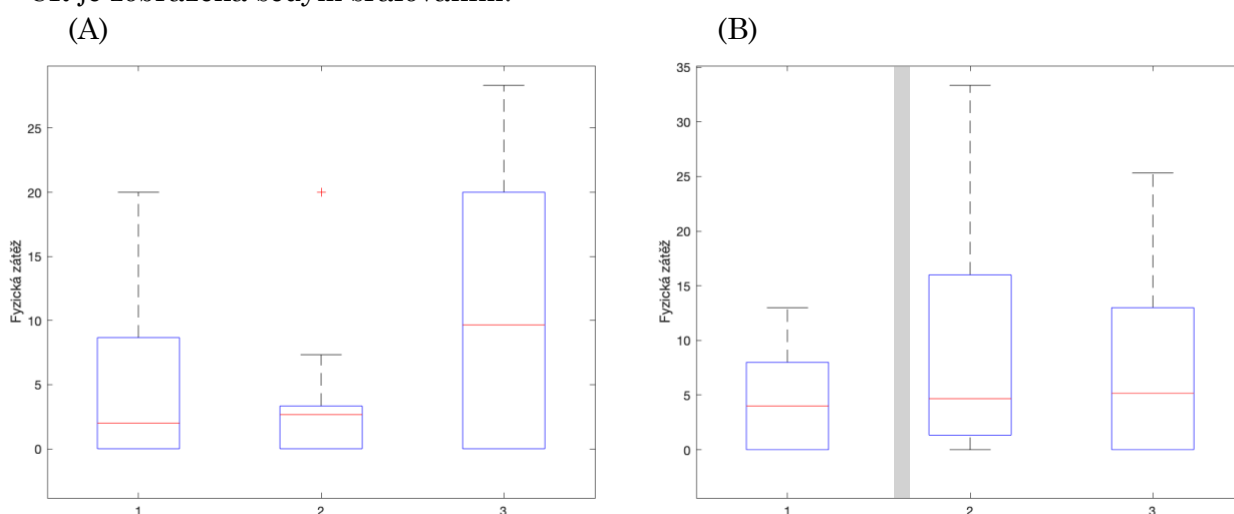
U prvního měření (bez řízeného odpočinku) došlo k porovnání jednotlivých testů, test zde neukázal žádné statisticky významné rozdíly, $p = 0,7951$. U druhého měření (s řízeným odpočinkem) došlo k porovnání jednotlivých testů mezi sebou, statistický test zde neukázal žádné statisticky významné rozdíly, výsledná $p = 0,843$. Distribuce jednotlivých datových souborů je zobrazena na obrázku 13, perioda CR je zobrazena šedým šrafováním.



Obrázek 13- Distribuce dat psychická zátěž bez CR (A) s CR (B),
perioda řízeného odpočinku je znázorněna šedým šrafováním.

V rámci kategorie fyzická zátěž nebyly pozorovány žádné statisticky významné rozdíly. V případě porovnání prvního testu mezi měřeními bez řízeného odpočinku a s řízeným odpočinkem byla výsledná $p = 0,8438$, u druhého testu $p = 0,0938$ a u třetího testu $p = 0,3500$. Výsledné p -hodnoty $> \alpha$, tudíž nezamítáme nulovou hypotézu a nejsou zde viditelné žádné statisticky významné rozdíly.

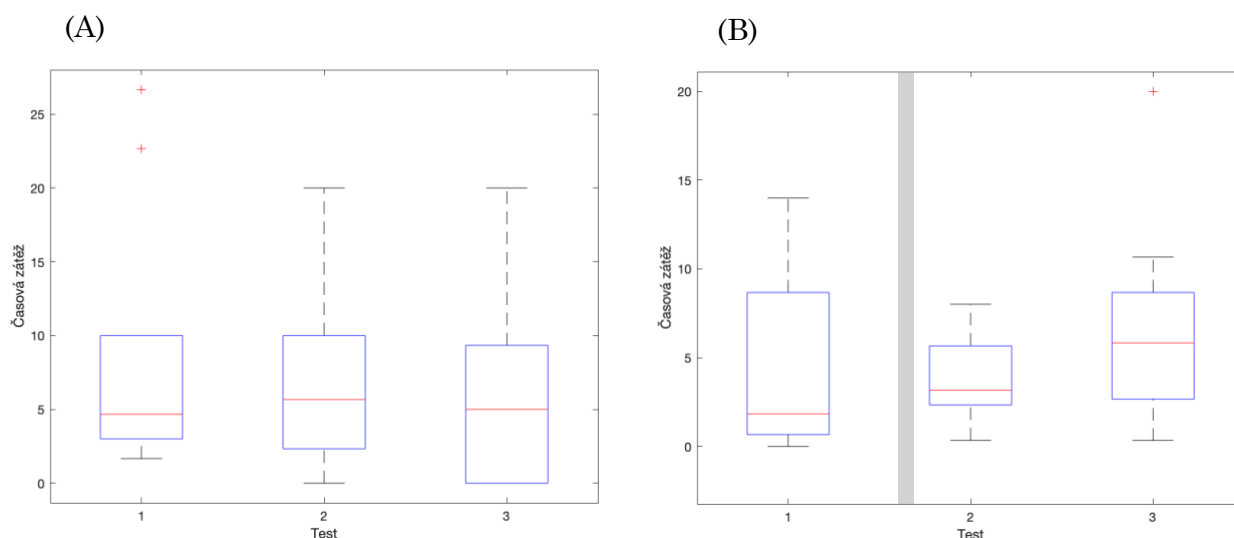
U prvního měření (bez řízeného odpočinku) došlo k porovnání jednotlivých testů, $p = 0,311$. U druhého měření (s řízeným odpočinkem) došlo k porovnání jednotlivých testů, $p = 0,7702$. Distribuce jednotlivých datových souborů je zobrazena na obrázku 14, perioda CR je zobrazena šedým šrafováním.



Obrázek 14- Distribuce dat fyzická zátěž bez CR (A) s CR (B), perioda řízeného odpočinku je znázorněna šedým šrafováním.

V rámci kategorie časové zátěže nebyly pozorovány žádné statisticky významné rozdíly. V případě porovnání prvního testu mezi měřeními bez řízeného odpočinku a s řízeným odpočinkem $p = 0,1602$, u druhého testu p -hodnota $0,1934$ a u třetího testu $p = 0,5753$. Všechny p -hodnoty $> \alpha$, tudíž nezamítáme nulovou hypotézu a nejsou zde viditelné žádné statisticky významné rozdíly.

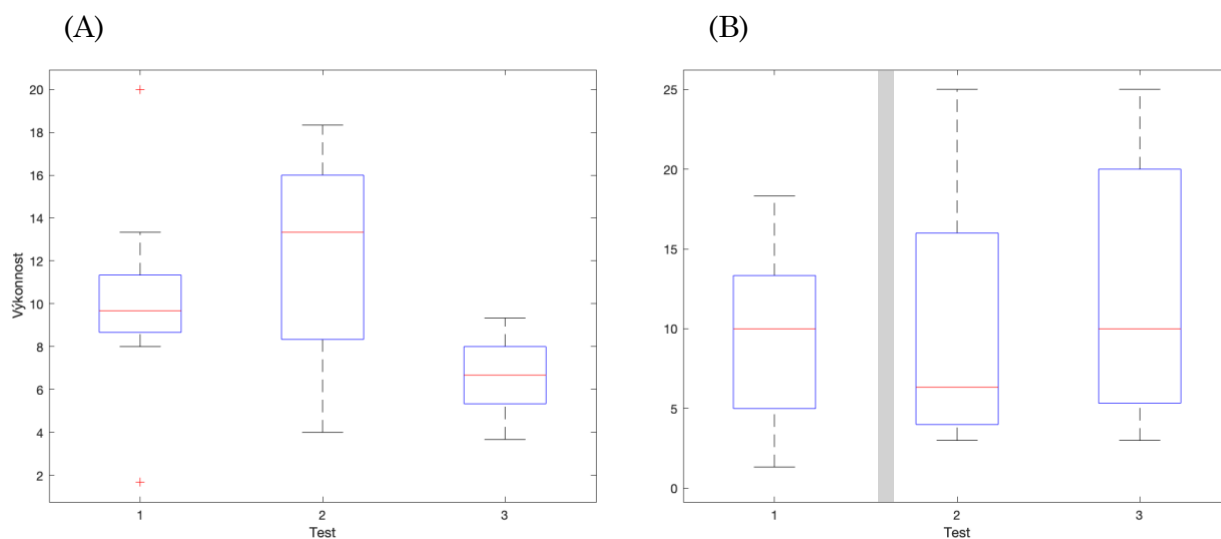
U prvního měření (bez řízeného odpočinku) došlo k porovnání jednotlivých testů, $p = 0,666$. U druhého měření (s řízeným odpočinkem) došlo k porovnání jednotlivých testů, $p = 0,2972$. Distribuce jednotlivých datových souborů je zobrazena na obrázku 15, perioda CR je zobrazena šedým šrafováním.



Obrázek 15- Distribuce dat časová zátěž bez CR (A) s CR (B),
perioda řízeného odpočinku je znázorněna šedým šrafováním.

V rámci kategorie výkonnosti nebyly pozorovány statisticky významné rozdíly, kdy se výsledná p-hodnota pouze u třetího testu blížila stanovené hladině významnosti. V případě porovnání prvního testu mezi měřeními bez řízeného odpočinku a s řízeným odpočinkem byla výsledná $p = 0,7589$, u druhého testu $p = 0,4902$ a u třetího testu byla výsledná $p = 0,0599$.

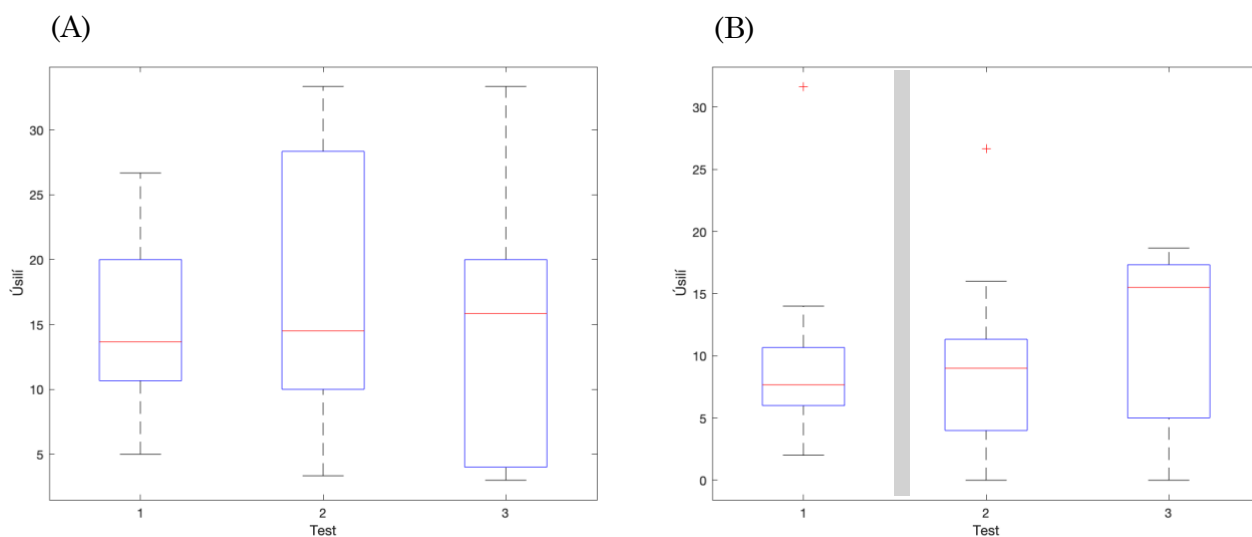
U prvního měření (bez řízeného odpočinku) došlo k porovnání jednotlivých testů, test zde ukázal statisticky významné rozdíly, $p = 0,0159$. Post-hoc analýza ukázala rozdíl, mezi 2. a 3. testem ($p = 0,0162$, CI = 0,9018; 9,8982). U druhého měření (s řízeným odpočinkem) došlo k porovnání jednotlivých testů, výsledek neukázal žádné statisticky významné rozdíly, $p = 0,7678$. Distribuce jednotlivých datových souborů je zobrazena na obrázku 16, perioda CR je zobrazena šedým šrafováním.



Obrázek 16- Distribuce dat kategorie výkonnost bez CR (A) s CR (B),
perioda řízeného odpočinku je znázorněna šedým šrafováním.

V rámci kategorie úsilí byly pozorovány statisticky významné rozdíly mezi druhými testy při porovnání u měření bez a s řízeným odpočinkem. V případě porovnání prvního testu mezi měření bez řízeného odpočinku a s řízeným odpočinkem byla výsledná $p = 0,0605$. U druhého testu byla $p = 0,0294$ a u třetího testu $p = 0,6250$. Výsledná p -hodnoty u druhého testu je menší než zvolená hladina významnosti ($p < 0,05$), tudíž zamítáme nulovou hypotézu a jsou zde viditelné statisticky významné rozdíly, proto došlo k použití pravostranného testu, který zamítl nulovou hypotézu H_0 : „Zatížení v kategorii úsilí bez CR \leq Zatížení v kategorii úsilí s CR“. Můžeme tedy říct, že u druhého testu byly subjekty více zatíženy úsilím u měření bez řízeného odpočinku.

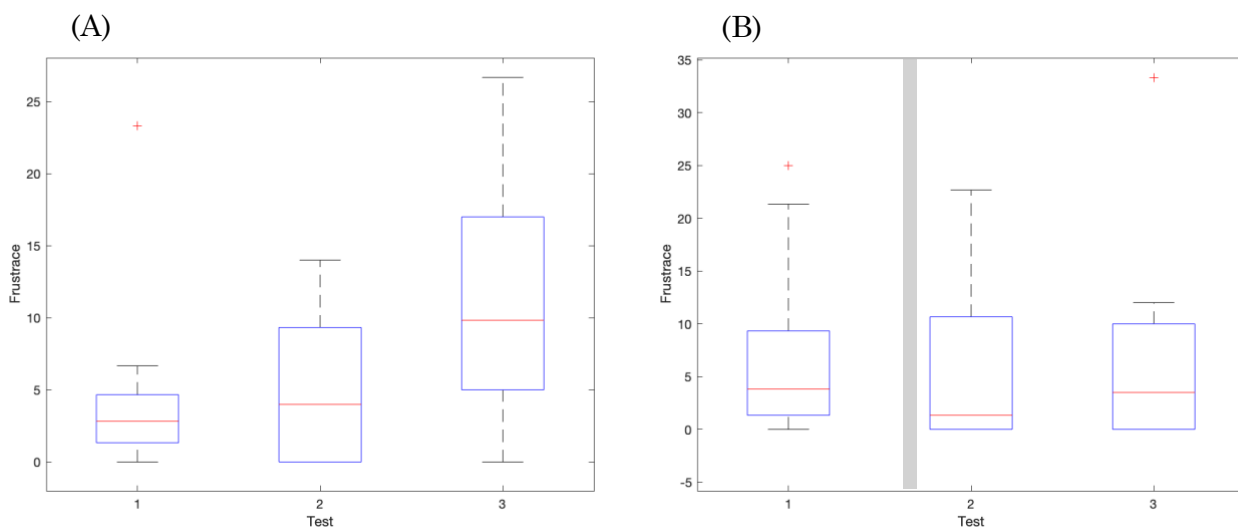
U prvního měření (bez řízeného odpočinku) došlo k porovnání jednotlivých testů, $p = 0,7554$. U druhého měření (s řízeným odpočinkem) došlo k porovnání jednotlivých testů, $p = 0,3855$, výsledky zde neukázaly žádné statisticky významné rozdíly. Distribuce jednotlivých datových souborů je zobrazena na obrázku 17, perioda CR je zobrazena šedým šrafováním.



Obrázek 17- Distribuce dat kategorie úsilí bez CR (A) s CR (B),
 perioda řízeného odpočinku je znázorněna šedým šrafováním.

V rámci kategorie frustrace nebyly pozorovány žádné statisticky významné rozdíly. V případě porovnání prvního testu mezi měřeními bez řízeného odpočinku a s řízeným odpočinkem $p = 0,2852$, u druhého testu $p = 0,7422$ a u třetího testu $p = 0,25$. Všechny výsledné p -hodnoty jsou větší než zvolená hladina významnosti, tudíž nezamítáme nulovou hypotézu a nejsou zde viditelné žádné statisticky významné rozdíly.

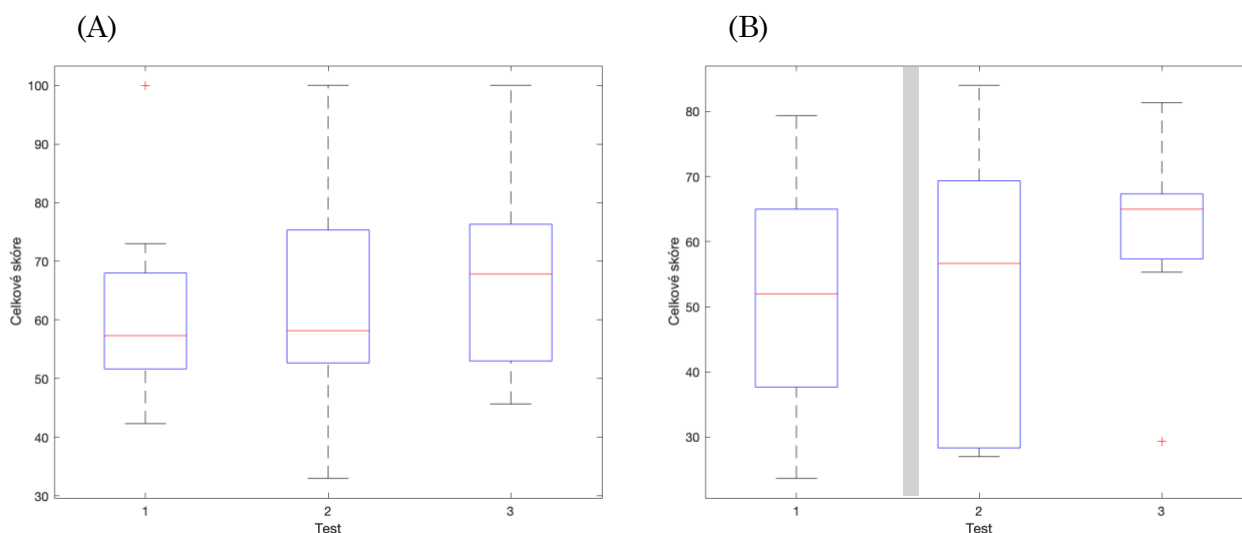
U prvního měření (bez řízeného odpočinku) při porovnání jednotlivých testů $p = 0,1235$, u druhého měření (s řízeným odpočinkem) $p = 0,8055$. Distribuce jednotlivých datových souborů je zobrazena na obrázku 18, perioda CR je zobrazena šedým šrafováním.



Obrázek 18- Distribuce dat kategorie frustrace bez CR (A) s CR (B),
 perioda řízeného odpočinku je znázorněna šedým šrafováním.

V rámci kategorie kumulativní zátěže (overall workload) nebyly pozorovány žádné statisticky významné rozdíly. V případě porovnání prvního testu mezi měřeními bez řízeného odpočinku a s řízeným odpočinkem $p = 0,2729$, u druhého testu $p = 0,2989$ a u třetího testu výsledná $p = 0,3274$. Všechny výsledné p -hodnoty $> \alpha$, tudíž nezamítáme nulovou hypotézu a nejsou zde viditelné žádné statisticky významné rozdíly.

U prvního měření (bez řízeného odpočinku) došlo k porovnání jednotlivých testů, výsledek neukázal žádné statisticky významné rozdíly, $p = 0,700$, u druhého měření (s řízeným odpočinkem) došlo k porovnání jednotlivých testů, výsledek neukázal žádné statisticky významné rozdíly, $p = 0,3458$. Distribuce jednotlivých datových souborů je zobrazena na obrázku 19, perioda CR je zobrazena šedým šrafováním.



Obrázek 19- Distribuce dat kumulativní zátěže bez CR (A) s CR (B), perioda řízeného odpočinku je znázorněna šedým šrafováním.



3.2. Výsledky OR-testu vyhodnocení času

Při zpracování výsledků OR-testu došlo k rozdělení skupin, aby došlo k porovnání jednotlivých testů, dle souvislosti mezi lety s využitím metody řízeného odpočinku a lety bez využití metody řízeného odpočinku v určitém časovém rámci. Výsledné vyhodnocení času je dále rozděleno dle jednotlivých částí v OR-testu.

3.2.1. Výsledky OR-testu vyhodnocení času skupina 1

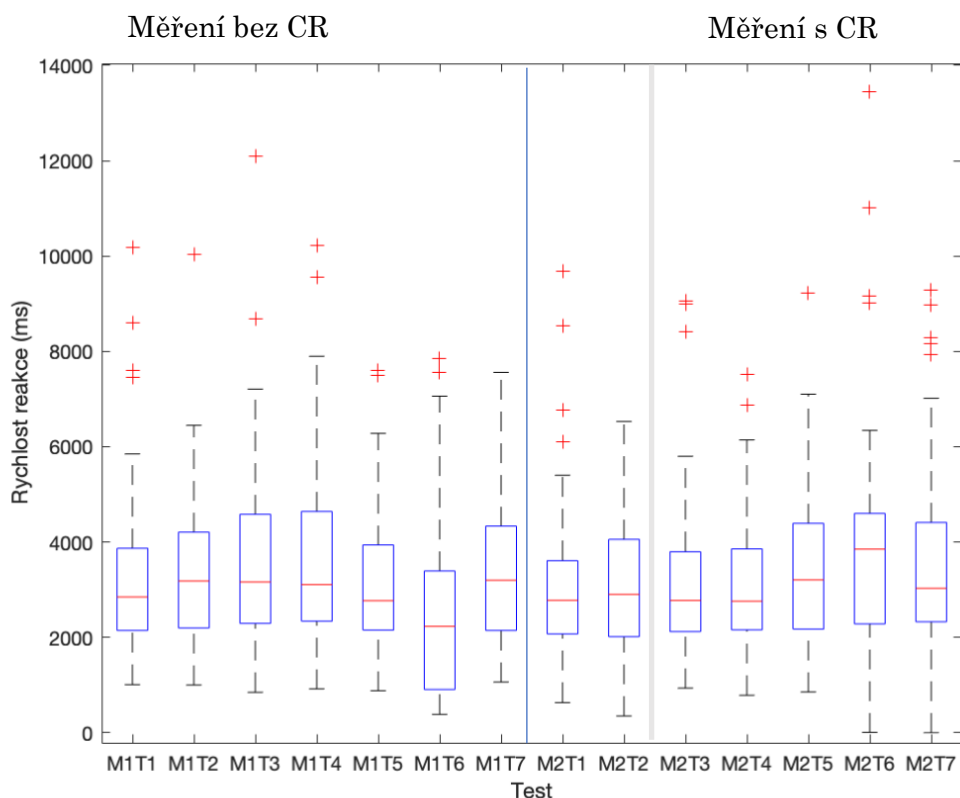
Pro první části testu byl nalezen statisticky významný rozdíl při porovnání bez řízeného odpočinku a s řízeným odpočinkem pouze mezi šestými testy, výsledná $p = 9,9515 \cdot 10^{-5}$, pravostranný test nezamítl nulovou hypotézu.

U prvního měření (bez řízeného odpočinku) došlo k porovnání jednotlivých testů, během toho zde byly nalezeny statisticky významné rozdíly $p = 0,0002$.

Během porovnání pomocí post-hoc analýzy byly nalezeny statisticky významné rozdíly mezi 1. a 6. testy ($p = 0,0261$, CI = 5,3301; 151,4033), mezi 2. a 6. testy ($p = 0,0036$, CI = 19,4367; 165,5099), mezi 3. a 6. testy ($p = 0,0001$, CI = 38,2501; 184,3233), mezi 4. a 6. testy ($p = 0,0006$, CI = 30,4634; 184,3233) a mezi 6. a 7. testy ($p = 0,0063$, CI = -161,7099; -15,6367).

U druhého měření (s řízeným odpočinkem) došlo k porovnání jednotlivých testů, během toho zde nebyly nalezeny statisticky významné rozdíly $p = 0,0643$.

Distribuce dat první části skupiny 1 je znázorněna na obrázku 20, perioda řízeného odpočinku je zobrazena šedou, oddělení měřených nocí je zobrazeno modrou.



Obrázek 20- Distribuce dat skupiny 1 první části

Perioda řízeného odpočinku je znázorněna šedým šrafováním, M1 je označení pro měření bez CR, M2 pro měření s CR a T je označení testu.

Pro druhou část testu byly nalezeny statisticky významné rozdíly mezi třetími testy $p = 0,0489$, šestými testy $p = 8,5392 \cdot 10^{-5}$ a sedmými testy $p = 0,0262$, pro tuto skutečnost byl použit pravostranný test, který potvrdil zamítnutí nulové hypotézy pouze třetího testu. Zlepšení s řízeným odpočinkem bylo tedy prokázáno pouze u třetího testu.

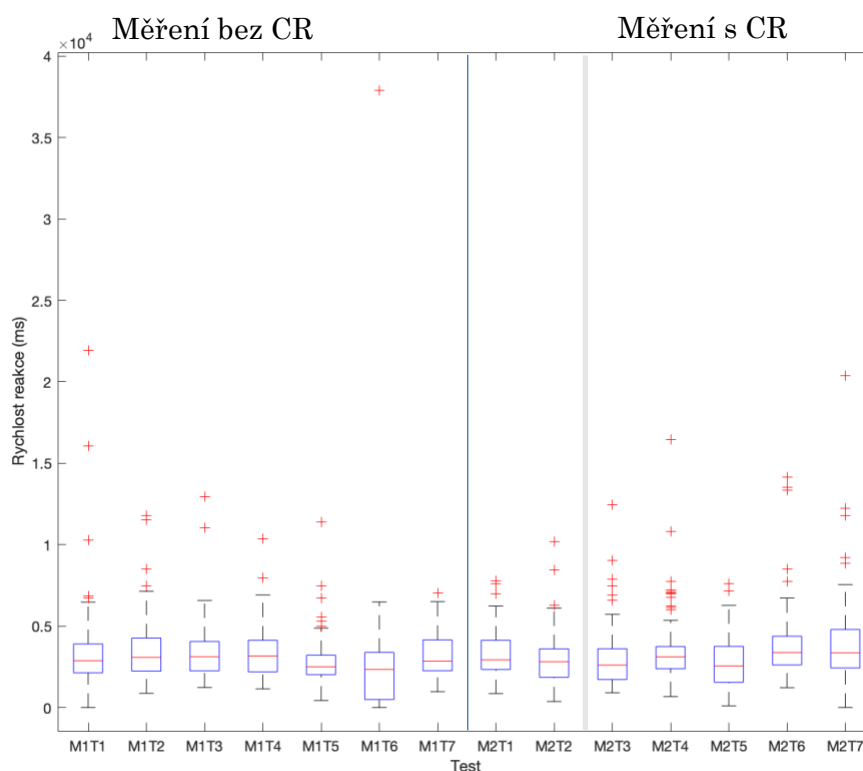
U prvního měření (bez řízeného odpočinku) došlo k porovnání jednotlivých testů, během toho zde byly nalezeny statisticky významné rozdíly $p = 8,2864 \cdot 10^{-5}$.

Porovnáním pomocí post-hoc analýzy byly nalezeny statisticky významné rozdíly mezi 1. a 6. testy ($p = 0,0262$, CI = 5,3239; 151,3961), mezi 2. a 6. testy ($p = 0,0022$, CI = 22,6439; 168,7161), mezi 3. a 6. testy ($p = 0,0009$, CI = 28,0106; 174,0827), mezi 4. a 6. testy ($p = 0,0013$, CI = 25,9439; 172,0161) a mezi 6. a 7. testy ($p = 0,0144$, CI = -155,9027; -9,8306).

U druhého měření (s řízeným odpočinkem) došlo k porovnání jednotlivých testů, během toho zde byly nalezeny statisticky významné rozdíly, $p = 3,95457 \cdot 10^{-5}$.

Porovnáním pomocí post-hoc analýzy byly nalezeny statisticky významné rozdíly mezi 2. a 6. testy ($p = 0,0366$, $CI = -148,6966; -2,6234$), mezi 3. a 6. testy ($p = 0,0096$, $CI = -158,8366; -12,7634$), mezi 3. a 7. testy ($p = 0,0206$, $CI = -153,2432; -7,1701$), mezi 5. a 6. testy ($p = 0,0021$, $CI = -168,9832; -22,9101$) a mezi 5. a 7. testy ($p = 0,0049$, $CI = -163,39; -17,3168$).

Distribuce dat druhé části skupiny 1 je znázorněna na obrázku 21, perioda řízeného odpočinku je zobrazena šedou, oddělení měřených nocí pomocí modré.



Obrázek 21- Distribuce dat skupiny 1 druhé části
Perioda řízeného odpočinku je znázorněna šedým šrafováním, M1 je označení pro měření bez CR, M2 pro měření s CR a T je označení testu.

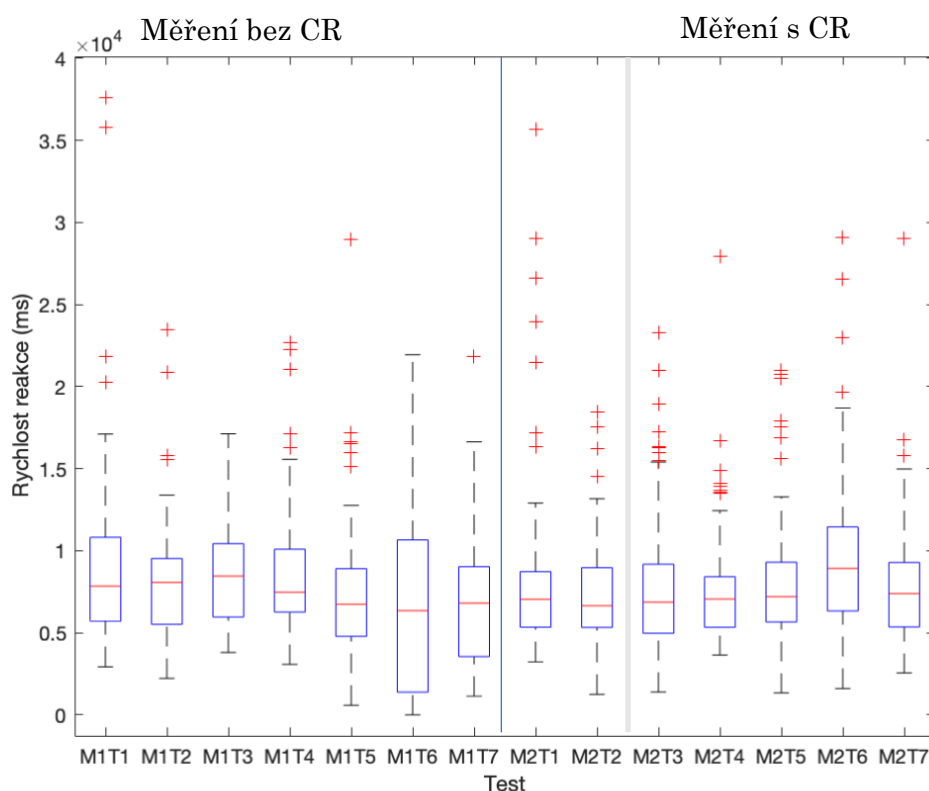
Pro třetí část testu byly nalezeny statisticky významné rozdíly mezi čtvrtými $p = 0,019$ a šestými testy $p = 0,002$. Pro tuto skutečnost byl použit pravostranný test, který potvrdil zamítnutí nulové hypotézy pouze v případě čtvrtého testu. Subjekt se při letu s řízeným odpočinkem zlepšil pouze u čtvrtého testu.

U prvního měření (bez řízeného odpočinku) došlo k porovnání jednotlivých testů, během toho zde byly nalezeny statisticky významné rozdíly p -hodnota = 0,0011.

Porovnáním pomocí post-hoc analýzy byly nalezeny statisticky významné rozdíly mezi 2. a 6. testy ($p = 0,0366$, CI = -148,6966; -2,6234), mezi 3. a 6. testy ($p = 0,0262$, CI = 5,2967; 151,37) a mezi 3. a 7. testy ($p = 0,42$, CI = 1,4767; 147,55).

U druhého měření (s řízeným odpočinkem) došlo k porovnání jednotlivých testů, během toho zde nebyly nalezeny statisticky významné rozdíly $p = 0,087$.

Distribuce dat třetí části skupiny 1 je znázorněna na obrázku 22, perioda řízeného odpočinku je znázorněna šedou, oddělení měřených nocí pomocí modré.



Obrázek 22- Distribuce dat skupiny 1 třetí části
Perioda řízeného odpočinku je znázorněna šedým šrafováním, M1 je označení pro měření bez CR, M2 pro měření s CR a T je označení testu.

Pro čtvrtou část testu byly nalezeny statisticky významné rozdíly mezi prvními $p = 0,0229$ a šestými testy $p = 0,0193$, pro tuto skutečnost byl použit pravostranný test, který potvrdil zamítnutí nulové hypotézy pouze v případě prvního testu. Během noci s řízeným odpočinkem se subjekt časově zlepšil pouze u prvního testu.

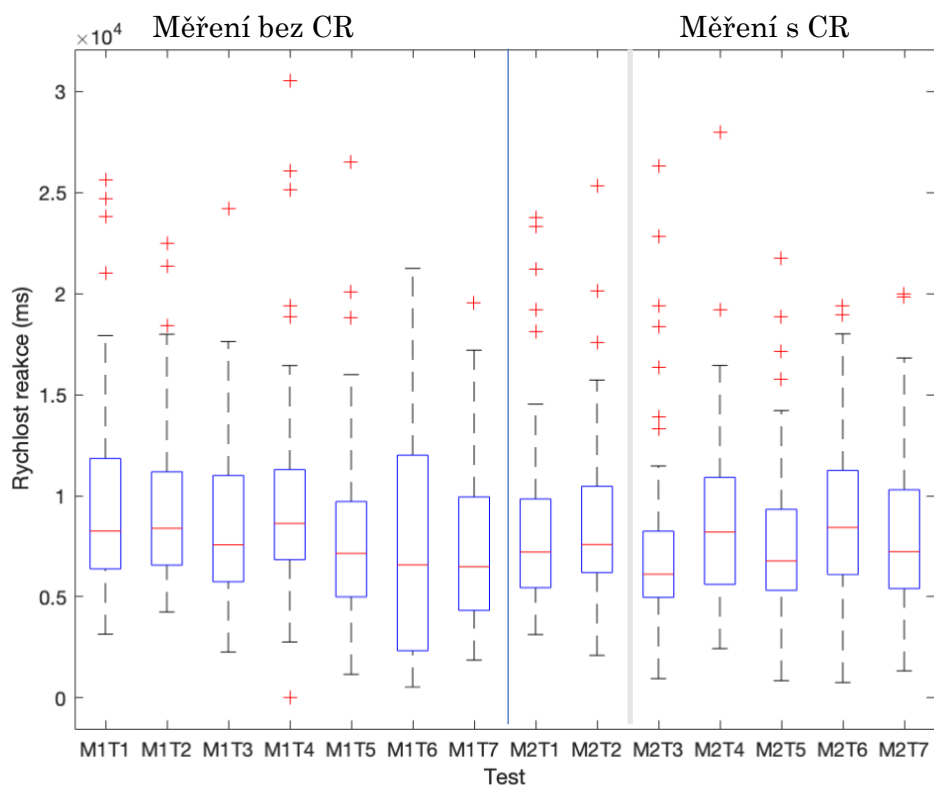
U prvního měření (bez řízeného odpočinku) došlo k porovnání jednotlivých testů, během toho zde byly nalezeny statisticky významné rozdíly p -hodnota = 0,0002.

Porovnáním pomocí post-hoc analýzy byly nalezeny statisticky významné rozdíly mezi 1. a 6. testy ($p = 0,0334$, CI = 3,3767; 149,45), mezi 1. a 7. testy ($p = 0,0367$, CI = 2,6034; 148,6766), mezi 2. a 6. testy ($p = 0,041$, CI = 1,6767; 147,75), mezi 2. a 7. testy ($p = 0,045$, CI = 0,9034; 146,9766), mezi 4. a 6. testy ($p = 0,0135$, CI = 10,31; 156,3833) a mezi 4. a 7. testy ($p = 0,015$, CI = 9,5367; 155,61).

U druhého měření (s řízeným odpočinkem) došlo k porovnání jednotlivých testů, během toho zde byly nalezeny statisticky významné rozdíly $p = 0,0042$.

Porovnáním pomocí post-analýzy byly nalezeny statisticky významné rozdíly mezi 3. a 4. testy ($p = 0,028$, CI = -150,8499; -4,7767) a mezi 3. a 6. testy ($p = 0,0069$, CI = -161,1633; -15,0901).

Distribuce dat čtvrté části skupiny 1 je znázorněna na obrázku 23, perioda řízeného odpočinku je znázorněna šedou, oddělení měřených nocí pomocí modré.



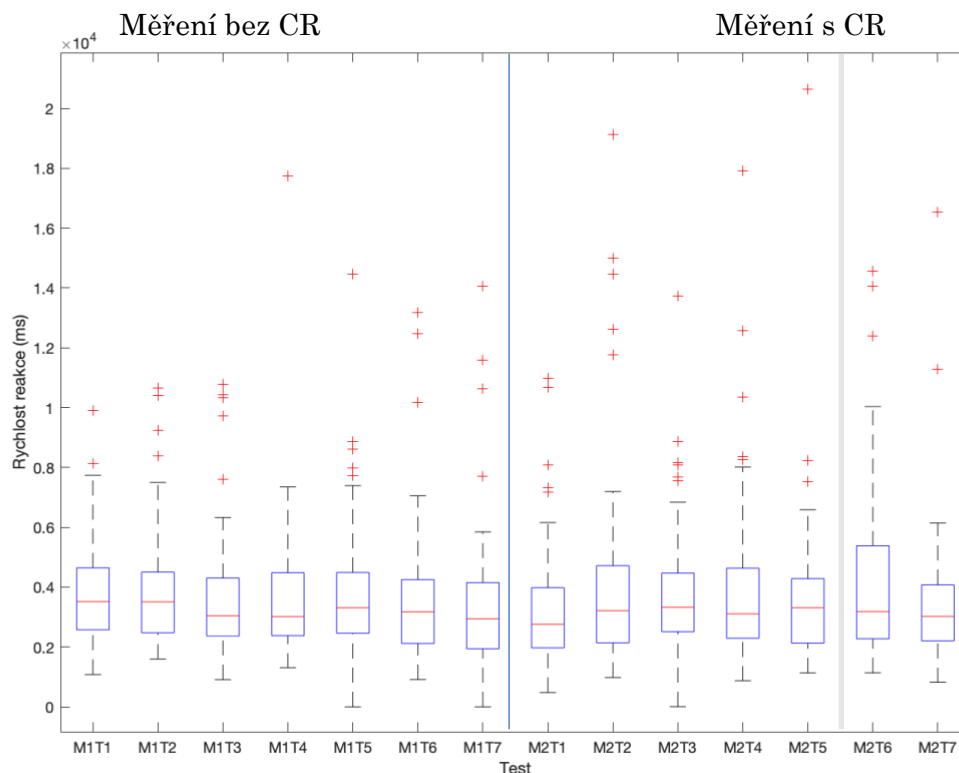
Obrázek 23- Distribuce dat skupiny 1 čtvrté části
Perioda řízeného odpočinku je znázorněna šedým šrafováním, M1 je označení pro měření bez CR, M2 pro měření s CR a T je označení testu.

3.2.2. Výsledky OR-testu vyhodnocení času skupina 2

V první části testu byl nalezen statisticky významný rozdíl pouze mezi prvními testy $p = 0,0238$, dle této skutečnosti došlo k využití pravostranného testu, který zamítl nulovou hypotézu. Při nočním letu s CR byly subjekty časově lepší než při nočním letu bez CR.

U prvního měření (bez řízeného odpočinku) a druhého měření (bez řízeného odpočinku) došlo k porovnání jednotlivých testů, během toho zde nebyly nalezeny statisticky významné rozdíly $p = 0,4235$, $p = 0,4027$.

Distribuce dat první části skupiny 2 je znázorněna na obrázku 24, perioda řízeného odpočinku je znázorněna šedou, oddělení měřených nocí pomocí modré.



Obrázek 24- Distribuce dat skupiny 2 první části
Perioda řízeného odpočinku je znázorněna šedým šrafováním, M1 je označení pro měření bez CR, M2 pro měření s CR a T je označení testu.

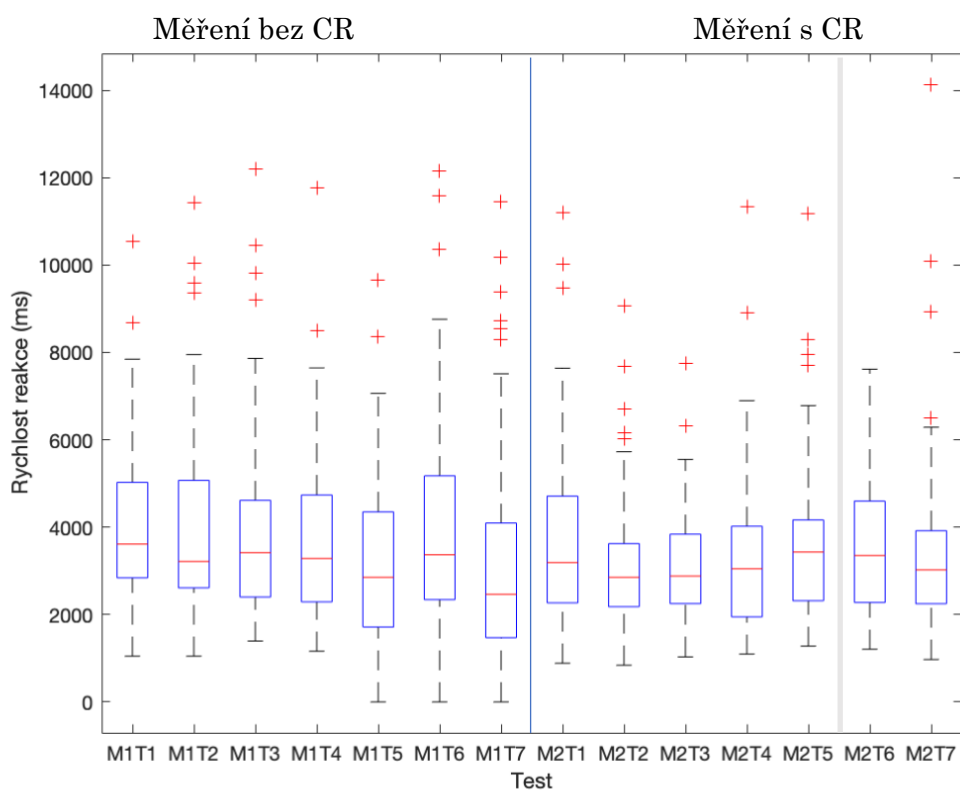
Ve druhé části testu byly nalezeny statisticky významné rozdíly mezi druhými, třetími a čtvrtými testy. Došlo k využití pravostranného testu, který ve všech případech zamítl nulovou hypotézu ($p = 0,0049$, $p = 0,0013$, $p = 0,0243$).

U prvního měření (bez řízeného odpočinku) došlo k porovnání jednotlivých testů, během toho zde byly nalezeny statisticky významné rozdíly $p = 5,9855 \cdot 10^{-5}$.

Porovnáním pomocí post-hoc analýzy byly nalezeny statisticky významné rozdíly mezi 1. a 5. testy ($p = 0,0091$, CI = 13,1391; 159,2075), mezi 1. a 7. testy ($p = 0,0004$, CI = 33,2858; 179,3542), mezi 2. a 7. testy ($p = 0,0117$, CI = 11,3325; 157,4009), mezi 3. a 7. testy ($p = 0,015$, CI = 9,5391; 155,6075) a mezi 6. a 7. ($p = 0,0172$, CI = 8,5525; 154,6209).

U druhého měření (bez řízeného odpočinku) došlo k porovnání jednotlivých testů, během toho zde nebyly nalezeny statisticky významné rozdíly $p = 0,2987$.

Distribuce dat druhé části skupiny 2 je znázorněna na obrázku 25, perioda řízeného odpočinku je znázorněna šedou, oddělení měřených nocí pomocí modré.



Obrázek 25-Distribuce dat skupiny 2 druhé části
Perioda řízeného odpočinku je znázorněna šedým šrafováním, M1 je označení pro měření bez CR, M2 pro měření s CR a T je označení testu.

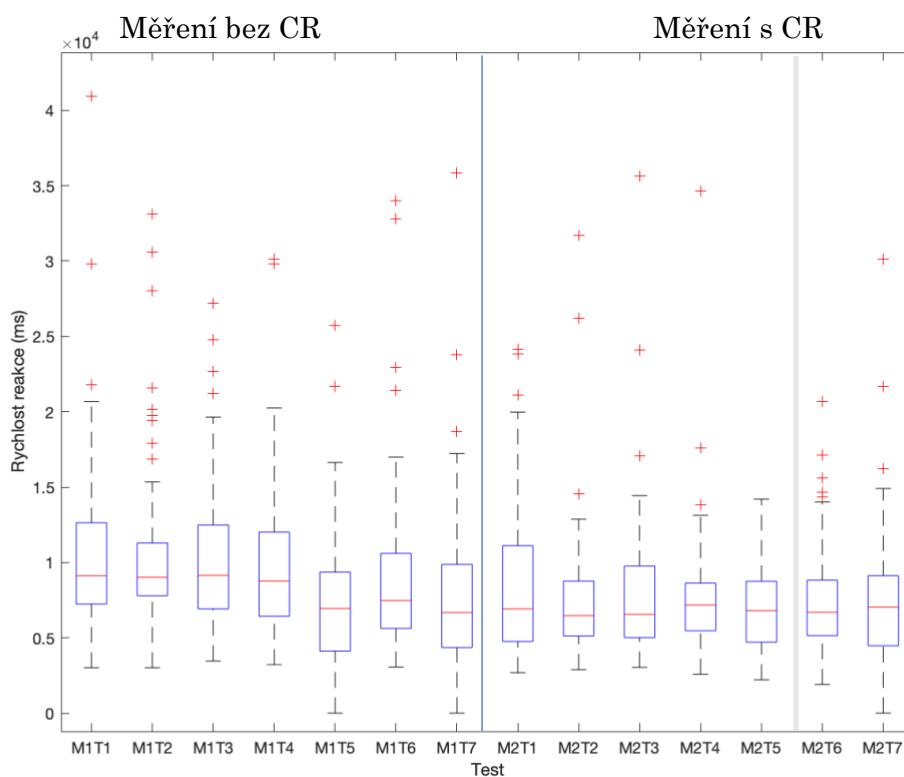
Pro třetí část testu byly nalezeny statisticky významné rozdíly mezi prvními $p = 0,0077$, druhými $p = 1,6723 \cdot 10^{-6}$, třetími $p = 1,0628 \cdot 10^{-5}$, čtvrtými $p = 5,9893 \cdot 10^{-5}$ a šestými $p = 0,0347$ testy při porovnání bez řízeného odpočinku a s řízeným odpočinkem. Byl využit pravostranný test, který ve všech případech zamítl nulovou hypotézu.

U prvního měření (bez řízeného odpočinku) došlo k porovnání jednotlivých testů, během toho zde byly nalezeny statisticky významné rozdíly $p = 1,45677 \cdot 10^{-5}$.

Porovnáním pomocí post-hoc analýzy byly nalezeny statisticky významné rozdíly mezi 1. a 5. testy ($p = 0,0004$, CI = 32,0969; 178,1698), mezi 1. a 7. testy ($p = 0,0004$, CI = 32,7102; 178,7831), mezi 2. a 7. testy ($p = 0,0025$, CI = 21,6302; 167,7031), mezi 3. a 5. testy ($p = 0,0004$, CI = 32,336; 178,4098), mezi 3. a 7. testy ($p = 0,0027$, CI = 21,2569; 167,3298), mezi 4. a 5. testy ($p = 0,0083$, CI = 13,8302; 159,9031) a mezi 4. a 7. testy ($p = 0,0360$, CI = 2,7502; 148,8231).

U druhého měření (bez řízeného odpočinku) došlo k porovnání jednotlivých testů, během toho zde nebyly nalezeny statisticky významné rozdíly $p = 0,9767$.

Distribuce dat pro třetí část skupiny 2 je zobrazena na obrázku 26.



Obrázek 26- Distribuce dat skupiny 2 třetí části
 Perioda řízeného odpočinku je znázorněna šedým šrafováním, M1 je označení pro měření bez CR, M2 pro měření s CR a T je označení testu.

Pro čtvrtou část testu byly nalezeny statisticky významné rozdíly mezi prvními $p = 0,0114$, druhými $p = 1,2903 \cdot 10^{-5}$, třetími $p = 0,0338$, šestými $p = 0,0011$ a sedmými $p = 0,0084$ testy. Pravostranný test u všech těchto testů nulovou hypotézu zamítl. Subjekty se tedy při letu s CR časově zlepšily.

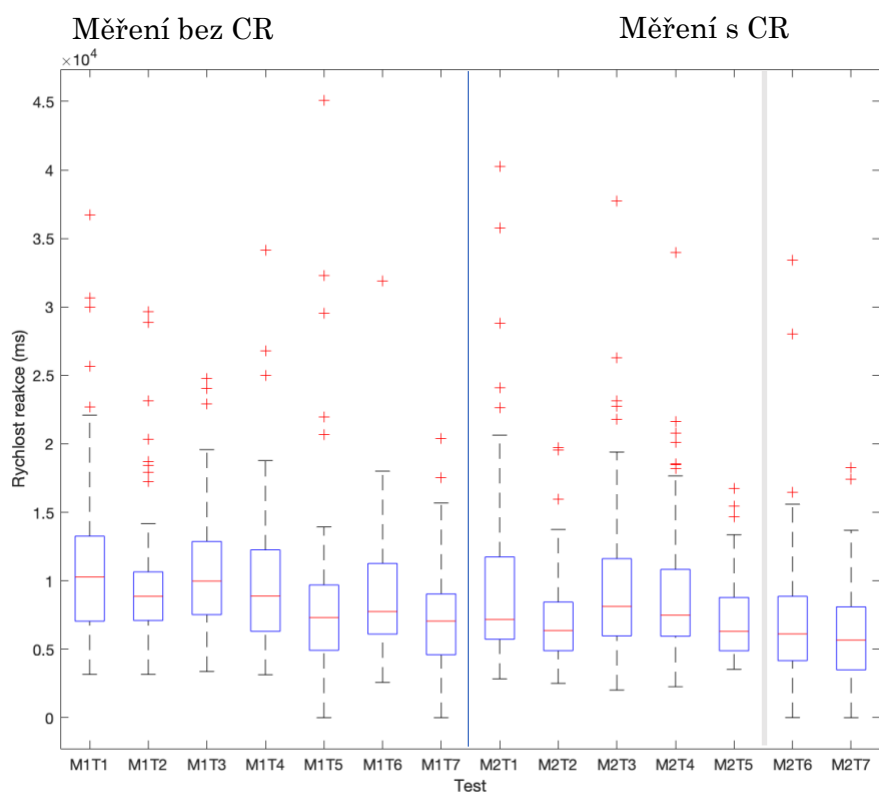
U prvního měření (bez řízeného odpočinku) došlo k porovnání jednotlivých testů, během toho zde byly nalezeny statisticky významné rozdíly $p = 1,6740 \cdot 10^{-8}$.

Porovnáním pomocí post-hoc analýzy byly nalezeny statisticky významné rozdíly mezi 1. a 5. testy ($p = 0,0002$, CI = 36,644; 182,7160), mezi 1. a 7. testy ($p = 0,000$, CI = 48,7706; 194,8427), mezi 2. a 7. testy ($p = 0,0130$, CI 10,5840; 156,6560), mezi 3. a 5. testy ($p = 0,0001$, CI = 40,4773; 186,5494), mezi 3. a 7. testy ($p = 0,000$, CI = 52,6040; 198,676) a mezi 4. a 7. testy ($p = 0,0238$, CI = 6,0640; 152,136).

U druhého měření (bez řízeného odpočinku) došlo k porovnání jednotlivých testů, během toho zde byly nalezeny statistické rozdíly $p = 1,92832 \cdot 10^{-6}$.

Porovnáním pomocí post-hoc analýzy byly nalezeny statisticky významné rozdíly mezi 1. a 7. testy ($p = 0,0017$, CI = 24,1101; 170,1832), mezi 2. a 3. testy ($p = 0,0231$, CI = -152,3565; -6,2835), mezi 3. a 6. testy ($p = 0,0052$, CI = 16,9901; 163,0632), mezi 3. a 7. testy ($p = 0,0000$, CI = 48,2835; 194,3565) a mezi 4. a 7. testy ($p = 0,0019$, CI = 23,5368; 169,6099).

Distribuce dat čtvrté části skupiny 2 je znázorněna na obrázku 27, perioda řízeného odpočinku je znázorněna šedou, oddělení měřených nocí pomocí modré.



Obrázek 27-Distribuce dat skupiny 2 čtvrté části
Perioda řízeného odpočinku je znázorněna šedým šrafováním, M1 je označení pro měření bez CR, M2 pro měření s CR a T je označení testu.

3.3. Výsledky OR-testu vyhodnocení správnosti

Při zpracování výsledků OR-testu došlo k rozdělení skupin, aby došlo k porovnání jednotlivých testů, dle souvislosti mezi lety s využitím metody řízeného odpočinku a lety bez využití metody řízeného odpočinku v daném časovém rámci.

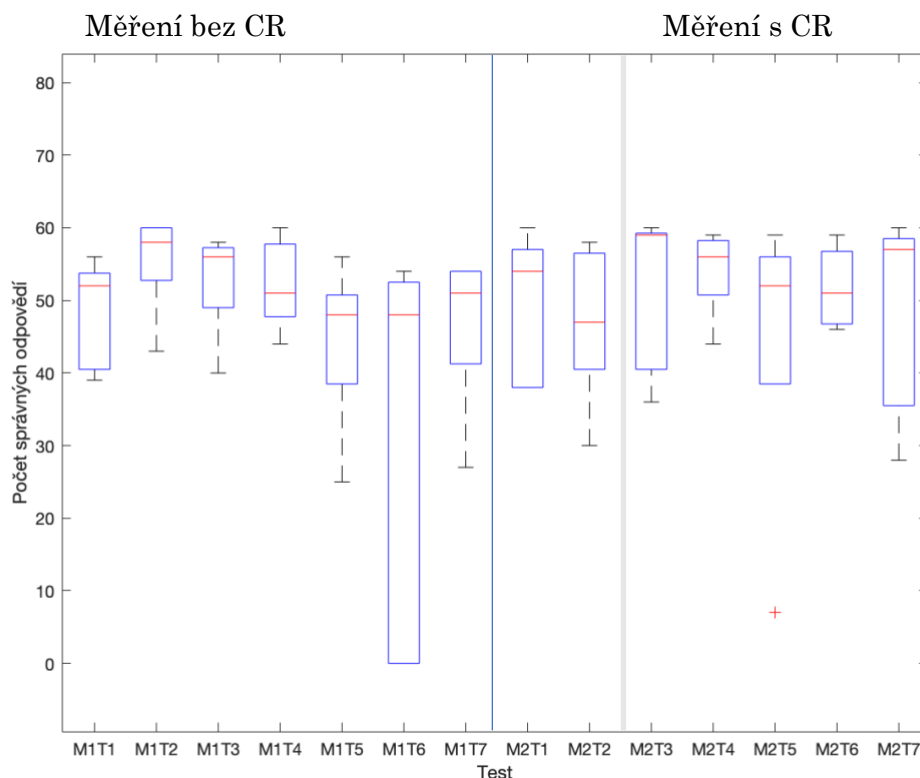
3.3.1. Výsledky OR-test vyhodnocení správnosti skupina 1

Při vyhodnocení dat první skupiny při porovnání měření bez CR a s CR došlo k nalezení statistického rozdílu při hodnocení správnosti pouze v případě druhého testu $p = 0,0076$ a v případě šestého testu $p = 2,9479 \cdot 10^{-19}$. Pravostranný test u šestého testu nezamítl nulovou hypotézu. Subjekty byly při nočním letu s CR lepší než při letu bez CR.

Při porovnání jednotlivých testů v rámci prvního měření (noci bez CR) nebyly nalezeny žádné statisticky významné rozdíly $p = 0,1779$.

Při porovnání jednotlivých testů v rámci druhého měření (noci s CR) nebyly nalezeny žádný statisticky významné rozdíly $p = 0,9458$.

Distribuce dat správnosti skupiny 1 je zobrazena na obrázku 28, perioda řízeného odpočinku je znázorněna šedou, oddělení měřených nocí pomocí modré.



Obrázek 28-Distribuce dat skupiny 1

Perioda řízeného odpočinku je znázorněna šedým šrafováním, M1 je označení pro měření bez CR, M2 pro měření s CR a T je označení testu.

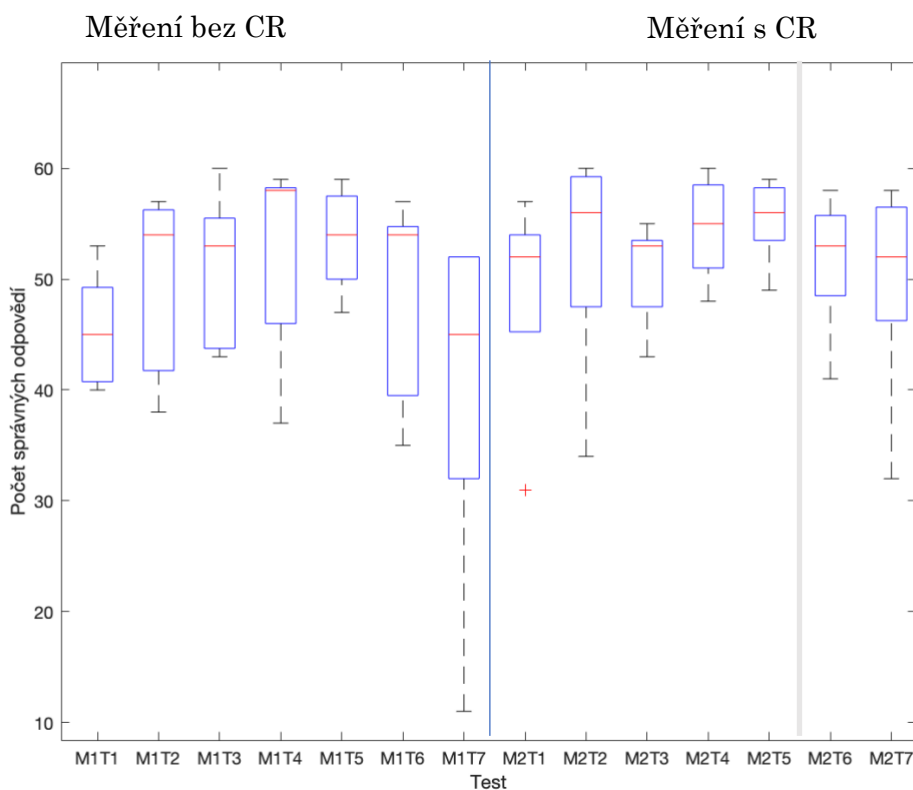
3.3.2. Výsledky OR-test vyhodnocení správnosti skupina 2

Při vyhodnocení dat druhé skupiny mezi testy u měření s CR a bez CR došlo k nalezení statisticky významného rozdílu u pátého testu, který probíhal před řízeným odpočinkem $p = 1,6075 \cdot 10^{-10}$ u šestého testu $p = 0,0322$ a sedmého testu $p = 3,3597 \cdot 10^{-8}$. Oba tyto testy probíhaly po řízeném odpočinku a byl v nich nalezen statisticky významný rozdíl. Pravostranný test nulovou hypotézu nezamítl. Subjekty byly u těchto testů během noci při řízeném odpočinku lepší než během noci bez řízeného odpočinku.

Při porovnání jednotlivých testů v rámci prvního měření (noci bez CR) nebyl nalezen žádný statisticky významný rozdíl $p = 0,3436$.

Při porovnání jednotlivých testů v rámci druhého měření (noci s CR) nebyl nalezen žádný statisticky významný rozdíl $p = 0,6194$.

Distribuce dat správnosti skupiny 2 je zobrazena na obrázku 29, perioda řízeného odpočinku je znázorněna šedou, oddělení měřených nocí pomocí modré.



Obrázek 29-Distribuce dat skupiny 2

Perioda řízeného odpočinku je znázorněna šedým srafováním, M1 je označení pro měření bez CR, M2 pro měření s CR a T je označení testu.



4. Diskuse

V rámci bakalářské práce byla snaha poukázat na pozitivní vliv řízeného odpočinku na výkonnost pilota. Cílem je experimentálně poukázat na řízený odpočinek a jeho použití, jako vhodné protipatření proti únavě a zlepšení výkonnosti. Jak je zmíněno v některých textech [23] o řízeném odpočinku, řízený odpočinek může mít pozitivní vliv na udržení letové bezpečnosti a snížení výskytu nekontrolovaného odpočinku během kritických fází.

U subjektivního psychologického dotazníku většinou nebyly nalezeny žádné statisticky významné rozdíly, pouze v případě kategorie *úsilí* byly subjekty více zatíženy při letu bez řízeného odpočinku než při letu s řízeným odpočinkem při druhém testu (půl hodinu po řízeném odpočinku). To může být projevem právě toho, že řízený odpočinek prokázal snížení úsilí, což by mohlo zlepšit přípravu na důležitou fázi letu, jako je například přiblížení, přistání a pojíždění v destinaci. Dále byl nalezen statisticky významný rozdíl při zkoumání jednotlivých testů mezi sebou během nočního letu bez řízeného odpočinku. Subjekt se zde v kategorii *výkonnost* zhoršil mezi prvním a druhým testem, kdy naopak při nočním letu s řízeným odpočinkem by mezi časovým úsekem prvního a druhého testu subjekt vykonával řízený odpočinek. Subjekt tedy před důležitou fází letu nebyl do značné míry při letu bez řízeného odpočinku spokojen se svým vlastním výkonem. Další výsledky můžeme připisovat nedostatečnému pochopení dotazníku, protože docházelo k dotazům týkajících se jednotlivých kategorií a jejich bližší definice.

U výkonnostních testů při vyhodnocování časové reakce byly u skupiny 1 nejvíce statisticky ovlivněny zejména šestý test, který probíhal v 5:15. Subjekty se zde ve všech částech testu časově zhoršovali při letu s řízeným odpočinkem než bez něj. Statisticky pozitivní změna zlepšující rychlost reakce po řízeném odpočinku u skupiny 1 byla nalezena, pouze v případě druhé části testu, kdy došlo při třetím měření (půl hodiny po řízeném odpočinku) ke zlepšení průměrného času reakce skupiny o 458,8ms při letu s řízeným odpočinkem a v případě třetí části došlo na konci letu u čtvrtého testu (asi 1 hodinu po řízeném odpočinku) ke zlepšení průměrného času reakce skupiny o 914,3ms při letu s řízeným odpočinkem. Dále je z post-hoc analýzy a grafického znázornění jednotlivých měření na obrázku 23 v průběhu nočního letu (při porovnání všech měření v rámci noci s řízeným odpočinkem) ve třetím testu čtvrté části (půl hodinu po řízeném odpočinku) zlepšení. Jednalo se o nejvíce komplexní část testu a po řízeném odpočinku se subjekty skupiny 1 zlepšily. Z post-hoc analýz je pak patrné zlepšování/zhoršování.

Během výkonostních testů při vyhodnocování správnosti byly u skupiny 1 byly nalezeny statistické rozdíly pouze u druhého testu (15 minut před řízeným odpočinkem) a šestého testu (3 hodiny 15 minut po řízeném odpočinku). Úspěšnost testů byla vzhledem k náročnosti měření poměrně vysoká, jak je zobrazeno na obrázku 28.

U výkonostních testů při vyhodnocování časové reakce byly u skupiny 2 nejvíce statisticky ovlivněny zejména první, druhé a třetí testy, všechny tyto testy probíhaly před řízeným odpočinkem. Pouze v případě třetí a čtvrté části bylo pozorováno zlepšení po řízeném odpočinku, kdy u třetí části došlo ke zlepšení průměrného času reakce skupiny o 1,5219s u šestého testu (půl hodiny po řízeném odpočinku) a u čtvrté části o 1,7678s u sedmého testu (hodinu po řízeném odpočinku). Dále je z post-hoc analýzy a grafického zobrazení testů na obrázku 27 patrné zlepšení v průběhu nočního letu (při porovnání všech měření v rámci noci s řízeným odpočinkem) v šestém měření (půl hodinu po řízeném odpočinku) a sedmém měření (po letu). Opět se jednalo o nejvíc komplexní část testu a subjekty zde zlepšily svou rychlost reakce v rámci noci s řízeným odpočinkem, a i při porovnání s nocí bez řízeného odpočinku. Z post-hoc analýz je pak patrné zlepšování/zhoršování.

U skupiny číslo 2 byly nalezeny statisticky významný rozdíl u pátého testu, který probíhal před řízeným odpočinkem a poté u šestého a sedmého testu. Oba tyto testy probíhaly po řízeném odpočinku a byl v nich nalezen statisticky významný rozdíl. U Skupiny číslo 2 tedy můžeme potvrdit pozitivní změnu po řízeném odpočinku, jak je zobrazeno na obrázku 29.

Jak je patrné z výsledků, subjekty se při porovnání měření bez a s řízeným odpočinkem po řízeném odpočinku zlepšily zejména u komplexních částí z hlediska rychlosti reakce (více skupina 2) a z hlediska správnosti reakce došlo ke zlepšení pouze u skupiny číslo 2. Řízený odpočinek a jeho vliv může mít tedy i význam na době, kdy k řízenému odpočinku dojde. Jak je zmíněno v publikaci [31], bylo poznamenáno, že řízený odpočinek byl častěji využíván během noci na zpátečních letech zpět do domovské základny. Subjekty druhé skupiny byly vystaveny podobnému principu jako při letu zpět na domovskou základnu. Subjektivně bylo u pilotů také znatelná snížená úroveň únavy, stejně jako je zmíněno v publikaci [30].

Pro další zkoumání této problematiky by bylo vhodné využití většího počtu subjektů, dále využití subjektů, které mají zkušenost s řízeným odpočinkem a snížení počtu odlišných testů (PVT, eye-tracking, měření EKG), které byly sbírány pro odlišné práce.



Závěr

Cílem bakalářské práce bylo zhodnotit vliv řízeného odpočinku na výkonnost pilota. V teoretické části došlo k popsání souvislostí, aby došlo k lepšímu pochopení únavy v letectví, metody řízeného odpočinku a praktického postupu bakalářské práce. Navržený experiment spočíval ve dvou nočních letech, kterých se zúčastnilo 10 subjektů rozdělených do dvou skupin. Jednalo se tedy o 20 nočních letů v rámci 10 nocí, kdy každý subjekt absolvoval let bez a s řízeným odpočinkem. Experiment se snažil co nejvíce napodobit reálný let u leteckých dopravců, z hlediska pilotáže, komunikace, předpisů a pravidel. Sběr dat v rámci experimentu se skládal ze dvou částí, první částí byl výkonnostní test známý pod zkratkou OR-test, ve kterém byla hodnocena rychlost reakce a správnost reakce subjektů a druhou částí byl psychologický dotazník NTLx, ve kterém subjekty hodnotili zatíženost v daných kategoriích. Data z jednotlivých částí byla sbírána v předem stanovených časových intervalech a dále hodnocena pomocí statistických metod v příslušném počítačovém softwaru.

Během letu bez řízeného odpočinku se potvrdilo vyšší zatížení v rámci kategorie *úsilí* u subjektivního dotazníku a zhoršení subjektivního hodnocení *výkonnosti* při letu bez řízeného odpočinku. U výsledků výkonnostních testů docházelo k náhodnému zlepšování a zhoršování rychlosti reakce při porovnání mezi nočním letem s řízeným odpočinkem a bez řízeného odpočinku, ale také došlo ke zjištění zlepšení rychlosti reakce u komplexnějších částí po využití řízeného odpočinku (více u skupiny 2). U skupiny číslo 2, která řízený odpočinek podstoupila mezi 05:30–06:00 místního času bylo dále po řízeném odpočinku viditelné zlepšení v rámci správnosti odpovědí při porovnání noci s řízeným odpočinkem a bez řízeného odpočinku.

Mezi hlavní limitace bakalářské práce patří počet subjektů, zkušenosti subjektů s daným typem simulátoru, zatěžování subjektů dalšími testy, které byly sbírány pro potřeby dalších bakalářských prací, nemožnost sledovat subjekty před letem a nízká zkušenost zkoumaných subjektů, což mohlo vést k nedostatku vědomostí spojených s metodikou řízeného odpočinku. Nutno poznamenat, že simulátor také zcela nefungoval bez problémů, což mohlo vést ke zvýšení míry stresu u subjektů a tím pádem ke zkreslení jejich výsledků.

Pro hlubší zkoumání této problematiky, by bylo vhodné využít většího počtu subjektů, dále využití subjektů, které mají zkušenost s daným typem simulátoru a zkušenost s metodikou řízeného odpočinku. Výrazně by také pomohlo daleko rozsáhlejší seznámení



subjektů s absolvovanými testy a snížení zatížení ostatními měřeními, dále prodloužení letu na simulátoru a zvýšení náročnosti pilotáže. S ohledem na skutečnost, že únava je jeden z limitujících faktorů člověka a každé vhodné protiopatření, či metoda pro zvládnutí únavy je velmi žádána, další navazující výzkum či zkoumání této problematiky by mohlo přispět ke zkvalitnění zvládnutí únavy během letu u pilotů na krátkých až středně dlouhých linkách, protože bylo viditelné zlepšení u některých částí.



Reference

- [1] ICAO. *Human factors training manual: Doc 9683-AN/950* [online]. 1st. ed. 1998. [cit 2022-02-02]. Dostupné z: <https://www.globalairtraining.com/resources/DOC-9683.pdf>
- [2] HÁČIK, Lubomír. *Lidská výkonnost a omezení (040 00): dočasná učebnice: [učební texty dle předpisu JAR-FCL 1]*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. Učební texty pro teoretickou přípravu dopravních pilotů dle předpisu JAR-FCL 1. ISBN 80-7204-471-0.
- [3] BEŇO, Luděk a Oliver DZVONÍK. *Ludské faktory v letectve: letecká psychológia - možnosti a obmedzenia jej aplikácie v leteckých systémoch*. Žilina: Žilinská univerzita, 2004. ISBN 80-8070-276-4.
- [4] KHAROUFAH, H., J. MURRAY, G. BAXTER and G. WILD. A review of human factors causations in commercial air transport accidents and incidents: From to 2000–2016. *Progress in Aerospace Sciences* [online]. 2018, **99**, pp. 1-13. [cit. 2022-03-04]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2018.03.002>
- [5] HAWKINS, Frank F. *Human Factors in Flight*. 2nd. ed. England: Ashgate Publishing Company, 2010. ISBN: 978-1-85742-135-4.
- [6] HOTZ VITATERNA, Martha, Joseph S. TAKAHASHI a Fred W. TUREK. Overview of Circadian Rhythms. *National Institute on Alcohol Abuse and Alcoholism* [online]. [cit. 2022-04-25]. 2001, **25.2**, pp. 85-93. Dostupné z: <https://pubs.niaaa.nih.gov/publications/arh25-2/85-93.htm>
- [7] VÁGNEROVÁ, Petra. Biorytmy [online]. [cit. 2022-03-04]. Dostupné z: <https://adoc.pub/no-title02a6f1efd4640d2a5a1f25a8bff9340b59693.html>
- [8] ICAO. *Fatigue Risk Managment System: Manual for Regulators: Doc 9966* [online]. 2nd. ed. 2012. [cit 2022-04-04]. Dostupné z: <https://www.icao.int/safety/fatiguemanagement/FRMS%20Tools/Doc%209966.FRMS.2016%20Edition.en.pdf>
- [9] O'DONNELL, Louise. Sleep management for commercial pilots. *Aeroscience*. 2012, pp. 42-44. ISSN 2323-4399.
- [10] *ATPL ground training series: Human Performance and Limitations*. EASA revised first edition. Oxford: CAE Oxford Aviation Academy, 2014. ISBN 978-1906202712.



- [11] LEE, S. and J. K. KIM. Factors contributing to the risk of airline pilot fatigue. *Journal of air transport management* [online]. 2018, **67**, pp. 197-207. [cit. 2022-06-16]. ISSN 0969-6997 Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2017.12.009>
- [12] IATA, ICAO, IFALPA. Fatigue Risk Management System: Implementation Guide for Airline Operators [online]. 2015. [cit. 2022-06-04]. Dostupné z: <https://www.icao.int/safety/fatiguemanagement>
- [13] CHOKROVERTY, S. Overview of sleep & sleep disorders, *Indian Journal of Medical Research*. 2010, **131**, pp. 126-140, PMID 20308738.
- [14] KOLMAN, Petr. Hodnocení reakčního času jako ukazatele únavy u pilota. Praha, 2018. Bakalářská práce. ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, Ústav letecké dopravy.
- [15] PATEL, A.K., V. REDDY and J.F. ARAUJO. Physiology, sleep stages. In: *StatPearls* [online]. StatPearls Publishing. 2021. [cit. 2022-06-05] Dostupné z: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK526132/#_NBK526132_pubdet_
- [16] ROSEKIND, Mark R., Davide F. NERI and David F. DINGES. From laboratory to flightdeck- Promoting operational alertness. Fatigue and duty time limitations-An international review. 1997, **7**
- [17] Úřad pro civilní letectví, ministerstvo dopravy České republiky, *Předpis L6*, 2013. [cit. 2022-06-01] Dostupné z: <http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>.
- [18] CALDWELL, John A. Fatigue in aviation. *Travel medicine and infectious disease*. 2005, **3**, pp. 85-96. ISSN 14778939.
- [19] PETRIE, Keith J. and Alexander G. DAWSON. Symptoms of fatigue and coping strategies in international pilots. *The international journal of aviation psychology*. 1997, **7**, pp. 251-258. ISSN: 2472-1840.
- [20] THE INTERNATIONAL FEDERATION OF AIR LINE PILOT'S ASSOCIATION. Fatigue Risk Management Systems (FRMS) Overview & Guidance. In: *ifalpa.org* [online]. 2021. [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: <https://www.ifalpa.org/media/3649/21pos01-fatigue-risk-management-systems.pdf>
- [21] THE INTERNATIONAL FEDERATION OF AIR LINE PILOT'S ASSOCIATION. 10 Things you should know about FRMS. In: *ifalpa.org* [online]. 2011. [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: <https://www.ifalpa.org/media/2052/12hupbl05-10-things-you-should-know-about-frms.pdf>
- [22] THE INTERNATIONAL FEDERATION OF AIR LINE PILOT'S ASSOCIATION. Controlled Rest on the Flight Deck. In: *ifalpa.org* [online]. [cit. 2022-06-05] Dostupné



- z: <https://www.ifalpa.org/media/3707/21huppl01-controlled-rest-on-the-flight-deck.pdf>
- [23] Flight Safety Foundation. Controlled Rest on the Flight Deck: A resource for operators. In: *flightsafety.org* [online]. 2018. [cit. 2022-06-06]. Dostupné z: <https://flightsafety.org/wp-content/uploads/2018/11/Controlled-Rest.pdf>
- [24] VODÁKOVÁ, Jana. Výkonnost a její měření ve veřejném sektoru. Praha: Wolters Kluwer, 2016. ISBN 978-80-7552-013-5.
- [25] MUMAW, R.J., N. Sarter, and C.D. Wickens. Analysis of pilot's monitoring and performance on an automated flight deck. In: *11th International Symposium on Aviation Psychology*. 2001, **8**
- [26] YERKERS, Robert M. and Johny D. DODSON. The relation of strength of stimuli to rapidity of habit-formation. In: *Journal of comparative neurology and psychology*. 1908, **18.5**, pp. 459-482.
- [27] Baron G58. In: Beechcraft by Textron Aviation [online]. © 2022. [cit 2022-07-16] Dostupné z: <https://beechcraft.txtav.com/en/baron-g58>
- [28] SOCHA, V., L. HANAKOVA, M. FREIGANG, J. KRAUS, S. STOJIC, L. SOCHA and P. HANAK. Impact of pilots' tiredness on the outcome of psychological testing. *Transport Problems* [online]. 2019, 14. [cit. 2022-07-07]. ISSN 2300-861X. Dostupné z: http://www.transportproblems.polsl.pl/pl/Archiwum/2019/zeszyt2/2019t14z2_05.pdf
- [29] PAGE, M.J., J.E MCKENZIE, P.M. BOSSUYT, I. BOUTRON, T.C. HOFFMANN, C.D. MULROW, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *International Journal of Surgery* [online]. 2021, **88**, 105906. [cit. 2022-07-16]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijssu.2021.105906>
- [30] PETRIE, Keith J, David POWELL a Elizabeth BROADBENT. Fatigue self-management strategies and reported fatigue in international pilots. *Ergonomics* [online]. 2011, **47(5)**, pp. 461-468. [cit. 2022-07-27]. ISSN 0014-0139. Dostupné z: doi:10.1080/0014013031000085653
- [31] HILDITCH, Cassie J, Lucia ARSINTESCU, Kevin B GREGORY and Erin E. FLYNN-EVANS. Mitigating fatigue on the flight deck: how is controlled rest used in practice?. *Chronobiology International* [online]. 2020, **37(9-10)**, pp. 1483-1491. [cit. 2022-07-28]. ISSN 0742-0528. Dostupné z: doi:10.1080/07420528.2020.1803898
- [32] FREIGANG, Michal. Vliv únavy pilota na výsledek psychologických testů [online]. Praha, 2018, [cit. 2022-08-09]. Bakalářská práce. ČVUT v Praze, Fakulta dopravní



Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/79997/F6-BP-2018-Freigang-Michal-F6-BP-2018-freigang-michal-bakalarska-prace.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- [33] UGLICKICH, E. Přednáška 11- Testy pro diskrétní data: Text. In: Statistika. [online]. Praha: Institute of Information Theory and Automation. [cit. 2022-09-10]. Dostupné z: http://staff.utia.cas.cz/uglickich/pdfka/PrednaskaSTAT11_DISTAN.pdf
- [34] NAGY, Ivan a Pavla PECHERKOVÁ. *STATISTIKA* [online]. [cit. 2022-09-09]. Dostupné z: <http://staff.utia.cas.cz/uglickich/pdfka/Statistika.pdf>