



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Ústav letecké dopravy

Bc. Jan Kania

Organizace hangárového vybavení traťové údržby

Organization of Line Maintenance Hangar Equipment

Diplomová práce

Studijní program: Technika a technologie v dopravě a spojích
Studijní obor: Provoz a řízení letecké dopravy
Vedoucí práce: Ing. David Hůlek

Praha 2018



K621..... Ústav letecké dopravy

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Jan Kania

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

N 3710 – PL – Provoz a řízení letecké dopravy

Název tématu (česky): **Organizace hangárového vybavení traťové údržby**

Název tématu (anglicky): Organization of Line Maintenance Hangar Equipment

Zásady pro vypracování

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

- Principy pro vytváření a udržení organizovaného pracoviště
- Vícekriteriální rozhodování
- Traťová údržba v obchodní letecké dopravě
- Návrh postupu pro organizaci vybavení traťové údržby
- Ověření funkčnosti na modelovém příkladu



Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího diplomové práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: BROŽOVÁ, Helena, Milan HOUŠKA a Tomáš ŠUBRT. Modely pro vícekritériální rozhodování. Praha: Credit, 2003. ISBN 978-80-213-1019-3.
SVOZILOVÁ, Alena. Zlepšování podnikových procesů. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3938-0.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. David Hůlek**

Datum zadání diplomové práce: **27. července 2018**
(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 diplomové práce: **28. května 2019**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

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



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

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.

Bc. Jan Kania
jméno a podpis studenta

V Praze dne.....27. července 2018

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu práce Ing. Davidu Hůlkovi za konzultace a věcné postřehy. Dále bych chtěl poděkovat spolupracovníkům a vedení CSAT za možnost realizace praktické části. Rád bych též poděkoval své rodině za korekturu textu a za poskytnutou morální podporu.

Prohlášení

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

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

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

V Praze dne 27.května 2018

podpis

Abstrakt:

Tato diplomová práce si klade za cíl lépe rozmístit vybavení na hangárovém stání Line maintenance CSAT.

Praktická část práce vzešla z požadavku navrhnutí řádu dnešnímu neorganizovanému rozmístění vybavení. Efektivní rozvržení pracoviště je nalezeno s pomocí stanovených kritérií, při jejichž zpracování byla použita metoda souřadnic a vícekriteriální rozhodování. Metodou souřadnic je hledáno ideální umístění pro v hangáru přítomné vybavení, jsou brána v potaz místa použití i další místa mající na umístění vliv. Vícekriteriální rozhodování je dále použito pro hodnocení přínosu jednotlivého vybavení. S přihlédnutím k principům metody 5S se práce věnuje praktické implementaci vzešlého návrhu v nově postaveném Hangáru S na Letišti Václava Havla. Cílů bylo dosaženo v podobě aplikování navržených metod souvisejících s organizací prostoru na pracovišti. Realizací zároveň došlo k standardizaci vnitřního uspořádání, nastavení pravidel a vyřešení úkolů potřebných při zavádění nového hangáru do provozu.

Klíčová slova:

lean management, metoda 5S, metoda vícekriteriální analýzy variant, metoda souřadnic, údržba letadel

Abstract:

The aim of this thesis is better organize aircraft maintenance equipment on the hangar stand of the Line Maintenance of the Czech Airline Technics company.

The practical part of the thesis arose from the requirement to propose an order for the current unorganized placement of the equipment. Effective organization of the workplace is proposed with regards to set criteria which were processed with the use of coordinates and multi-criteria decision making. The coordinates method finds ideal placement for the equipment present in the hangar. It takes into consideration the places of use as well as other places affecting the placement. The multi-criteria decision making is used to evaluate the benefit of each equipment. With the consideration of the 5S method principles, the thesis focuses on practical implementation of the proposition in the newly built Hangar S at the Václav Havel Airport. The aims of implementing proposed methods related to the workplace organization were met. The implementation also achieved standardization of the inner organization, setting of rules and solving tasks needed for getting the new hangar into operation.

Keywords:

lean management, 5S method, multi-criteria decision making, coordinates method, aircraft maintenance

OBSAH

Úvod	15
1 Lean management.....	17
1.1 Metoda 5S.....	17
1.1.1 Seiri - třídění	18
1.1.2 Seiton - uspořádání.....	18
1.1.3 Seiso – pořádek	18
1.1.4 Seiketsu - standardizace	19
1.1.5 Schitsuke– udržování	19
1.2 Vizuální management	19
1.3 Layout.....	19
1.4 Spaghetti diagram	20
2 Vícekriteriální rozhodování.....	21
2.1 Vícekriteriální analýza variant.....	21
2.2 Kritéria a váhy	21
2.3 Kriteriální matice modelu vícekriteriální analýzy variant	22
2.4 Určení vah kritérií.....	23
2.4.1 Bodovací metoda.....	23
2.5 Výběr kompromisní varianty	24
2.6 Metoda váženého součtu	24
3 Metoda souřadnic	27
4 Údržba letadlové techniky	29
4.1 Traťová údržba	29
4.2 Těžká údržba.....	30
4.3 Vybavení line maintenance	30
5 Lidský činitel v údržbě letadel.....	31
5.1 Model shell	31
5.2 Požadavky na zázemí údržby	32
5.3 Osvětlení pracoviště	33
5.4 Teplota a podnebí	33
5.5 Hlukové zatížení	34
5.6 Nebezpečné látky.....	35
Praktická část.....	Chyba! Záložka není definována.
6 Metodika rozmíst'ování vybavení servisních stojánek na hangárovém stání ..	37
6.1.1 Představení společnosti Czech Airlines Technics a.s	37
6.1.2 Popis hangáru S.....	38
6.1.3 Popis letadel servisovaných v hangáru ?.....	Chyba! Záložka není definována.
6.1.4 Vliv typu servisovaných letadel na layout v Hangáru S	39
6.1.5 Důvody implementace 5S - Seznámení s místní situací	40
7 Efektivní organizace vnitřního vybavení Hangáru S pro traťovou údržbu	43

7.1	Uvažované vybavení	43
7.2	Zjištění četnosti použití	43
7.2.1	Průzkum pozorováním.....	44
7.2.2	Odborný odhad jedním hodnotitelem	44
7.2.3	Dotazníkový průzkum mezi pracovníky, kteří vybavení používají.....	44
7.2.4	Výsledek dotazníku - Četnost používání vybavení v Hangáru S	46
8	Kritéria rozmístění.....	49
8.1	Ideální rozmístění.....	49
8.1.1	Kritérium I. Vzdálenost přesunu vybavení k místu použití.....	49
8.1.2	Kritérium II. Vzdálenost přesunu technika k vybavení	49
8.1.3	Kritérium III. Vzdálenosti chemických látek a jejich výparů od administrativní části.....	50
8.1.4	Kritérium IV. Hlukové zatížení	51
8.2	Určení priority pro pořadí rozmístování.....	51
8.2.1	Kritérium V. Četnost použití	51
8.2.2	Kritérium VI. Obtížnost přesunu	51
8.2.3	Kritérium VII. Prostor potřebný k umístění	52
8.3	Finální rozmístění	52
8.3.1	Kritérium VIII. Prostorové omezení.....	52
8.3.2	Kritérium IX. Aspirace k vizuálnímu sjednocení	53
9	Metoda nalezení ideálního umístění	55
9.1	Výchozí souřadnice hangáru	55
9.2	Vzor výpočtu metody souřadnic	56
9.3	Aplikování metody souřadnic	59
9.4	Grafický výsledek ideálního umístění.....	62
10	Metoda nalezení priority k rozmístění	63
10.1	Porovnání kritérií s pomocí bodovací metody	63
10.2	Výpočet WSA k určení priority rozmístění vybavení metodou - vícekritériální analýza variant	64
10.2.1	Výsledná tabulka WSA	66
11	Alternativní metody nalezení ideálního umístění.....	67
11.1.1	Metoda souřadnic modifikovaná k nalezení více těžišť	67
11.1.2	Weberovo rozšíření metody souřadnic	67
11.1.3	Postup u hangárů s více stojánkami.....	68
11.2	Radiolokační vyhledávání.....	69
11.3	Bluetoothlowenergy (BLE).....	71
11.4	Lokalizace vysílačů BLE	73
12	Aplikace postupů pro rozmístění vybavení servisní stojánky Hangáru S	75
12.1	Layout hangáru	75
12.2	Vodorovné označení	75
12.3	Evidence umístění	76
12.4	Aplikované 5S.....	76
13	Vyhodnocení změny	79
13.1	Návrhy na zlepšení.....	81

Závěr	83
Seznam obrázků a tabulek.....	85

ÚVOD

Letecké společnosti jsou zodpovědné za letový provoz. Jelikož cena dopravního letadla představuje značně velkou částku, snaží se téměř všechny letecké společnosti letadla udržovat v dobrém stavu. Oprava letadel podléhá požadavkům a regulím. Firmy, které ji provádějí, musí mít certifikaci na konkrétní typ letadla a splňovat kritéria, která nařizují organizace, v Evropě EASA (European Aviation Safety Agency). Revize veškerých částí letadel se plánují a dokumentují, aby bylo možné každý pracovní krok dohledat zpětně, kdyby byla potřeba. Program údržby letadel zahrnuje úkony, které následují po určitém počtu nalétaných hodin, nebo po určitém počtu cyklů.

Při jakékoliv údržbě letadla je nejdůležitější lidský prvek a velká pozornost. Nekvalitní údržba či obyčejná nedbalost může způsobit značné problémy. Velkou většinu prací traťové údržby letadel je možné vykonávat přímo na letištní ploše, jsou však výjimky, kdy je zázemí nutné a též zlepšuje podmínky pro práci. Pro kvalitně odvedenou práci je pro nás techniky důležité mít zastřešené pracovní prostředí – hangár. Do této doby bylo využíváno vyhrazené hangárové stání v původním hangáru z 60. let, ten je primárně určen pro provoz těžké údržby a svojí kapacitou přestává stačit. Nyní společnost Czech airlines technics a.s. (CSAT) obdržela do užívání nově postavený hangár traťové údržby, ve kterém pracuji. Taková událost je na letišti výjimečná a tak se naskýtá unikátní šance na téma diplomové práce. V hangáru je potřeba rozmístit množství přípravků používaných v údržbě letadel a připravit prostor na provoz. Ve své práci si kladu za cíl navrhnout řešení organizace vybavení a demonstrovat metodu na reálném případě v nově postaveném hangáru. V širším úvodu práce je představena teorie, ze které vycházím. Jedná se o Lean management a lidský činitel údržby letadel. Obě tyto vědní disciplíny mají v obecné rovině vliv na vnitřní uspořádání hangáru. V teorii jsou dále představeny zavedené rozhodovací modely, které jsou v diplomové práci využity, jedná se o metodu souřadnic a také vícekriteriální rozhodování. Představená teorie vícekriteriálního rozhodování je z části citována z mé bakalářské práce.

Jádro praktické části spočívá v optimalizaci míst pro jednotlivá vybavení nacházející se v hangáru a to s pomocí stanovených a komentovaných kritérií. Praktická část zvaná Představená optimalizace, je rozdělena do tří fází. Nejprve jsou nalezena ideální umístění, kde není řešeno omezení vyplývající z ostatního vybavení. Použita je metoda

souřadnic, která nalezne ideální umístění mezi všemi místy mající vliv. Následuje aplikace vícekritériální rozhodování a to pro porovnání vybavení mezi sebou. Hodnocen je přínos vybavení a výsledek je použit pro prioritu umístění. Finální optimalizace je provedena v souladu s poslední sadou kritérií zahrnující provozní omezení. Závěr praktické části zahrnuje fyzické rozmístění vybavení po Hangáru s ohledem na představená kritéria a v souladu s poznatky lean managementu a lidského faktoru. Standardizace a nastavení pravidel pro využívání hangáru má vliv na práci leteckých techniků. Vnitřní uspořádání se také podílí na zkrácení průběhových časů revizí letecké techniky.

1 Lean management

Koncept štíhlé výroby pochází z 50.-60. let minulého století z dílny společnosti Toyota. Jedná se o systém řízení, který vychází ze způsobu organizování práce, vše je zařízeno na zvyšování hodnot pro zákazníka a také odstraňování plýtvání z každé části pracovní aktivity.

Základní principy se rychle rozšířily do celé řady odvětví. Dnes se s nimi setkáváme v průmyslu automobilovém, v letectví, ve strojírenství, ve vývoji softwaru a v řízení podniku. Proto se nám pojem lean objevuje v řadě dalších pojmů: např. lean výroba, lean produkce, lean marketing apod.¹

Lean management (štíhlé řízení) se proto stal nezbytnou součástí řízení práce a veškeré činnosti podniků a organizací v 21. století. Lean management bychom mohli definovat jako způsob práce, kde si klademe za cíl zvyšovat přidanou hodnotu veškerých firemních činností a snižovat úroveň plýtvání se všemi zdroji, ať je to čas, finance, materiál a další.

Klíčové zdroje lean managementu:

- lean plánování - jasné řízení;
- lean procesy managementu - přehledný management procesů;
- lean dokumentovaný systém - přehledné dokumenty;
- lean obchodní procesy - redukce plýtvání a neustálé zlepšování;
- lean implementace - disciplinovaný systém vedení.

1.1 Metoda 5S

Taiichi Ohne tuto původem japonskou metodu zavedl v automobilce Toyota, je tak považován za průkopníka této metody². Metoda 5S je vlastně sada jednoduchých principů, jejímž výsledkem je pořádek a bezpečnost na pracovišti. Je to postup vhodný nejen do výroby. Metoda může pomoci organizaci ve všech směrech kvalitního prostředí, odstranit plýtvání a zaměřovat se na problémy, které byly dosud přehlíženy. Pro český jazyk nebyly nalezeny adekvátní ekvivalenty na písmeno S a tak je například

¹ SVOZILOVÁ, Alena. *Zlepšování podnikových procesů*. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). str. 32 ISBN 978-80-247-3938-0.

² SCHEID, Jean. History of the 5S Methodology. In: Project Management Strategies, HowTo Articles, Reviews of Project Planning Tools & More at BrightHubPM.com [online]. 11. 7. 2013 [cit. 2017-02-05]. Dostupné z: <http://www.brighthubpm.com/monitoringprojects/70488-history-of-the-5s-methodology/>

využíváno: utřídit, uspořádat, udržovat pořádek, určit pravidla, upevňovat a zlepšovat.

Názvy jednotlivých částí 5S:³

1.1.1 Seiri - třídění

V tomto kroku je nutné odstranit z pracoviště nepotřebné věci, nástroje a veškeré nářadí, které není pravidelně používáno a s výkonem požadované práce přímo nesouvisí. Vše vytrídíme a uložíme do případných skladových prostor. Pomoci nám může roztřídění a označení vybavení kartičkami do tří skupin na nutné, málo využívané a nepotřebné. Na základě tohoto se rozhodneme, zda pracovní pomůcky na daném pracovišti zůstanou, nebo budou uloženy do skladu, protože nejsou využity. Problém, nad kterým se tedy zamýšlíme, je rozhodnutí, zda je daný předmět skutečně na daném místě potřebný či nikoliv. Tím se zabývá hodnotitel i operátoři, kteří pracují na hodnoceném místě. Touto aplikací dochází k výraznému pročištění a zpřehlednění pracovního prostoru.⁴

1.1.2 Seiton - uspořádání

V tomto kroku všechny položky, nástroje a nářadí uložíme tak, aby byly připraveny na svém místě pro rychlé použití a byly řádně a čitelně označeny. Nejčastěji používané přípravky se umístí nejbližší k místu použití, méně používané přípravky takto výhodně umístění nevyžadují. Je potřeba vše umístit přehledně s možností rychlého dohledání. Vizualizaci míst umístění je vhodné znázornit popisky i pruhy vodorovného značení.⁵

1.1.3 Seiso – pořádek

Pracoviště by mělo být udržované, uklizené a veškeré používané nástroje a předměty by se měly vracet na místo. V tomto případě si jasně určíme předměty a nástroje, které by měly být čištěny každý den, případně i každou hodinu. Úklid pracoviště spadá do povinností každého pracovníka, který na pracovišti vykonává denní činnost. Zde nejen úklid, ale i kontrola hraje významnou roli a je třeba všimnout si případných abnormalit, např. přehřívání aparatury, stroje apod. Vizualně sledovat, zda neodkapává

³ SVOZILOVÁ, Alena. *Zlepšování podnikových procesů*. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). Str. 181-182 ISBN 978-80-247-3938-0.

⁴ BAUER, Miroslav. *Kaizen: cesta ke štíhlé a flexibilní firmě*. Brno: BizBooks, 2012. ISBN 978-80-265-0029-2.

⁵ 5S pro operátory: 5 pilířů vizuálního pracoviště. Brno, c2009. Shopfloor series. ISBN 978-80-904099-1-0.

olej nebo jiné tekutiny. Tato část je velice důležitá, neboť uklizené pracoviště, stroje a nástroje ve výborném stavu, je připraveno k okamžitému použití.

1.1.4 Seiketsu - standardizace

Tím rozumíme jasné pravidlo, které se má dodržovat, aby byla zajištěna funkce metody. Nejen tým, ale i jednotlivec zodpovídá za své pracoviště. Nikdy nesmíme dovolit, aby se pracoviště vrátilo do stavu před změnou. Je nutná spolupráce v rámci pracovišť. K naplnění roviny standardizace je potřebné realizovat pravidelné kontroly. Je třeba, aby pracovníci respektovali celý systém.⁶

1.1.5 Schitsuke – udržování

Aby systém splnil očekávání, je žádoucí udržovat nastavenou kulturu prostředí. Je třeba používat viditelná označení a všechny postupy zapracovat do pracovních řádů a viditelně je umístit. Je vhodné provést kontroly na pracovišti, návštěvy managementu ve výrobě apod.

1.2 Vizuální management

Vizuální management je metoda a technika velmi rychlá a spolehlivá. Při slově vizuální management můžeme vyjít z přísloví, že jeden obrázek vydá za tisíc slov. Tato metoda nás může téměř vrátit k metodě 5S. Zde můžeme zdůraznit, že tabule, ukazatelé, značky a vývěsné folie nám poskytnou jasné a rychlé informace. Využijeme barvy, zejména na kritických místech. Tímto opatřením ušetříme čas a zvýšíme bezpečnost.⁷

1.3 Layout

Layout je náčrt pracoviště či případně podniku, při kterém technologický projektant sestavuje optimální dispozici, snaží se využít více metod, které v průběhu projektování kombinuje s různými technikami a návody. Obvykle se vytváří na počítači pomocí programů, které jsou k tomu určeny. Pokud jde o layout areálu, jsou zde zakresleny veškeré budovy a cesty. Při tvorbě komunikací je nutné zohlednit příslušné normy, které

⁶ BAUER, Miroslav. *Kaizen: cesta ke štíhlé a flexibilní firmě*. Brno: BizBooks, 2012. ISBN 978-80-265-0029-2.

⁷ MIKULÁŠTÍK, Milan. *Tvořivost a inovace v práci manažera*. Praha: Grada, 2010. Management (Grada). Str. 207 ISBN 978-80-247-2016-6.

definují šířky komunikací. Při layoutu jednotlivých příslušných pracovišť se jedná o uspořádání jednotlivých předmětů jako je nábytek, stroje a další zařízení. Zvláštní a detailnější layouty jsou ty, které se týkají dílen nebo speciálních prostor. Layouty různých hal musí jasně a přehledně zobrazit veškerá rozmístění pracovišť. Layouty se týkají i dalších prostor, jako jsou i sociální zařízení, kuchyňky a podobně. Layouty, které se týkají požadovaného pracoviště, musí být propracované velmi podrobně, důkladně a přehledně. Vždy záleží, jakému účelu slouží.

1.4 Spaghetti diagram

Spaghetti diagram je jedna z možností, jak v podniku znázornit přesuny lidí, materiálu či přípravků. Postup provedení spočívá v zakreslení probíhajících přesunů na pozadí nákresu sledovaného prostoru. Účel mapování je zachycení původních tras a následně nalezení vhodnějších toků. Výsledný obraz může připomínat rozsypané špagety, z tohoto důvodu vznikl název spaghetti diagram. Při zakreslování je možné odlišit druhy toků pomocí různých barev.

2 Vícekriteriální rozhodování

Při složitějším rozhodování, ve kterém hraje roli více aspektů rozhodování, je vhodné pro výsledek rozhodnutí použít metody vícekriteriálního rozhodování. V podstatě každý den musíme rozhodovat o našich činech a o věcech, které mají rozličný vliv na náš další život. Z toho plyne, že aniž by si to někteří z nás uvědomovali, používají vícekriteriální rozhodování. Lidé, kteří nejsou seznámeni s teorií vícekriteriálního rozhodování, jednají intuitivně. Avšak to je vhodné pouze tehdy, pokud se jedná o problémy, které nejsou významné ani důležité, mají především krátkodobý charakter a je možné je změnit nebo eventuálně vrátit.⁸

Jiná situace nastává, pokud jsou řešeny situace, které mají dlouhodobý charakter, nelze je změnit a mohou být velkou finanční zátěží. V takových případech je vhodné použít metody vícekriteriálního rozhodování. Výhoda těchto metod je jejich transparentnost a doložitelný postup vedoucí k vítězné variantě.⁹

2.1 Vícekriteriální analýza variant

Vícekriteriální analýza variant patří k metodám vícekriteriálního rozhodování. Předností je především usnadnění práce rozhodovatele při řešení úloh uspořádání variant s použitím souboru kritérií. Cílem aplikace úloh vícekriteriální analýzy (hodnocení) variant je nalezení nejlepší (optimální varianty) a uspořádání variant od nejlepší po nejhorší. Nejlepší varianta zpravidla není nejlépe hodnocená dle všech kritérií, ale je nejlepším kompromisem. Tato kompromisní varianta se nejvíce přibližuje ideální variantě, protože má nejlepší možné hodnoty.¹⁰

2.2 Kritéria a váhy

Kritérium je aspekt, kterým hodnotíme varianty. Na volbě kritérií velmi záleží, kritéria musí zahrnout všechny požadavky hodnotitele, zároveň ale není žádoucí mít nadměrný počet kritérií, protože by mohl nastat problém s přehledností.

⁸ KANIA, Jan. Výběr nejvýhodnějšího investičního záměru zásobování teplem a teplou vodou. Praha, 2015. Bakalářská práce. ČZU PEF. Vedoucí práce Brožová Helena.

⁹ FIALA, Petr. Vícekriteriální rozhodování. dotisk. Praha: Vysoká škola ekonomická, 1997, 316 s. ISBN 80-707-9748-7.

¹⁰ BROŽOVÁ, CSC., Doc. RNDr. Helena a Ing. Milan HOŮŠKA, PH.D. Základní metody operační analýzy. 2. dotisk. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta, 2003. ISBN 978-80-21-0951-7.

Kritéria dělíme podle několika hledisek, a to například na kvalitativní a kvantitativní. Kvalitativní jsou kritéria odhadovaná. Nelze je měřit a jsou zvolena dle osobní názoru hodnotitele. Pro znázornění velikosti váhy je možné použít bodové stupnice, či násobky preferencí porovnávané vůči základní variantě. Kvantitativní kritéria lze měřit, je možné jim přidělit objektivní hodnoty.¹¹

Kritéria lze dělit na maximalizační nebo minimalizační. U maximalizačních je nejvíce hodnocena nejvyšší hodnota kritéria, u minimalizačního naopak.

2.3 Kriteriální matice modelu vícekriteriální analýzy variant

„Kriteriální matici označujeme Y , její prvky jsou tvořeny hodnocením i -té varianty podle-tého kritéria. Sloupce odpovídají kritériím a řádky hodnoceným variantám. Prvky použité v tabulce nemusí být pouze čísla.

Tabulka 1: Kriteriální matice¹²

Kritéria		f_1	f_2	f_n
Varianty	a_1	y_{11}	y_{12}	y_{1n}
	a_2	y_{21}	y_{22}	y_{2n}

	a_m	y_{m1}	y_{m2}		y_{mn}

Obvykle se pracuje s kriteriální maticí, ve které jsou kritéria pouze maximalizační nebo pouze minimalizační. Proto je často nutné matici upravit podle jednoho z těchto typů kritérií, častěji se upravuje na kritéria maximalizační. Použije se na to jeden ze dvou způsobů – dle vztahu (2.1) vynásobením celého sloupce kriteriální matice hodnotou -1 , transformace:

$$y'_{ij} = -y_{ij} \quad (2.1)$$

¹¹ ŠUBRT, Tomáš. Ekonomicko-matematické metody. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2011, 351 s. ISBN 978-80-7380-345-2.

¹²BROŽOVÁ, CSC., Doc. RNDr. Helena, Doc. Ing. Milan HOUŠKA, CSC. a Doc. Ing. Tomáš ŠUBRT, PH.D. Modely pro vícekriteriální rozhodování. první vydání, 2. dotisk. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta, 2003, 178 s. ISBN 978-80-213-1019-3.

nebo výpočet hodnot (2.2), které udávají zlepšení oproti nejhorší kritériální hodnotě, transformace:

$$y'_{ij} = y_{ij} - \max_i(y_{ij}) \quad (2.2)$$

První způsob je vždy matematicky správně, ale může se zdát nelogickým pro neznalého čtenáře. Pracuje se zde totiž po úpravě s proměnnými, jako například záporná cena výrobku (po vynásobení -1). Druhý způsob je naproti tomu velmi logický. Nepracuje se zde se zápornou cenou, ale použije se úspora oproti nejdražšímu výrobku.¹³

2.4 Určení vah kritérií

Ne všechna kritéria, podle kterých je rozhodováno, jsou hodnotitelem preferována stejně. Stanovení vah pro kritéria je nezbytné. Jedná se často o subjektivní určení důležitosti a preference jednotlivých kritérií podle řešitele. Mezi ty nejčastější patří metoda pořadí, bodovací metoda, Saatyho metoda, entropická metoda a metoda Fullerova trojúhelníku. Jako nejvhodnější k použití se jeví bodovací metoda. Její předností je přehlednost, jednoduchost a názornost. Je zde zřetelné, nakolik hodnotitel jednotlivá kritéria preferuje, a tak umožňuje diskusi nad preferencemi. Z tohoto důvodu bude dále popsána jen tato metoda.¹⁴

2.4.1 Bodovací metoda

Pro použití bodovací metody se sestaví stupnice, podle které se bude každému kritériu přidělovat určitý počet bodů. Mohou být použita i desetinná čísla nebo více kritériím můžeme přidělit stejnou hodnotu bodů. Podobně jako u stanovení vah kritérií pomocí metody pořadí se tato metoda používá i při hodnocení více experty. Pokud je podle experta kritérium velmi důležité, dostane nejvyšší počet bodů (například na stupnici 0-10 by to bylo 10 bodů). A pokud se kritérium jeví dle jeho názoru naprosto bezvýznamné, přidělí mu v tomto příkladu 0 bodů. Stupnice bodování nemusí být vyjádřena pouze číselně, ale také graficky pomocí úsečky, kde na jedné straně bude absolutní důležitost kritéria a na druhé bezvýznamnost kritéria a expert pouze zakresluje

¹³ KANIA, Jan. Výběr nejvýhodnějšího investičního záměru zásobování teplem a teplou vodou. Praha, 2015. Bakalářská práce. ČZU PEF. Vedoucí práce Brožová Helena.

¹⁴ BROŽOVÁ Helena, Milan HOUŠKA a Tomáš ŠUBRT, PH.D. Modely pro vícekriteriální rozhodování. první vydání, 2. dotisk. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta, 2003, 178 s. ISBN 978-80-213-1019-3.

pozice daných kritérií do této úsečky. Váhy jsou následně zjištěny a normovány podle poměru přidělených bodů a vztahu (2.3).¹⁵

$$v_i = \frac{G_i}{\sum_{i=1}^n G_i}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2.3)$$

i...počet kritérií

G_i...součet všech přidělených bodů *i*-tému kritériu.

2.5 Výběr kompromisní varianty

Po určení vah kritérií je na řadě výběr kompromisní varianty. Tento výběr zároveň seřadí varianty od nejlepšího po nejhorší. Existuje mnoho metod pro určení kompromisní varianty, ve své práci vybírám metodu váženého součtu z důvodu její snadné proveditelnosti v Excel tabulce. Metoda klade důraz na hodnocení varianty dle spočteného užitku.

2.6 Metoda váženého součtu

Metodu váženého součtu je možné použít pro nalezení kompromisní varianty, ale i pro seřazení variant od nejlepší k nejhorší. Je potřeba k ní znát kriteriální matici a vektor vah kritérií. Tato metoda vychází z teorie funkce užitku. Snaží se o maximalizaci daného užitku. Její název, metoda váženého součtu, je odvozen od sčítání jednotlivých neboli dílčích funkcí užitku.

Její postup je následující – za prvé je převeden z minimalizace na maximalizaci kritérií. Toto slouží jako zjednodušení pro následující krok. Ve zmíněném dalším kroku je nalezena ideální (*H*, *h*₁...*h_n*) a bazální varianta (*D*, *d*₁...*d_n*), každá s vlastním ohodnocením. Poté je určena matice vícekriteriální analýzy variant ve standardizovaném tvaru pomocí vztahu (2.4).

$$r_{ij} = \frac{y_{ij} - d_j}{h_j - d_j} \quad (2.4)$$

¹⁵BROŽOVÁ Helena, Milan HOUŠKA a Tomáš ŠUBRT, PH.D. Modely pro vícekriteriální rozhodování. první vydání, 2.dotisk. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta, 2003, 178 s. ISBN 978-80-213-1019-3.

Výsledek po dosazení do tohoto vzorečku se nachází v intervalu $\langle 0;1 \rangle$, přičemž hodnotu 0 nabývá bazální varianta a hodnotu 1 má ideální varianta. Dále je pro každou variantu zvlášť určena agregovaná funkce užitku vypočtena pomocí (2.5).

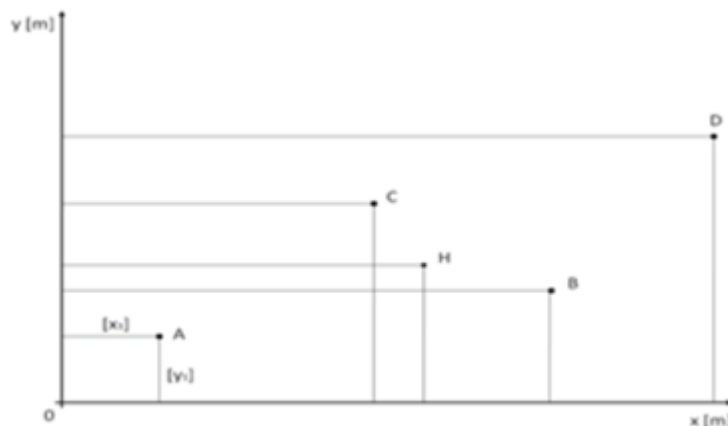
$$u(a_i) = \sum v_{rij} \quad (2.5)$$

Nakonec jsou varianty seřazeny podle vypočítané hodnoty u , první v pořadí je kompromisní varianta neboli výsledek a po ní následují další možná řešení (v případě výběru více variant).¹⁶

¹⁶BROŽOVÁ Helena, Milan HOUŠKA a Tomáš ŠUBRT, PH.D. Modely pro vícekriteriální rozhodování. první vydání, 2. dotisk. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta, 2003, 178 s. ISBN 978-80-213-1019-3

3 Metoda souřadnic

Metoda souřadnic je univerzální metodou pro nalezení nejlepšího umístění centrálního objektu, umístěného v závislosti na okolních vstupních souřadnicích. Pomocí ohodnocení vstupních souřadnic vahou je možno ovlivnit sílu jejich vzájemného vztahu.



Obrázek 1: Příklad metody souřadnic (18)

Je vhodné zmínit, že popisovaná metoda je shodná s metodou těžiště, kdy se častěji nazývá metodou těžiště v případech použití s problematikou nalezení místa centrálního skladu obsluhující více odběratelů.¹⁷

Při grafickém znázornění jsou na ose x a y nejprve zakresleny vstupní body, při početním řešení postačí zaznamenat souřadnice míst. Počátek os x a y je možno zvolit libovolně, pro výsledek jsou důležité pouze relativní vzdálenosti mezi body. Metoda hledá vážený průměr vstupních bodů. Váhy mohou například vyjadřovat množství dopravovaného zboží mezi prodejny a centrálním skladem.¹⁸

Pro nalezení výsledných souřadnic je využito vztahů (3.1).

$$X = \frac{(\sum x_i * q_i)}{(\sum q_i)} , Y = \frac{(\sum y_i * q_i)}{(\sum q_i)} \quad (3.1)$$

¹⁷ VANĚČEK, D.; FRIEBEL, L.; ŠTÍPEK, V. Operační management. České Budějovice: JCU, Ekonomická fakulta, 2010. 261 s. ISBN 978-80-7394-196-3

¹⁸ Tabulka souřadnic. Cie-group: lexikon-metod [online]. 2019 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <http://www.cie-group.cz/lexikon-metod-pi/metody/sachovnicova-tabulka/>

- X, Y ...hledané souřadnice nového objektu
- x_i, y_i ...souřadnice výchozích objektů
- i ... číslo objektu
- q ... váha vztahu mezi výchozím a novým objektem

Oproti obyčejnému vztahu pro vážený průměr je pracováno s váženým průměrem souřadnic. Vztah (3.1) tak minimalizuje součet vážených vzdáleností od všech vstupních bodů k výsledné souřadnici.¹⁹

¹⁹LEXIKON METOD PRŮMYSLOVÉHO INŽENÝRSTVÍ [online]. [cit. 2018-10-30]. Dostupné z: <http://www.cie-group.cz/lexikon-metod-pi/metody/sachovnicova-tabulka/>

4 Údržba letadlové techniky

Údržba letadel je technická činnost, která má za úkol zachování a udržení letadel v provozuschopném stavu. Děje se tak pomocí standardizovaných plánovaných a neplánovaných úkonů, které po provedené údržbě umožní kvalifikovaným technikem vydání osvědčení o uvolnění do provozu. Provádí se za účelem zachování letové způsobilosti. Letová způsobilost je stav, kdy je zajištěna minimální požadovaná úroveň bezpečnosti letadla daná požadavky v předpisech letové způsobilosti.²⁰ Údržba se dá rozdělit na dvě hlavní části: Line maintenance a Heavy maintenance.

4.1 Traťová údržba

V praxi běžněji nazývaná jako line maintenance dle PART 145²¹ lze popsat jako technické zabezpečení před odletem a zároveň zajištění běžného provozu mezi generálními opravami. Obvykle zahrnuje menší úkoly plánované údržby, jako předletové kontroly, kontroly provozních kapalin, denní kontroly (DY) a rozsáhlejší týdenní kontroly (WY). Dále kontroly a vizuálních inspekce, které nevyžadují otevírání rozsáhlých přístupových prostor a jsou přístupné prostřednictvím panelů a servisních dveří. Na pomezí neurčité hranice s heavy maintenance patří časově náročnější revize typu „A“. Rozsah prací na line maintenance limituje dostupnost potřebného pozemního vybavení. Dalším limitujícím prvkem bývají nevyhovující podmínky venkovního prostředí, a to v případě, kdy údržba nemá k dispozici hangár.²²

Mezi neplánované činnosti traťové údržby patří odstraňování závad. To spočívá v nalezení příčiny objevené závady (Troubleshooting) a následná oprava vyměněním nevyhovujících komponentů.

Line maintenance může zajišťovat služby i více dopravcům. Řeší tím potřebu leteckých společností zajistit smluvně dohodnuté technické zabezpečení na letištích, kde nemají svoji bázi. Pro poskytovatele line maintenance představuje služba cizím zákazníkům velkou výzvu. Každá letecká společnost má svoje vlastní postupy. Odlišné je odepisování závad do technických deníků, odkládání závad dle Minimum equipment list (MEL) a dále rozličné procedury reportování činností uskutečněných na letadle.

²⁰ L8/A, Letová způsobilost letadel - postupy: Definice. In: AIM Letecká informační služba [online]. [cit. 2019-05-28]. Dostupné z: <https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-8a/data/effective/definice.pdf>

²¹ AMC/GM TO ANNEX II (PART-145) AMC 145.A.10

²² *Aircraft Maintenance* [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: https://www.skybrary.aero/index.php/Aircraft_Maintenance

Část prací pro zahraniční zákazníky je v takzvaném režimu „on call“, kdy technik drží pohotovost a po zavolání se dostaví k letadlu, často již zpožděnému s cestujícími na palubě.

Náročnost údržby specializované na zahraniční zákazníky klade zvýšené požadavky na techniky, kteří se musejí správně rozhodovat, navíc mnohdy v časové tísní, tak typické pro line maintenance.

4.2 Těžká údržba

Běžněji také nazývaná jako heavy maintenance se obecně skládá z prací, které mají delší interval mezi revizemi, hlubší a širší rozsah než práce, které jsou uvedeny u line maintenance. V zázemí je potřeba mít k dispozici vhodné specializované vybavení. Typické značení revizí heavy maintenance jsou písmena „C“ a větší „D“.²³

4.3 Vybavení line maintenance

Moderní letadla civilního letectví ke svému operačnímu a technickému zabezpečení potřebují velké množství různorodého nářadí a vybavení označovaného jako GSE (Ground support equipment) ve své práci pro vyjádření tohoto pojmu častěji využívám české synonymum „vybavení“.

GSE – ground support equipment lze dle knihy *Aviation maintenance management*²⁴ definovat jako „vybavení potřebné pro zajištění provozu a údržby letadla a všech jeho systémů. Toto vybavení zahrnuje široké spektrum od jednoduchých přístupových schodů až po drahé vozidla tahaní letadel. Některá vybavení jsou uskladněna přímo v hangáru, ostatní méně používaná či specializovaná GSE jsou obvykle u větších organizací uschována ve výdejně nářadí.

²³ *Aircraft Maintenance* [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: https://www.skybrary.aero/index.php/Aircraft_Maintenance

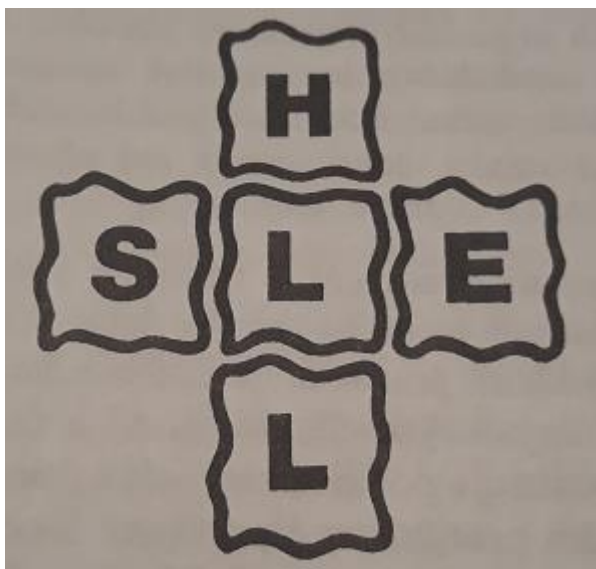
²⁴ KINNISON, Harry A. a Tariq SIDDIQUI. *Aviation maintenance management*. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, c2013. ISBN 978-0-07-180502-5.

5 Lidský činitel v údržbě letadel

Pokud chce letecká společnost uspět a obstát ve stále rostoucí konkurenci, musí se soustavně a cílevědomě věnovat údržbě letadel, udržovat bezpečnostní standard. Pojem „lidský činitel“ musí být jasně definován, jedná se o profesní vyspělost každého pracovníka, fyzickou, psychickou a společenskou. Dříve bylo kladeno mnoho pozornosti na oblast negativních vlivů na člověka, především na hluk, vibrace, teplo či chlad, setrvačné síly. Ale později se pozornost už zaměřila i na další prvky lidského činitele. Jako pomoc pro pochopení problematiky lidské činnosti se začal používat rozšířený model SHELL.²⁵

5.1 Model shell

Edwardův - Hawkisův diagram SHELL v leteckém odvětví patří mezi nejvíce známé seznámení s lidským činitelem. Je vhodný k popsání všech na člověka působících lidských faktorů, které mají potenciál k vytvoření chyb. Jednotlivá písmena modelu zahrnují prvky:



Obrázek 2: Vztah mezi prvky SHELL (25)

L (Liveware) člověk, jedinec reprezentován centrem modelu. Na jeho práci má vliv propojení s vyobrazenými okolními prvky. Člověk jako takový je každý jedinečný, je ovlivněn vrozenou výbavou, jako inteligence, kognitivní předpoklady a znalosti. Vliv

²⁵ ŠULC, Jiří. *Lidský činitel: studijní modul 9*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. Učební texty dle předpisu JAR-66. ISBN 80-720-4364-1.

má rodinné zázemí i to jestli pracovník přijde do práce odpočatý. Záleží také na denní době, špatný biorytmus při práci v noci případně na nepravidelných směnách má negativní vliv na činnost a kvalitu konání člověka.

S (Software) vyjadřuje pracovní postupy, katalogy náhradních dílů, podnikové informační systémy, nařízení a normy. Z pohledu lidského činitele je důležitá snadná přístupnost, srozumitelnost, přehlednost a malá chybovost. Příkladem je špatně psaný postup, který sám o sobě nevadí, ale jako zakuklená neřest čeká a při použití může vést k nebezpečí chyby či ztráty letové způsobilosti.

H (Hardware) stroj, jedná se o fyzický objekt, typ letounu na kterém se pracuje, event. zkušební zařízení nebo nářadí potřebné k práci. Vliv zde má design a ergonomie která tvoří interakci s člověkem.

E (Environment) prostředí, ve kterém se odehrává interakce S-H-L, jedná se o vliv okolí jako teplota, hluk, vlhkost, prašnost, osvětlení. Přívětivost okolí má zásadní vliv na střed modelu, člověka vykonávající práci.

L (Liveware) prvek zahrnující ostatní spolupracovníky. Příkladem jsou komunikační a společenské bariéry.

5.2 Požadavky na zázemí údržby

Požadavky na zázemí údržby letadel jsou k nalezení v nařízení evropské komise No. 1321/2014 v části 145.A.25 – Facility requirements. Z dokumentu vyplívá nutnost mít v místě kde je letadlo bázováno zajištěn přístup do hangáru. Velký význam hangárové stání spočívá ve zlepšování okolních podmínek mající vliv na práci leteckých mechaniků, ať se jedná o popisované podmínky jako tepelný komfort, osvětlení, hlukové zatížení, vlhkost a prašnost. Poskytuje zázemí pro GSE. Technologický postup některých prací v nepříznivých venkovních podmínkách hangár přímo vyžaduje, může se jednat o dodržení teplot pro tuhnutí tmelů nebo silný vítr nebezpečný pro otevírání krytů fanové části motorů. U většiny ostatních prací je nad využitím hangáru na line maintenance možné přemýšlet z pohledu lidského činitele.



Obrázek 3: Pravý motor A320 s otevřenými kryty fanové části (27)

5.3 Osvětlení pracoviště

Pracovní prostředí jak bylo vysvětleno na modelu Shell u písmena „E“, představující, Enviroment, má vliv na práci v leteckém provozu. Pracovní prostředí a správné osvětlení je podkladem pro kvalitní činnost pracovníka. Mnohdy je velká část údržby prováděna v nočních hodinách a není ideální spoléhat se pouze na osvětlení například baterkou. Požadavky na osvětlení:

- správný směr;
- rovnoměrnost osvětlení;
- stálost osvětlení;
- barva světla.

5.4 Teplota a podnebí

Tyto dvě složky, jsou velmi proměnlivé je třeba vytvářet pracovní prostředí, které je vhodné pro činnost člověka. Tepelná pohoda nastává, když nedochází k pocení nebo naopak k chladovému třesu. Nejvýznamnějším zdrojem horka v údržbě letadel je Slunce, které kromě tepelného záření produkuje i UV záření. Dalším zdrojem tepla jsou rozžhavené betonové plochy letiště a vychládající proudové motory. V chladném prostředí naopak metabolické procesy nejsou schopny udržet tepelnou rovnováhu.

Všechny tyto signály přimějí pracovníka, aby se staral o správné ochranné pomůcky, jako je pracovní oděv.

5.5 Hlukové zatížení

Meze, hlukového zatížení v letectví jsou ošetřeny zákonem č.49/1997 Sb. o civilním letectví a dále jsou ošetřeny pozdějšími předpisy a nařízení vlády č.148/2006 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku. Technici údržby jsou pochopitelně vystaveni kombinací různých hluků. Akustickou zátěž lze měřit zvukovými dozimetry. Z takto změřených údajů se vypočítává směnová nebo týdenní expozice hluku. Pro krátkodobou expozici je přípustná hodnota 110 dB na dobu maximálně 12 minut. Pro týdenní expozici při délce směny 8 hodin nesmí tato expozice překročit hodnotu 85 dB. Je nutné, aby si pracovník chránil svůj sluch, neboť pokud by toto nedodržel po několika letech práce natrvalo poškodí vláskové buňky sluchového ústrojí. V prevenci poškození sluchu je používáno několik typů ochrany: ušní, zátky, sluchátka, sluchátka + ušní zátky, komunikační sluchátka. ²⁶Na hangárového stání jsou pláštěm budovy redukovány zvuky letištního provozu. Naopak intenzivněji jsou vnímané zvuky letadlových systémů. Mezi nejvíce významné patří zapnuté hydraulické pumpy, chlazení avionických úseků a různorodé pracovní činnosti techniků. Pokud se jedná o práci v objektu, má na šíření hluku také podíl akustika, na kterou má vliv materiál a členitost vnitřního obložení. Odrazy zvuku zdatelně redukuje i objekty umístěné v prostoru ²⁷

²⁶ Nepříznivé účinky hluku na člověka [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: http://www.mzcr.cz/hlukovemap/obsah/nepriznive-ucinky-hluku-na-cloveka_3417_30.html

²⁷ Konstrukce na pohlcování zvuku. Stavba.tzb-info.cz [online]. [cit. 2019-05-28]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/228-konstrukce-na-pohlcovani-zvuku>



Obrázek 4: Tlumič hluku avionického úseku, Foto: vlastní zpracování

5.6 Nebezpečné látky

Při údržbě se rovněž nemůžeme vyhnout nebezpečnými látkami, jako jsou pohonné hmoty, tmely, plnidla, maziva kompozitní materiály a další. Jelikož se vždy jedná o nestabilní látky, které v pracovním prostředí mění své skupenství. Jedná se o odpařování, a kondenzace. Tyto látky vnikají do dýchacích cest, do organismu se dostávají i přes kůži. Rovněž zde je nutné používat ochranné prostředky např. rukavice pro přípravky a části letadla kontaminované nebezpečnými látkami.

6 Metodika rozmístování vybavení servisních stojánek na hangárovém stání



Obrázek 5 Vnitřního uspořádání prázdného Hangáru S, Foto: vlastní zpracování

Na následujících stránkách je popsán mnou navrhnutý koncept pro rozmístování vybavení servisních stojánek. Metoda vychází z filozofie lean managementu.

Pro ukázkou využití je metoda popsána na praktickém příkladu optimálního rozmístění vybavení hangárového stání line maintenance v hangáru S.

6.1.1 Představení společnosti Czech Airlines Technics a.s

Nejprve bych rád představil společnost, ve které byla praktická část realizována Czech Airlines Technics a.s. (CSAT). Tato společnost se zaměřuje na široké spektrum služeb v údržbě letadel. Jedná o oblasti těžké údržby, traťové údržby, údržby komponentů, údržby letadlových podvozků a podpory provozovatelů (Technika letadel)

Czech Airlines Technics vznikla jako dceřiná firma vyčleněním technického úseku Českých aerolinií v roce 2010. Tento krok umožnil prodej úseku pod Českých aeroholding, transakce se tak zařadila do série rozprodávání majetku ke krytí dlouhodobých provozních ztrát pro tehdy státem vlastněného dopravce. Po zrušení Českého aeroholdingu se CSAT stala dceřinou firmou Letiště Praha. Mezi nejvýznamnější zákazníky společnosti CSAT patří stále České aerolinie, mezi kterými je smluvní vztah na údržbu letadel.

Traťová údržba CSAT provádí práce i na letadlech (A320, A330, B737,) dalších zákazníků. Jsou jimi Aeroflot, American Airlines, China Eastern, EL AL, Easy Jet atd.

pro tyto společnosti se provádí údržba standartně na letištní ploše, nejčastější prováděné práce typu pre-flight check, transit check a overnight check. Dále odstraňování nebo dle MEL odkládání závad, to jsou práce, které nevyžadují zázemí hangáru. Pro ČSA jsou dále na tratové údržbě prováděny revize typu WY-check a A-check, charakter víceprací v revizích obsažených často vyžaduje zázemí hangáru.²⁸

CSAT nabízí nárazově služby traťové údržby i v zahraničí, v posledních letech například na letištích v Bratislavě, Hamburku, Innsbrucku, Keflavíku a Jeddah v Saudské Arábii.

6.1.2 Popis hangáru S

Společnost CSAT otevřela zcela nový hangár S, je umístěn na letišti Václava Havla, naproti hlavnímu hangáru F. Hangár s vnitřním rozměrem 40x50 metrů má jedno letadlové stání pro typ B737/A320. Případně je možné postupně zatáhnout dvě letadla typu ATR 42/72. V rohu je umístěno administrativní zázemí zahrnující počítače s letadlovou dokumentací, tiskárny, stoly a stojany pro karty zadané práce (task card). Montovaná ocelová konstrukce hangáru se v případě potřeby dá rozebrat a přesunout, to je plánované v případě započetí prací na připravované stavbě letištní paralelní dráhy. Vybudovaný prostor je využíván tratovou údržbou, převážně pro revize typu „WY“ v sedmidenním intervalu a typu „A“ s opakováním po 250 FC. Pro traťovou údržbu bylo v původním Hangáru F vyhrazeno jedno letadlové stání. Tímto přesunem je umožněno navýšení kapacity těžké údržby letadel.

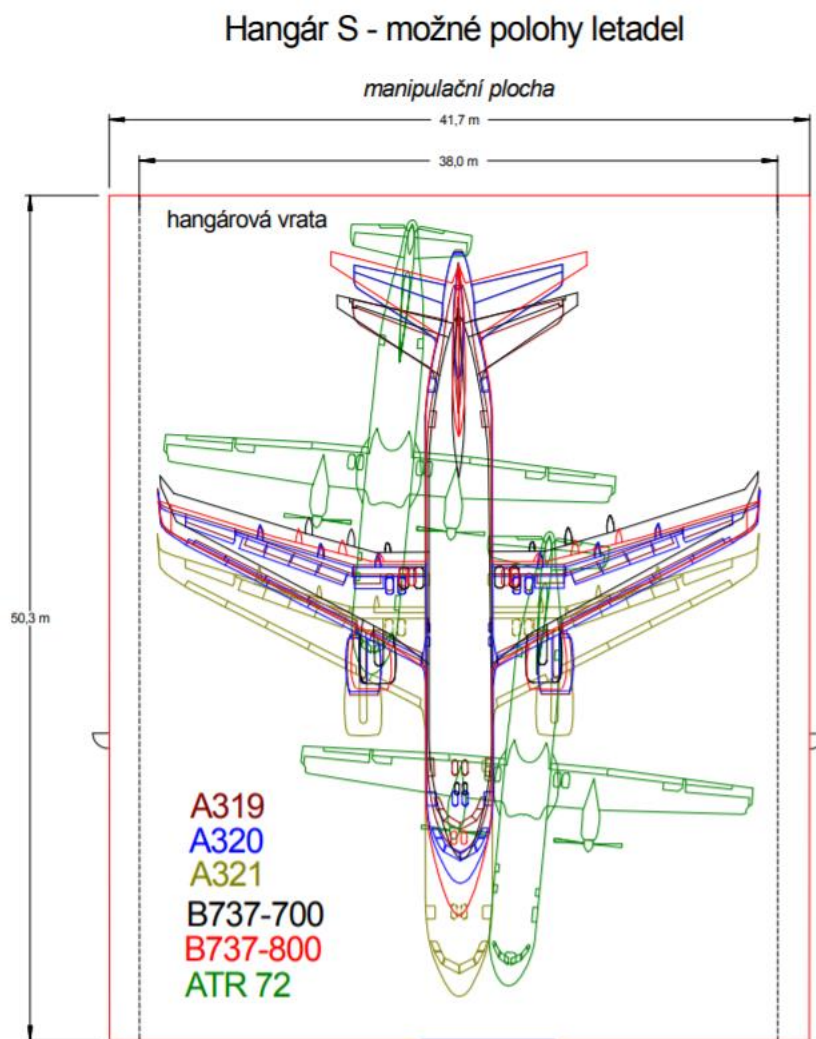
²⁸ Traťová údržba CSAT a.s. *Csatechnics.com* [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://www.csatechnics.com/cs/sluzby-2#tratova-udrzba>



Obrázek 6: Celkový pohled na hangár S, Zdroj: CSAT

6.1.3 Vliv typu servisovaných letadel na layout v Hangáru S

Nejčastěji v hangáru umístovaná letadla jsou A320F, B737 a ATR. Přesto, že je servis prováděn pro tři typy letadel layout je hledán pouze jeden univerzální, specifické pro line maintenance je časté rotování letadel, není v provozu možné ani efektivní konfigurovat layout dle typu aktuálně zataženého letadla. Specifikum line maintenance je také velké množství univerzálního vybavení používaného napříč všemi typy letadel. V práci jsou pro všechny typy letadel uvažovány stejné souřadnice, na kterých se vybavení používá. Dle plánu půdorysů letadel je zřetelné, že mezi typy letadel není v místech na kterých se vybavení používá, tak významný rozdíl, který by bylo nutné brát v potaz. Nejčastější místa použití GSE jsou motory, podvozky a řídicí plochy. Typ ATR je oproti plánu v hangáru umístován nejčastěji samostatně a na střed stejně jako ostatní letadla.



Obrázek 7: Možné polohy letadel v hangáru S Zdroj: CSAT

6.1.4 Důvody implementace 5S - Seznámení s místní situací

V nově zbudovaném hangáru společnosti CSAT nebyla doposud zpracována koncepce jak přistupovat a organizovat vnitřní vybavení hangáru. Mezi hlavní problémy které tím jsou způsobeny patří nevzhledný a neuspořádaný vnitřní prostor hangáru. Vybavení nemá své určené místo, pracovníci odkládají vybavení dle svého uvážení. Z důvodu chybějícího definování rozvržení GSE není možné požadovat a kontrolovat úklid hangáru po provedené údržbě. Požadavek pro vznik zpracování pohledu na věc vzešel od vedoucího Line maintenance CSAT. Hlavními důvody vzniku práce bylo nalezení pozic jednotlivým kusům GSE, zlepšení celkového přehledu, nalezení řádu, standartizace a tím i zlepšená efektivita využívání pracoviště. Je hledán stav v kterém se i nový pracovník rychle adaptuje a získá adekvátní podmínky pro práci na letadle

bez toho aby se zdržoval neproduktivním hledáním potřebného vybavení, které se pokaždé nachází na jiném místě, v horším případě na pracovišti vůbec není.



Obrázek 8: Ukázka původního neuspořádaného stavu, Foto: vlastní zpracování

7 Efektivní organizace vnitřního vybavení Hangáru S pro traťovou údržbu

Na praktickém příkladu je znázorněn sled následující postupů:

- Vytvoření seznamu vybavení určeného k optimalizaci rozmístění;
- Průzkum sledující četnost používání vybavení;
- Stanovení kritérií a výpočet ideálního místa pro každý jednotlivý kus vybavení, použitím metody souřadnic;
- Stanovení kritérií a výpočet vícekritériální analýzy variant k seřazení vybavení dle priority k přednostnímu umístění;
- Stanovení kritérií a vytvoření finálního layoutu pro uspořádání Hangáru;
- Koncept trvalé udržitelné organizace Hangáru.

7.1 Uvažované vybavení

Jedná se o základní soupis vybavení potřebného pro běžný servis na letadlovém stání Hangáru S, pro potřeby práce byl sepsán seznam dle aktuálně v hangáru používaného vybavení. Je vhodné zmínit, že seznam neobsahuje kompletní vybavení line maintenance. Zřídka používané, malé, častým inspekcím podléhající a křehké vybavení je často umísťováno do výdejny náradí. Stejně tak nejsou v inventáři hangáru přístupové doky a většina atypických a velkých přístupových schodů, ty se častěji nacházejí v hlavním hangáru F. Inventář hangáru je k diskuzi, množství a typ umístěného vybavení, je individuální otázkou každé údržbové organizace.

7.2 Zjištění četnosti použití

Pro další postup je nutné zjistit, jak často se jednotlivé kusy vybavení používají, s tímto údajem je dále pracováno na několika místech práce. Jako vhodné metody k zjištění četnosti používání vybavení lze uvést:

- Průzkum pozorováním
- Dotazníkový průzkum mezi pracovníky, kteří vybavení používají
- Odborný odhad jedním hodnotitelem

7.2.1 Průzkum pozorováním

Lze soudit, že reálné sledování četnosti používání bude nejpřesněji odpovídat skutečnosti. Tak aby byly výsledky dostatečné průkazné je však potřeba provádět sledování po dostatečnou dobu. Na line maintenance by to bylo snadno možné u pravidelně se opakujících stereotypních revizí (DY,WY,A). Podstatná část práce je však široká škála různorodých zásahů na letadlech z důvodu neplánovaných a technických závad případně jiných problémů, požadavků či víceprací. Při sledování takovýchto nepředvídatelných zásahu ani při dlouhodobém pozorování nezískáme odpovídající přehled o používání vybavení.²⁹

7.2.2 Odborný odhad jedním hodnotitelem

Nejméně časově náročný je odhad vytvořený odborníkem, který v místě pracuje a má předpoklady pro kvalifikovaný odhad četnosti používání vybavení. Jako nevýhodu lze zmínit nevědomé zkreslení výsledku, v případě, že se hodnotitel v komplexním přehledu nedokáže dostatečně odhlédnout od své specializace a individuálních návyků.

7.2.3 Dotazníkový průzkum mezi pracovníky, kteří vybavení používají

Jako zajímavější a mnou vybraná metoda průzkumu se nabízí dotazník adresovaný všem pracovníkům využívajícím řešený pracovní prostor. Takovéto zapojení je vhodné i z hlediska zapojení pracovníků do problematiky, ti jsou více informováni, vtaženi do procesu tvorby a poté více připraveni na akceptování případných změn. Dotazníkem je získán přehled o používání vybavení, avšak proti pozorování sledující skutečný provoz nemusí být výsledek dotazníku tak přesný.

²⁹ FORET, Miroslav a Silvia MEGYESIOVÁ. *Marketingový výzkum v regionálním rozvoji*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2013. ISBN 978-80-7375-773-1.

← → ↻ 🏠 <https://www.survio.com/survey/d/19P5D8Q3S3N5X9M2P>

Četnost používání GSE v Hangáru S

Dobrý den,


věnujte prosím 5 minut svého času k vyplnění následujícího dotazníku. Data pomohou k lepšímu rozmístění vybavení hangáru S a také pomohou k dokončení mojí diplomové práce.

Dotazník zkoumá jak často se používá vybavení hangáru. Používejte hrubý odhad. Pokud nevíte, otázku přeskočte. Žádná z otázek není povinná.


Jan Kania

1. Na jakém typu pracujete?

Vyberte jednu odpověď, dle toho na jakém typu letadla v Hangáru S nejčastěji pracujete. Na následující otázky poté odpovídejte z pohledu práce na vámi zvoleném letadle.



A320F



ATR

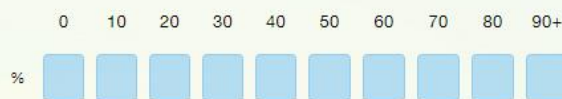
Obrázek 9: Úvodní stránka dotazníku, Zdroj: vlastní zpracování

Dle letadel na kterých se provádí servis je dotazník rozdělen na A320F a ATR. K rozdělení je použita první filtrační otázka: „Na jakém typu pracujete?“. Všechny následující otázky v dotazníku zkoumají četnost použití jednotlivých kusů vybavení. Vybraná otázka zní: „Jaká je % šance, že bude při revizi alespoň jednou použito toto vybavení?“

2. Pojízdná plnicí stanice na dusík



Jaká je % šance, že bude při revizi použito toto vybavení?



Obrázek 10 - Ukázka poptávaných otázek

Pojem revize otázky není záměrně upřesněn, v obecném smyslu tak obsahuje veškeré práce na letadle od pravidelných prací až po nahodilé opravy a opravy závad. Odpovědi je v dotazníku možné zvolit z přednastavené škály procent. Vyhodnocením dotazníku bude zjištění četnosti využívání jednotlivého vybavení. Je velká výhoda, pokud je dotazník odeslán co největšímu počtu adresátů. Jsou tím nejlépe zahrnuty všechny specializace, preference a individuální návyky jednotlivců.

7.2.4 Výsledek dotazníku - Četnost používání vybavení v Hangáru S

Výsledkem dotazníku byly zjištěny četnosti použití vybavení. Z celkového počtu 68 dotazovaných techniků údržby, kterým byl dotazník odeslán na firemní e-mail se vrátilo 21 odpovědí od skupiny A320F a 7 odpovědí od skupiny ATR42/72. Nutno podotknout, že dotazník byl obsáhlý a u otázek se muselo přemýšlet. Mezi obdržnými výsledky je zajímavé pozorovat rozdíly četnosti použití vybavení u A320 oproti ATR42/72, rozdíl je dán jednak odlišných potřeb letadla, ale i individuálními návyky jednotlivých skupin. Kdy například při práci s tlakovým dusíkem je každou ze skupin historicky preferováno, jiné ač vzájemně záměnné vybavení. V dalším postupu práce je zahrnuto veškeré vybavení z dotazníku.

Tabulka 2: Výstup z dotazníku

Pořadové číslo	Název	Četnost použití při revizi (%)	
		A320F	ATR 42/72
1	Pojízdná plnicí stanice na dusík	58	40
2	Vozík na dusíkovou lahev 2ks	42	88
3	Odpadní koše	86	90
4	Sběrné místo nebezpečných látek	84	90
5	Ruční hydraulický agregát na Revers HA130/4	54	20
6	Banka na IDG	n/a	n/a
7	Plnička motorového oleje (2ks)	59	20
8	Ruční hydraulický agregát RHA 22	47	20
9	Plošina GENIE, typ Z 45/25	32	52
10	Nůžková plošina ALBRET	79	64
11	Pojízdná nádrž na tekutinu - průměr 55cm	48	40
12	Stojan na lopatky fanu A320 (CFM56-5B)	30	20
13	Hevery pro výměnu kol hl. podvozku B737/A320 (4ks)	53	20
14	Hever MALABAR 10t a 15t	43	36
15	Zvedák Kola	37	20
16	č1. Schody montážní 6 stupňů	n/a	n/a
17	č.2 Schody montážní 6 stupňů	n/a	n/a
18	č.3 Schody montážní 6 stupňů	n/a	n/a
19	Výrobek ledové tříště ZBE 30-10	73	20
20	Tlumič hluku A320	88	20
21	Regál na karty	n/a	n/a
22	Odkalovací vozík pro palivo	75	46
23	Odkalovací vozík pro olej	66	64
24	Pojízdné pracovní stoly	67	78
25	Příruční vozíky	n/a	n/a
26	Zvedák TMH-Techman pro ATR 42,72	26	74
27	AXA - velká A320 a B737	90	72
28	AXA - střední	65	90
29	VZV s dobíjecí stanicí	70	52
30	Vstupní schody	n/a	n/a

Efektivní organizace vnitřního vybavení Hangáru S pro traťovou údržbu

31	Schody dural 6	n/a	n/a
32	Schody dural 4	n/a	n/a
33	Plošina do hl. podvozkové šachty - A320	35	38
34	Provozeroschopné díly	n/a	n/a
35	Neprovozeroschopné díly	n/a	n/a
36	Havarijní sada	n/a	n/a
37	Schody s plošinou do nákl. prostoru A320	47	36
38	Skříně jednotlivých čet	n/a	n/a
39	Podpěra ATR malá	n/a	n/a
40	Podpěra ATR velká	n/a	n/a

8 Kritéria rozmístění

Při rozhodování u umístění se lidé často rozhodují intuitivně a podle svých zažitých zkušeností. K diskuzi nad výsledkem je však třeba definovat kritéria, podle kterých je k rozmístění přistupováno. Pro rozmístění vybavení prostoru je stanoven sled následujících kritérií, rozdělených do tří skupin tak jak k nim bude v průběhu realizace přistupováno:

- kritéria ideálního rozmístění;
- Kritéria určení priority pro pořadí rozmíst'ování;
- Kritéria finální rozmístění.

8.1 Ideální rozmístění

Prvně je vhodné určit ideální pozici jednotlivého vybavení, existuje několik kritérií, které mají vliv na umístění. Výsledek ideálního umístění je řešen metodou souřadnic, jejíž vstupy a výsledky jsou znázorněny na grafickém modelu. Metoda je počítaná pro každý kus vybavení individuálně. Vstupní data metody v podobě souřadnic a jejich vah jsou stanovovány v souladu s prvními čtyřmi kritérii (I.-IV.). Ty byly hledány i za pomoci rozhovoru s technikou, jako vhodné jsou nalezeny:

8.1.1 Kritérium I. Vzdálenost přesunu vybavení k místu použití

Kritérium s minimalizační povahou, to znamená čím menší vzdálenost tím lépe. Nejvíce zřejmě je uspořádat vybavení podle vzdálenosti k místu použití. Plnička motorového oleje má logicky aspiraci na ideální umístění co nejbliže k motorům. Ideální umístění pojízdné dusíkové stanice se nachází u svých míst používání, to je v tomto případě hledáno mezi místy hlavní podvozek, přídoví podvozek a podvozková šachta. Vstupní souřadnicemi jsou tedy shodné s místem použití daného vybavení, váha souřadnice odpovídá četnosti použití na daném místě.

8.1.2 Kritérium II. Vzdálenost přesunu technika k vybavení

Zastupuje snahu o zkrácení chůze nutné k dosažení vybavení. Pokud je pravděpodobné, že k vybavení technik půjde například z administrativní části. Je možné do výpočtu tyto souřadnice zahrnout. Jako příklad lze uvést vysokozdvížné plošiny, které jsou často jako

první cíl cesty v případě, kdy v administrativní části získána informace o přidělené práci nacházející se ve výškách. Kritérium není napříč vybavením plně konzistentní, ve většině případů nelze ani s malou jistotou určit odkud k němu technik půjde. U takových případů se kritérium nebere v potaz.

8.1.3 Kritérium III. Vzdálenosti chemických látek a jejich výparů od administrativní části

V provozu údržby je místo které je vhodné vzdálit od administrativní části. Jedná se o sběrné místo nebezpečného odpadu způsobující v okolí nepříjemný zápach. Nařízení vlády č. 361/2007 Sb³⁰ mimo jiné také vyžaduje zabezpečení dostatečného větrání. V praxi je však i přes normami stanovené větrání v blízkosti některých vybavení cítit chemický zápach. Tento stav je těžké eliminovat. Potřebné opravy těsnosti nádob a těsnění poklopů není vždy možné efektivně zajistit. Pracovníkům což bylo potvrzeno i z dotazníkového průzkumu není blízkost tohoto místa příjemná. Pro potřeby kalkulace je do rozmístřovacího modelu zavedena souřadnice pojmenovaná **Nejvzdálenější místo od administrativní části**, zvětšováním váhy této souřadnice vyjádříme preferenci tohoto kritéria oproti ostatním.



Obrázek 11: Sběrné místo nebezpečného odpadu, Foto: vlastní zpracování

³⁰Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. Ze dne 1. 1. 2008, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci.

8.1.4 Kritérium IV. Hlukové zatížení

Údržba letadel je obecně hlukově velmi zatížené prostředí. Pouze některé ze zdrojů zvuku lze potlačit, jako příklad lze uvést nasazování tlumiče hluku na výstup chladícího vzduchu z avionického úseku. Některé další zdroje hluku, jako například vznětovým motorem vybavená technika vytváří v akusticky nevhodném interiéru hangáru S nepříjemný hluk, obzvláště kusy staršího data výroby je žádoucí umístit co nejdále od techniků. Nejčastěji jde o mobilní přístupové plošiny či vysokozdvizné vozíky. Hluk od této startovací techniky a jízdy z místa parkování lze minimalizovat vhodným umístěním co nejdále od administrativní části. To lze promítnout do modelu rozmístění tak, že u vybavení zvyšujeme váhu souřadnice „**Nejvzdálenější místo od administrativní části**“.

8.2 Určení priority pro pořadí rozmístování

Předešlá kritéria řešila ideální umístění. Druhá stanovená sada kritérií (V-VII.) je užitá při rozhodování o tom, v jakém pořadí je vybavení vhodné rozmístit na své ideální místo. To pro případ, aby méně žádané vybavení nezabralo prostor pro důležité předměty. Podle stanovených kritérií tak lze získat pořadí vybavení, seřazené podle užitku, který umístěním přinesou. Vzájemně těžko porovnatelná kritéria jsou řešena s pomocí více kriteriálního rozhodováním. Vlastnosti ideálního vybavení pro přednostní umístění jsou maximalizační kritéria: nejčastěji používané, nejobtížnější na přesun a nejmenší. Při nalezení pořadí je bráno v potaz:

8.2.1 Kritérium V. Četnost použití

Nejvíce očividné kritérium k určení priority rozmístění. Pro hodnocení tohoto kritéria je nutné zjištění reálné četnosti použití, k tomu lze použít například dotazník. U častěji používaných vybavení je užitečnější umístit je blíže ideálnímu umístění, minimalizujeme tím souhrnný čas přesunů. Naopak u nepoužívaného vybavení nebude vadit, pokud se nachází na vzdálenějších místech.

8.2.2 Kritérium VI. Obtížnost přesunu

Podobně jak v předchozím případě, obtížně přenositelné vybavení bude výhodnější umístit přednostně na své ideální místo. Tak aby zabralo nejvýhodnější pozice oproti

vybavení, kterým není těžké manipulovat. Příklad obtížně manipulovaného vybavení jsou těžké hevery na zvedání podvozků pro výměnu kol.

8.2.3 Kritérium VII. Prostor potřebný k umístění

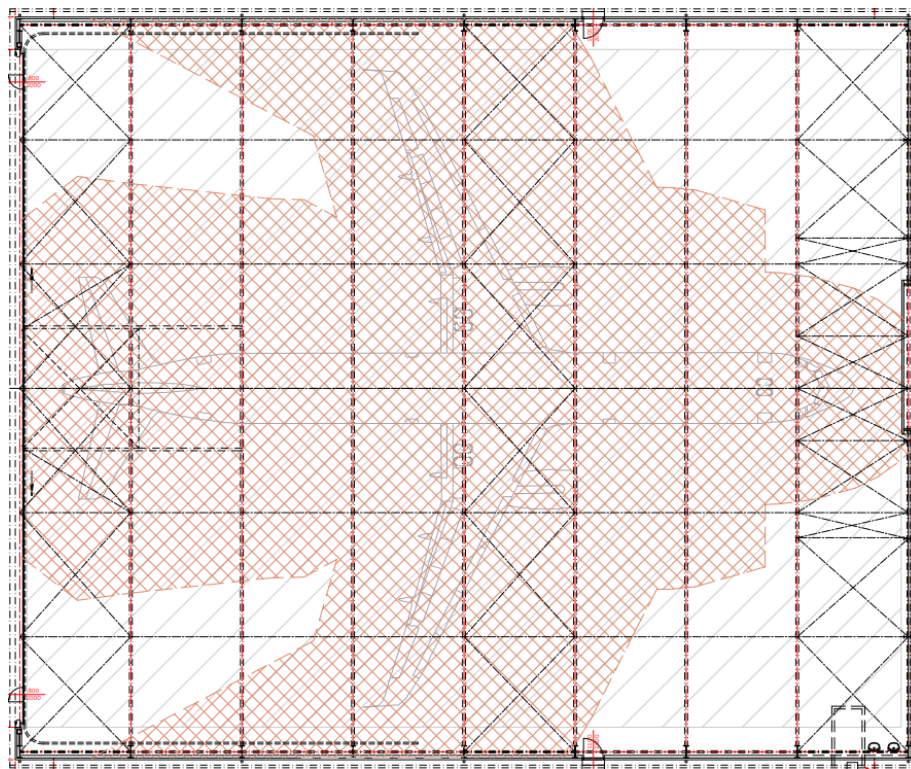
Toto kritérium reprezentuje rozměr vybavení, a tím prostor potřebný k umístění. Na základě předchozích kritérií je možné si odvodit, že vybavení, které zaujme více prostoru, více ovlivnění umístění u dalších vybavení. Prostorově velké vybavení je tak dobré umísťovat později.

8.3 Finální rozmístění

Z předcházejících částí známe ideální umístění objektů a pořadí, kterým budeme přistupovat k jejich rozmísťování. Pro tvorbu finálního layoutu je však nutné vzít v úvahu další kritéria, která mají vliv na výsledné umístění vybavení v prostoru.

8.3.1 Kritérium VIII. Prostorové omezení

Vybavení nelze umístit kdekoliv, je důležité brát ohled na několik omezení. Přítomnost letadla nedovolí rozmístění vybavení na celé ploše hangáru, doporučené ochranné pásmo jsou 4,5 metrů od obrysu letadla. Pro maximalizaci manipulačního prostoru je vhodné vybavení umístit co nejvíce podél stěn hangáru. Je nutno ponechat prostor pro vjezd soupravy tahače s letadlem a prostor pro výjezd tahače po skončení přetahu. Je nutné nechat volné přístupy k hasicím přístrojům a nouzovým východům. Přístup je nutné také ponechat k technologickému zařízení hangáru.



Obrázek 12: Ochrané pásmo 4,5 metru od obrysu letadla, Zdroj: CSAT

8.3.2 Kritérium IX. Aspirace k vizuálnímu sjednocení

Kritérium vycházející z principů 5S, pro vizuální sjednocení je několik důvodů. Při rozmístění vybavení je snaha přiřazovat vybavení stejného typu a vzhledu k sobě. Prostor působí harmonicky, uklizeně a je snadnější zapamatovat si layout umístění.

9 Metoda nalezení ideálního umístění

Pro nalezení ideálního umístění vybavení jsou aplikována stanovená kritéria. Použita je v teoretické části popsána **metoda souřadnic**. Při intuitivním hledání místa uložení člověk uloží předmět mezi místa, ke kterým má vazbu nebo tam kde je potřebný. Metoda souřadnic pracuje podobně, její výhoda zde spočívá, v zmapovaném rozhodování a zaznamenaných datech. V případě potřeby lze nalézt, z jakého důvodu je vybavení na zvoleném místě. Tedy k jakým místům na letadle a hangáru má vybavení vazbu, případně jak silná tato vazba je. Jako vstupní údaje jsou zvoleny souřadnicemi definované body v hangáru. Jsou to místa, na kterých se vybavení používá případně místa, které mají na umístění vybavení vliv. Jako příklad lze uvést místa: přídový podvozek, podvozková šachta, administrativní zázemí stojánky, atd.

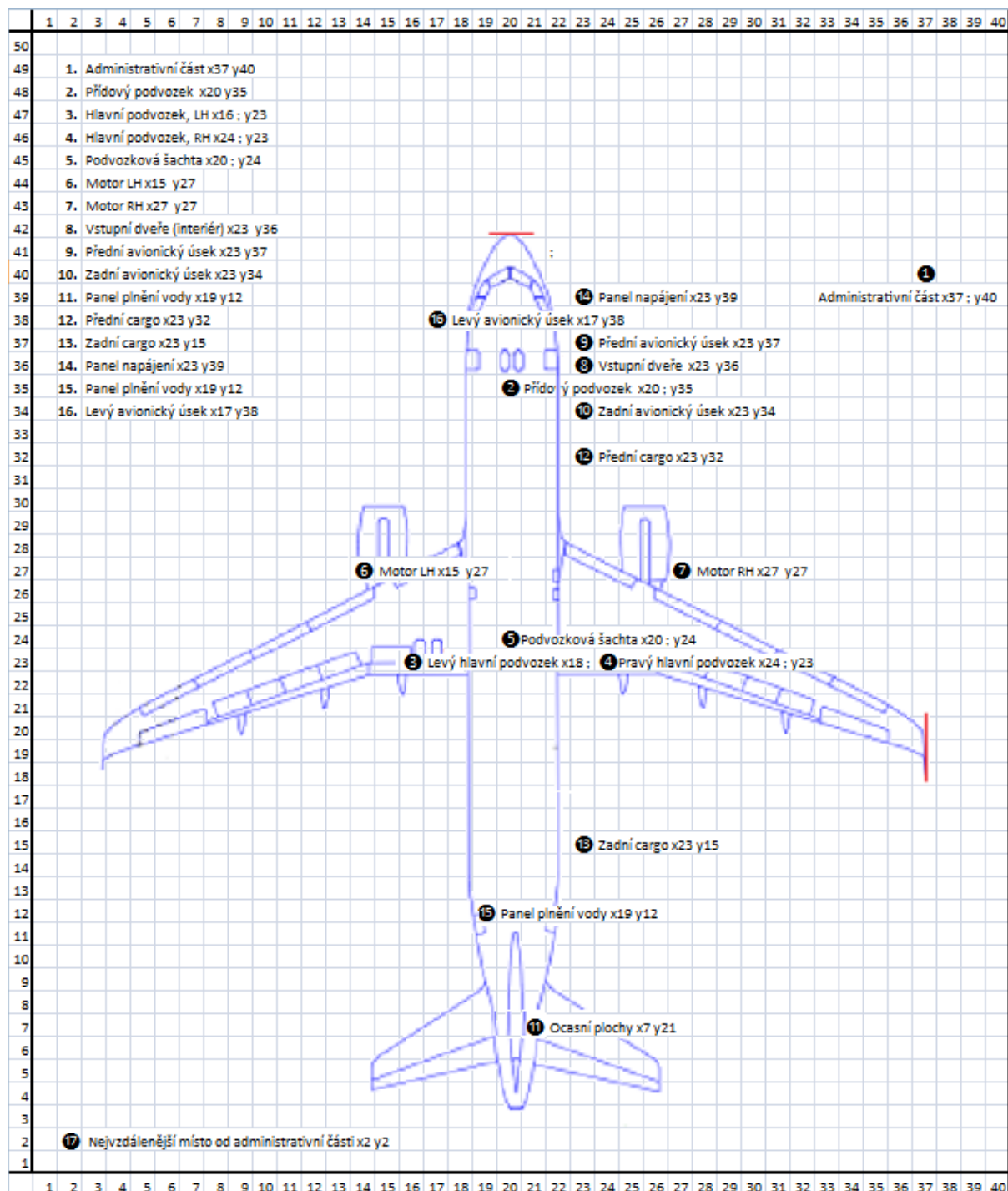
9.1 Výchozí souřadnice hangáru

V hangáru S je identifikováno 16 míst která mají vliv na uvažovaná vybavení. Místa jsou pojmenována a je jim přidělena souřadnice odpovídající umístění letadla v souřadnicovém poli pro tuto úlohu vytvořeném uvnitř hangáru. Poměr stran i délka souřadnicové osy odpovídá metrovým rozměrům hangáru S, $X < 0,40 >$ a $Y < 0,50 >$.

Tabulka 3: Souřadnice vstupních bodů

Přídový podvozek x20; y35	Zadní avionický úsek x23; y34
Hlavní podvozek, LH x16 ; y23	Panel plnění vody x19; y12
Hlavní podvozek, RH x24 ; y23	Přední cargo x23 ;y32
Podvozková šachta x20 ; y24	Zadní cargo x23; y15
Motor LH x15; y27	Panel napájení x2;3 y39
Motor RH x27; y27	Panel plnění vody x19; y12
Vstupní dveře (interiér) x23; y36	Levý avionický úsek x17 ;y38
Přední avionický úsek x23; y37	Zadní avionický úsek x2;3 y34

Zdroj: vlastní zpracování



Obrázek 13: Vstupní body metody souřadnic, Zdroj: vlastní zpracování

9.2 Vzor výpočtu metody souřadnic

Hledaná výstupní souřadnice se nachází uvnitř výše zobrazených bodů. Klíčová část metody spočívá v ohodnocení vah q , vyjadřující důležitost těchto bodů. Jedná se o nejslabší část metody, například, ohodnocení důležitosti času stráveného přesunem proti vzdálenosti od používané chemie nelze kvantitativně podložit čísly, ohodnocení

je subjektivní a jejich rozdělení záleží na individuálním pohledu. Váhy přiřazené k bodům musejí vycházet z preferencí k uvažovaným kritériím. Pro zjednodušení stanovujeme preference kritérií a jejich váhy tak aby součet „q“ byl vždy roven jedné, tím ze vztahu(9.1) odstraníme vliv čitatele. Do vztahu metody souřadnic jsou vstupní body, jejich souřadnice a váhy zadávány samostatně pro každý jednotlivý kus vybavení, pro které hledáme ideální místo.

$$X = \frac{(\sum x_i * q_i)}{(\sum q_i)} , Y = \frac{(\sum y_i * q_i)}{(\sum q_i)} \quad (9.1)$$

X,Y ...hledané ideální souřadnice umístění pro dané konkrétní vybavení

x_i, y_i ...souřadnice míst mající vliv na umístění

i ... pořadové číslo míst mající vliv na umístění

q_i ... váhy míst mající vliv na umístění

Pomocí vztahu je nalezena souřadnice ideálního umístění, jedná se o průměr vstupních bodů, neboli míst, mající na umístění vliv. Q ve vztahu představuje váhu přiřazenou jednotlivým vstupním bodům. Váha je zvolená s ohledem na poměr preferencí ke stanoveným kritériím, které byly řešeny v minulé kapitole. Příkladem může být kritérium, četnost použití. Větší váhu mají souřadnice, na kterých se vybavení používá častěji. Místa, na kterých se vybavení používají častěji tak mají větší vliv na finální umístění.

Pro názornost je dobré ukázat postup na příkladu jednoho z vybavení, jako vhodná ukázka se nabízí vybavení **plnička motorového oleje** pro kterou je žádoucí umístění blízko místům použití a zároveň co nejdále od administrativní části z důvodu přítomnosti chemických výparů. Příklad výpočtu:

Stanovíme kritéria a poměr jejich preferencí (součet roven jedné).

- Kritérium minimalizace přesunu vybavení (0,8);
- Kritérium maximalizace vzdálenosti od chemických látek (0.2).

Uvažovaná metoda avšak vyžaduje vstupy v podobě souřadnic. Proto tedy musíme každé z kritérií zastoupit odpovídajícím jedním nebo více souřadnicemi v hangáru, které kritérium vystihují. Vstup do metody souřadnic za kritérium minimalizace přesunu vybavení (0,8) jsou souřadnice, na kterých se vybavení používá. Poměr vah u těchto

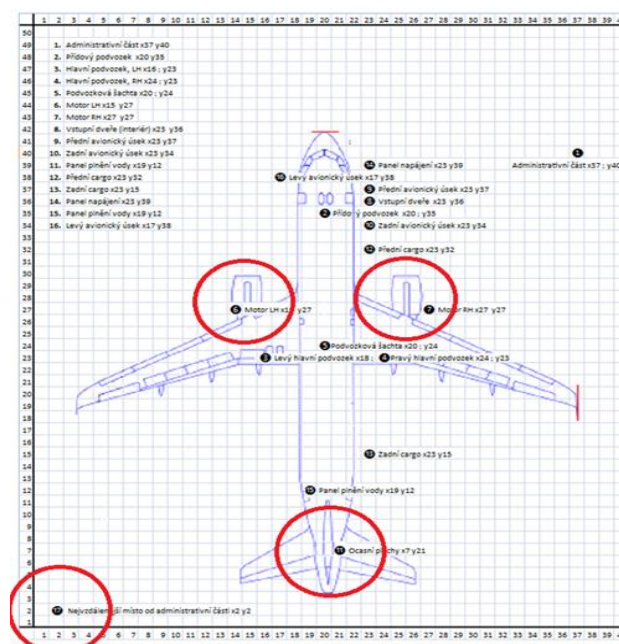
u těchto souřadnic je zvolen v poměru četnosti použitých vybavení na souřadnicích.

Souřadnice míst použití:

- Motor LH, souřadnice x15:y27 s váhou 0,3;
- Motor RH, souřadnice x27:y27 s váhou 0,3;
- APU, souřadnice x7:y21 s váhou 0,2.

Za kritérium vzdálenost od chemických látek (0,2) je vybrána jedna souřadnice:

- Nejvzdálenější místo od administrativní části, souřadnice x02:y02, s váhou 0,2.



Obrázek 14: Červeně zvýrazněné vstupní body metody souřadnic pro plničku oleje

Vstupy dosadíme do již známého vztahu:

$$X = \frac{(\sum x_i * q_i)}{(\sum q_i)} , Y = \frac{(\sum y_i * q_i)}{(\sum q_i)} \quad (9.2)$$

Výpočet:

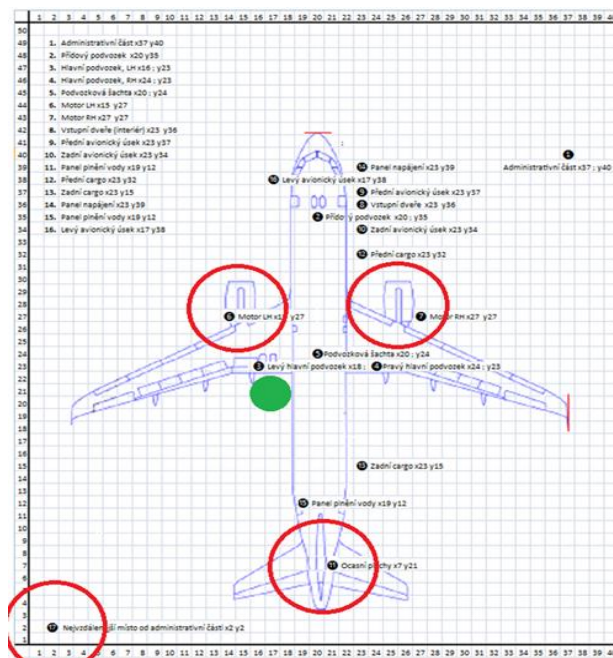
$$X = (15*0,3 + 27*0,3 + 7*0,2 + 2*0,2) / (0,3+0,3+0,2+0,2) = 14,4 \quad (9.3)$$

$$Y = (27*0,3 + 27*0,3 + 2*0,2 + 21*0,2) / (0,3+0,3+0,2+0,2) = 20,8 \quad (9.4)$$

Výsledné souřadnice ideálního umístění pro plničku oleje jsou souřadnice:

$$x = 14,4 , y = 20,8 \quad (9.5)$$

Jedná se tedy o výsledek určující ideální umístění, finální umístění vybavení je závislé na dalších popsanych kritériích. Na obrázku (15) je názorně vidět posunutí těžiště k motorům díky jejich větší váze oproti ostatním místům.



Obrázek 15: Zeleně zvýrazněné označení ideálního umístění plničky oleje Zdroj: vlastní zpracování

9.3 Aplikování metody souřadnic

Pro výpočet ideálního umístění použijeme **Metodu souřadnic**, je vypočtena pro všechna jednotlivá vybavení s pomocí výše vysvětlených vzorců na pozadí excel tabulky (4) přiložené jako příloha této práce. V prvním sloupci se nachází pořadové číslo. Ve druhém název vybavení. Ve třetím sloupci jsou místa mající vliv na umístění, čtvrtý sloupec zobrazuje souřadnice. Do pátého sloupce je nutno zadat hodnoty vah a určit tak důležitost souřadnic. V posledním šestém sloupci jsou ideální souřadnice pro umístění vybavení dosažené metodou souřadnic.

Tabulka 4: 1.část výsledků metody souřadnic

Pořadové číslo	Název	Místo mající vliv na umístění	Souřadnice místa		Váha vyjadřující preference	Hledané souřadnice ideálního umístění	
			x	y	q	x	y
1	Pojízdná plnicí stanice na dusík	Přídový podvozek	20	35	0,2	20	25,8
		Hlavní podvozek LH,RH	20	23	0,4		
		Hydraulický úsek	20	24	0,4		
2	Vozík na dusíkovou lahev 2ks	Přídový podvozek	20	35	0,2	20	25,8
		Hlavní podvozek LH,RH	20	23	0,4		
		Hydraulický úsek	20	24	0,4		
3	Odpadní koše	Administrativní část	37	40	0,9	35,6	38,4
		Cargo LH s RH	23	24	0,1		
4	Zběrné místo nebezpečných látek	Podvozková šachta	21	24	0,1	8,1	9,8
		Motory	20	27	0,2		
		Nejvzdálenější místo od administrativní části	2	2	0,7		
5	Ruční hydraulický agregát na Revers HA130/4	Motory	20	27	0,5	12	15,5
		Nejvzdálenější místo od administrativní části	2	2	0,5		
6	Banka na IDG	Motory	20	27	0,5	22	29
		Nejvzdálenější místo od administrativní části	2	2	0,5		
7	plnička motorového oleje (2ks)	Motory	20	27	0,5	12	15,5
		Nejvzdálenější místo od administrativní části	2	2	0,5		
8	Ruční hydraulický agregát RHA 22	Hydraulický úsek	21	24	0,5	11,5	13
		Nejvzdálenější místo od administrativní části	2	2	0,5		
9	Plošina GENIE, typ Z 45/25	Ocasní plochy	7	21	0,8	13	24,8
		Administrativní část	37	40	0,2		
10	Nůžková plošina ALBRET	Ocasní plochy	7	21	0,6	19	28,6
		Administrativní část	37	40	0,4		
11	Pojízdná nádrž na tekutinu	Panel plnění vody	19	12	1	19	12
12	Stojan na lopatky fanu A320 (CFM56-5B)	Motory	20	27	0,8	23,4	29,6
		Administrativní část	37	40	0,2		
13	Hevery pro výměnu kol hl.	Hlavní podvozek	20	23	1	20	23
14	Hever MALABAR 10t, Hever	Přídový podvozek	20	35	1	20	35

Zdroj: vlastní zpracování

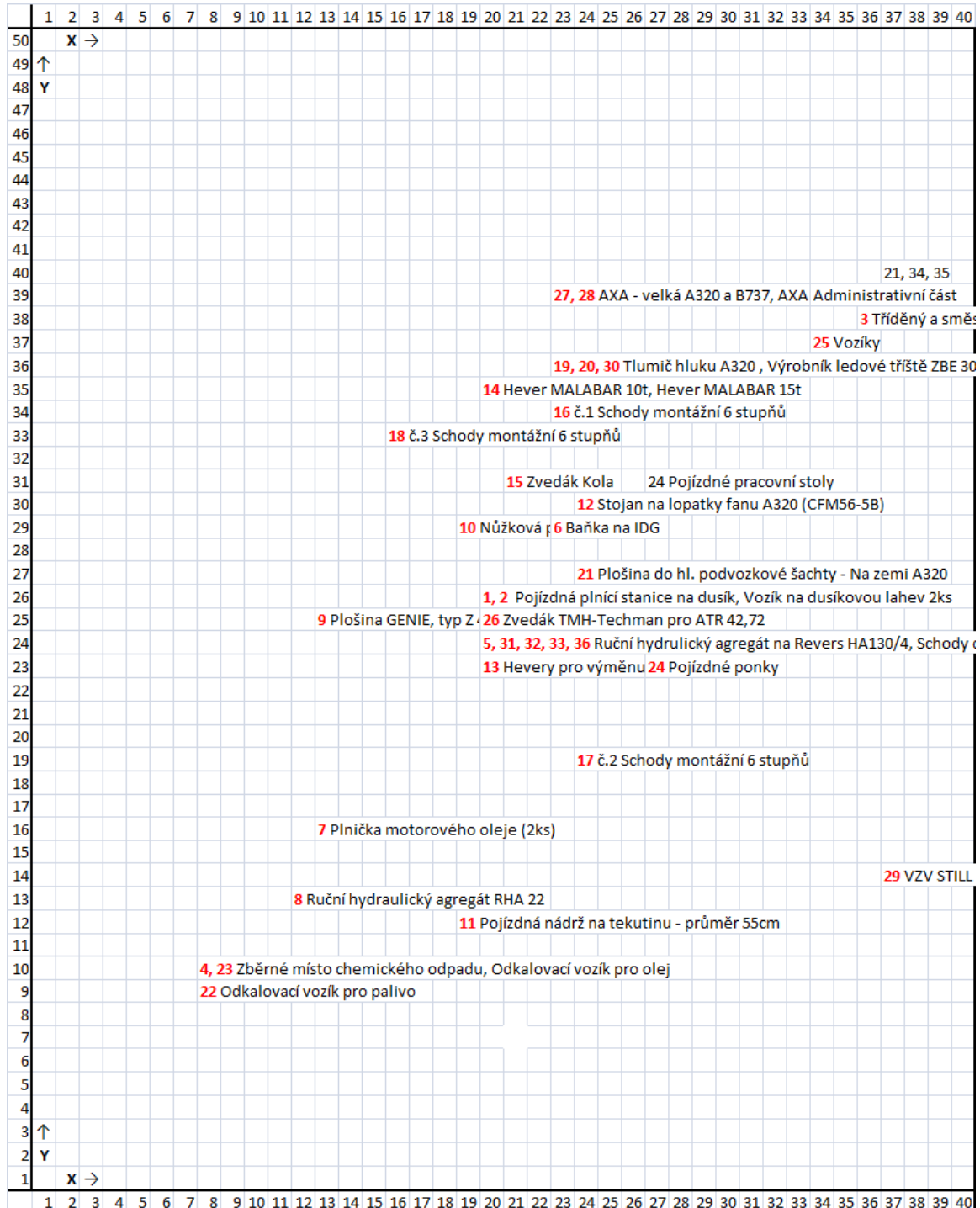
Tabulka 5: 2.část výsledků metody souřadnic

15	Zvedák Kola	Hlavní podvozek LH,RH	20	23	1	20	23
16	č.1. Schody montážní 6 stupňů	Přední cargo	23	32	0,2	23,4	34,3
		Pravý motor	27	27	0,1		
		Pravé elektronické úseky	23	36	0,7		
17	č.2 Schody montážní 6 stupňů	Zadní cargo	23	15	0,7	24,2	18,6
		Pravý motor	27	27	0,3		
18	č.3 Schody montážní 6 stupňů	Levý avionický úsek	17	38	0,5	16	32,5
		Levý motor	15	27	0,5		
19	Výrobník ledové tříště ZBE	Interiér	23	36	1	23	36
20	Tlumič hluku A320	Elektronický úsek	23	36	1	23	36
21	Regál na karty	Administrativní část	37	40	1	37	40
22	Odkalovací vozík pro palivo	Hydraulický úsek	20	24	0,3	7,4	8,6
		Nejvzdálenější místo od administrativní části	2	2	0,7		
23	Odkalovací vozík pro olej	Motory	20	27	0,3	8	10,1
		Nejvzdálenější místo od administrativní části	2	2	0,7		
24	Pojízdné pracovní stoly	Administrativní část	37	40	0,4	26,8	31,3
		Hydraulický úsek	20	24	0,3		
		Motory	20	27	0,3		
25	Příruční vozíky	Administrativní část	37	40	0,8	33,6	37,4
		Motory	20	27	0,2		
26	Zvedák TMH-Techman pro ATR 42,72	Přídový podvozek	20	35	0,2	20	25,4
		Hlavní podvozek LH,RH	20	23	0,8		
27	AXA - velká A320 a B737	Panel napájení	23	39	1	23	39
28	AXA - střední	Panel napájení	23	39	1	23	39
29	VZV s dobíjecí stanicí	Administrativní část	37	40	1	37	40
30	Vstupní schody	Interiér	23	36	1	23	36
31	Schody dural 6	Hydraulický úsek	20	24	1	20	24
32	Schody dural 4	Hydraulický úsek	20	24	1	20	24
33	Plošina do hl. podvozkové	Hydraulický úsek	20	24	1	20	24
34	Provozoschopné díly	Administrativní část	37	40	1	37	40
35	Neprovozoschopné díly	Administrativní část	37	40	1	37	40
36	Havarijní sada	Hydraulický úsek	20	24	1	20	24
37	Schody s plošinou do carga A320	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
38	Skříně jednotlivých čet	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
39	Podpěra ATR malá	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
40	Podpěra ATR velká	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Zdroj: vlastní zpracování

9.4 Grafický výsledek ideálního umístění

Výsledek metody souřadnic, jedná se o ideální umístění pro všechna jednotlivá vybavení.



Obrázek 16: Ideální umístění pro jednotlivá vybavení, Zdroj: vlastní zpracování

10 Metoda nalezení priority k rozmístění

Ve předešlé metodě bylo hledáno ideální umístění vybavení. Před finálním nalezením optimální lokace je potřeba určit, pro jaké vybavení se bude hledat umístění přednostně. Změna oproti předcházející metodě spočívá v konkurenci vybavení mezi sebou a tím pádem boji o často shodné ideální umístění, vícero výsledků ideálního umístění je často takřka na stejném místě. Je důležité, aby šanci na ideální umístění dostalo nejvíce užitečné vybavení. K úloze je z důvodu zpětné vazby přistoupeno aplikací v teoretické části popsané metody vícekritériálního rozhodování.

10.1 Porovnání kritérií s pomocí bodovací metody

Nejprve je třeba porovnat důležitost kritérií. Bodovací metoda byla zvolena z důvodu její jednoduchosti a názornosti. Kritéria V. a VII. (prostor potřebný k umístění odložení a četnost použití) jsou si rovná. Platí tedy, že není podstatné, zdali je jedno vybavení dvojnásobně rozměrnější, pokud je zároveň dvakrát častěji využíváno. Uvedená kritéria jsou slabě preferována oproti poslednímu z Kritérií obtížnost přesunu. Bodovou hodnotící škálu kritériím nastavíme na $\langle 0,100 \rangle$ bodů. Vektor vah normujeme dle vztahu (10.1) ³¹

$$v_i = \frac{G_i}{\sum_{i=1}^n G_i} \quad (10.1)$$

Tabulka 6: Aplikovaná bodovací metoda

Kritérium	Počet bodů	Váha
Četnost použití	80	0,4
Obtížnost přesunu	60	0,3
Prostor potřebný k umístění	80	0,4
Celkem	220	1

Zdroj: vlastní zpracování

³¹BROŽOVÁ, CSC., Doc. RNDr. Helena, Doc. Ing. Milan HOUŠKA, CSC. a Doc. Ing. Tomáš ŠUBRT, PH.D. Modely pro vícekritériální rozhodování. první vydání, 2. dotisk. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta, 2003, 178 s. ISBN 978-80-213-1019-3.

10.2 Výpočet WSA vícekriteriální analýzy variant k určení priority rozmístění vybavení

Varianty pro vícekriteriálního rozhodování zde představují jednotlivá vybavení. Na základě předchozí analýzy kritérií je vytvořena vstupní tabulka vícekriteriálního rozhodování řešeného pomocí metody WSA. V levém sloupci jsou vypsány varianty, v našem případě je to množina vybavení. V horním řádku jsou vypsána kritéria. Hodnoty pro sloupec četnost použití vybavení jsou získány z dotazníkového průzkumu. Prostor potřebný pro umístění v metrech je zjištěn měřením. Koeficient obtížnosti přesunu je odhadnut mnou jako odborným hodnotitelem.

Tabulka 7: Vstupní tabulka metody WSA

Vstupní tabulka - metody váženého součtu				
Pořadové číslo	Název	Četnost použití (%)	Obtížnost přesunu	Prostor potřebný k umístění (m)
1	Pojízdná plnicí stanice na dusík	49,00	3,00	1,50
2	Vozík na dusíkovou lahev 2ks	65,00	1,00	1,00
3	Tříděný a směsný odpad	88,00	1,00	2,00
4	Zběrné místo nebezpečných látek	87,00	1,00	2,00
5	Ruční hydraulický agregát na Revers HA130/4	32,00	1,00	0,50
6	Banka na IDG	52,00	1,00	0,50
7	Plnička motorového oleje (2ks)	40,00	1,00	0,50
8	Ruční hydraulický agregát RHA 22	34,00	1,00	0,50
9	Plošina GENIE, typ Z 45/25	42,00	1,00	8,00
10	Nůžková plošina ALBRET, typ PA60HT	72,00	1,00	6,00
11	Pojízdná nádrž na tekutinu	44,00	2,00	1,00
12	Stojan na lopatky fanu A320 (CFM56-5B)	25,00	2,00	2,00
13	Hevery pro výměnu kol hl. podvozku B737/A320 (4ks)	37,00	3,00	1,00
14	Hever MALABAR 10t, Hever MALABAR 15t	40,00	3,00	1,00
15	Zvedák Kola	29,00	1,00	1,00
16	č.1. Schody montážní 6 stupňů	80,00	1,00	1,00
17	č.2 Schody montážní 6 stupňů	40,00	1,00	1,00
18	č.3 Schody montážní 6 stupňů	20,00	1,00	1,00
19	Výrobek ledové tříště ZBE 30-10	47,00	1,00	1,00
20	Tlumič hluku A320	49,00	2,00	1,00
21	Plošina do hl. podvozkové šachty - Na zemi A320	10,00	2,00	2,00
22	Odkalovací vozík pro palivo	61,00	1,00	2,00
23	Odkalovací vozík pro olej	65,00	1,00	1,00
24	Pojízdné ponky	73,00	1,00	1,00
25	Vozíky	96,00	1,00	0,50
26	Zvedák TMH-Techman pro ATR 42,72	50,00	3,00	0,50
27	AXA - velká A320 a B737	81,00	3,00	2,00
28	AXA - střední	78,00	3,00	2,00
29	VZV STILL RX50-15 + dobijecí stanice	61,00	1,00	3,00
30	Vstupní schody	100,00	2,00	4,00
31	Schody dural 6	25,00	1,00	1,00
32	Schody dural 4	5,00	1,00	1,00
33	Plošina do hl. podvozkové šachty - Na zemi A320	37,00	3,00	3,00
34	Schody s plošinou do carga A320 na zemi	42,00	2,00	3,00
35	Podpěra ATR malá	2,00	3,00	3,00
36	Podpěra ATR velká	2,00	3,00	3,00
	Povaha	max	min	min
	Váhy	0,4	0,3	0,4

10.2.1 Výsledná tabulka WSA

Výsledkem výstupní tabulky WSA je pořadí vybavení podle které bude k rozmístění vybavení přístupováno. Výpočet je přiložen jako příloha.

Tabulka 8: Výstupní tabulka metody WSA

Výstupní tabulka metody váženého součtu						
Pořadové číslo	Název	Četnost použití	Obtížnost přesunu	Prostor potřebný k umístění	Užitek	Pořadí
3	Tříděný a směsný odpad	1,00	1,00	0,80	1,02	1
16	č1. Schody montážní 6 stupňů	0,37	1,00	0,93	0,82	2
25	Vozíky	0,14	1,00	1,00	0,76	3
17	č.2 Schody montážní 6 stupňů	0,14	1,00	0,93	0,73	4
6	Banka na IDG	0,07	1,00	1,00	0,73	5
19	Výrobník ledové tříště ZBE 30-10	0,13	1,00	0,93	0,73	6
7	plnička motorového oleje (2ks)	0,06	1,00	1,00	0,72	7
5	Ruční hydraulický agregát na Revers HA130/4	0,04	1,00	1,00	0,72	8
8	Ruční hydraulický agregát RHA 22	0,03	1,00	1,00	0,71	9
2	Vozík na dusíkovou lahev 2ks	0,08	1,00	0,93	0,70	10
18	č.3 Schody montážní 6 stupňů	0,07	1,00	0,93	0,70	11
24	Pojízdné ponky	0,07	1,00	0,93	0,70	12
23	Odkalovací vozík pro olej	0,04	1,00	0,93	0,69	13
4	Zběrné místo nebezpečných látek	0,17	1,00	0,80	0,69	14
31	Schody dural 6	0,03	1,00	0,93	0,69	15
15	Zvedák Kola	0,01	1,00	0,93	0,68	16
32	Schody dural 4	0,00	1,00	0,93	0,68	17
22	Odkalovací vozík pro palivo	0,09	1,00	0,80	0,66	18
29	VZV STILL RX50-15 + dobíjecí stanice	0,09	1,00	0,67	0,60	19
20	Tlumič hluku A320	0,13	0,50	0,93	0,58	20
11	Pojízdná nádrž na tekutinu	0,03	0,50	0,93	0,54	21
21	Plošina do hl. podvozkové šachty - Na zemi A320	0,01	0,50	0,80	0,47	22
12	Stojan na lopatky fanu A320 (CFM 56-5B)	0,00	0,50	0,80	0,47	23
10	Nůžková plošina ALBRET, typ PA60HT	0,15	1,00	0,27	0,47	24
26	Zvedák TMH-Techman pro ATR 42,72	0,09	0,00	1,00	0,43	25
30	Vstupní schody	0,14	0,50	0,53	0,42	26
34	Schody s plošinou do carga A320 na zemi	0,00	0,50	0,67	0,42	27
13	Hevery pro výměnu kol hl. podvozku B737/A320 (4ks)	0,05	0,00	0,93	0,39	28
1	Pojízdná plnicí stanice na dusík	0,11	0,00	0,87	0,39	29
14	Hever MALABAR 10t, Hever MALABAR 15t	0,03	0,00	0,93	0,39	30
27	AXA - velká A320 a B737	0,07	0,00	0,80	0,35	31
28	AXA - střední	0,07	0,00	0,80	0,35	32
9	Plošina GENIE, typ Z 45/25	0,01	1,00	0,00	0,31	33
33	Plošina do hl. podvozkové šachty - Na zemi A320	0,01	0,00	0,67	0,27	34
35	Podpěra ATR malá	0,00	0,00	0,67	0,27	35
36	Podpěra ATR velká	0,00	0,00	0,67	0,27	36
	Povaha	max	max	max		
	Váhy	0,4	0,3	0,4		

11 Alternativní metody nalezení ideálního umístění

Předchozí na praktickém příkladu znázorněný postup pro nalezení ideálního umístění počítá s jedním hledaným těžištěm pro každé z individuálních vybavení. Pro rozšíření použitelnosti metody jsou navrženy další možná řešení, která však nejsou v práci prakticky aplikována.

11.1.1 Metoda souřadnic modifikovaná k nalezení více těžišť

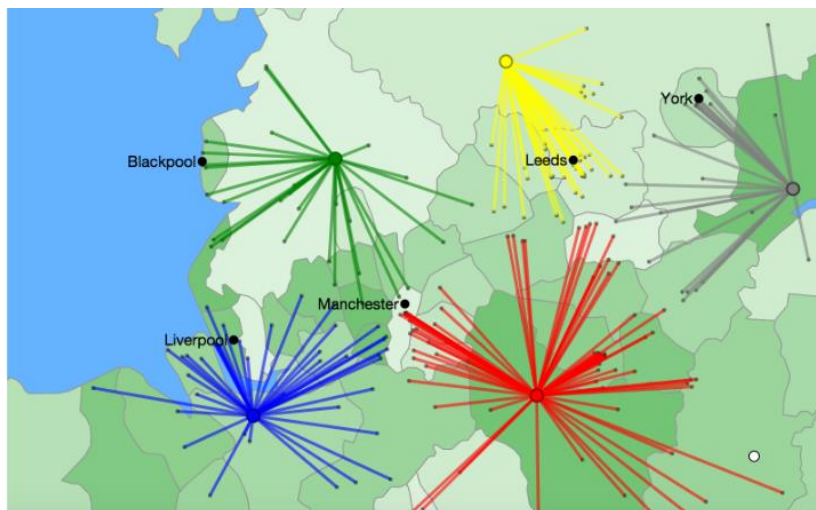
V hangáru s více stojánkami, případně i v prostoru jediného letadla, na kterém se nalézá velké množství identických přípravků (stejně či podobné přístupové schody atd.) je vhodné identické vybavení v metodě souřadnic rozdělit na jednotlivé kusy a přidělit jednotlivě rozdílná místa použití. Na malém prostoru v okolí jediného letadla lze však také přístupové schody daleko efektivněji rozmístit i s pomocí odborné znalosti servisních úkonů a zažité praxe. Další možná metoda rozmístění je s pomocí spaghetti diagramu

11.1.2 Weberovo rozšíření metody souřadnic

Další, přesnější, ale o to obtížněji uchopitelná možnost jak metodu souřadnic rozšířit o více těžišť je použít metodu těžiště s Weberovým rozšířením, takzvaný „multifacility Weber problém“³². Jedná se o matematicky složité výpočty, pro které je nutné využít vyvinutých algoritmů. Velmi zajímavě, včetně interaktivní ukázky tento výpočet zpracoval team firmy Gurobi optimization.³³

³²ČERNÝ, Ondřej. *Energie budoucnosti: výzvy spojené s výrobou elektrické energie z obnovitelných zdrojů*. Brno, 2016. Bakalářská práce. FSS MU.

³³ Facility Location. *Gurobi Optimization* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <http://examples.gurobi.com/facility-location/>



Obrázek 17: Optimalizace rozmístění více těžišť. (34)

Pomocí této metody, lze nalézt více těžišť pro obsluhu řešených prostor. Počet hledaných těžišť je zvolen dle počtu identického vybavení, pro které je třeba nalézt umístění.

11.1.3 Postup u hangárů s více stojánkami

Optimalizace rozsáhlého hangárů s více servisními stojánkami, má oproti řešenému praktickému příkladu úloze jednoho stání line maintenance svá specifika. Základní sadu často potřebného GSE lze rozmístit stejně jako v předešlém případě metodou souřadnic. Ostatní pro heavy maintenance často specifické vybavení je vhodné umístit na odstavné plochy mimo stojánky. Na omezeném místě stojánek by zabíralo příliš mnoho prostoru a docházelo by k zneprůhlednění manipulačního prostor mezi letouny. Na odstavné plochy je vhodné umístit:

- Vybavením, které je prostorově objemné
- Vybavení zřídka používané
- vybavení nutné sdílet s více stojánky

Takto separované GSE je možné přehledně rozmístit a ideálně třídit podle letadlových systémů tak jak jsou rozříděny skupiny techniků specializující se na letadlové systémy, jako je drak, motory, podvozky a interiér.

³⁴ Facility Location. *Gurobi Optimization* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <http://examples.gurobi.com/facility-location/>



Obrázek 18: Ukázka odstavné plochy pro GSE, Zdroj: vlastní zpracování

11.2 Radiolokační vyhledávání

Experimentálně je možné zvážit radiolokační vyhledávání. To je vhodné použít ve velkých prostorech, kde nejsou odstavné plochy GSE na kterých lze jednoduše definovat místo parkování. Speciální vybavení je tak roztroušeno po hangáru a často po použití odstaveno na nejbližší odstavnou plochu. Dále také provozy, ve kterých se často střídají různé typy letadel a potřebné vybavení se tak častěji nachází mimo dosah. Případně údržba s více hangáry, mezi kterými je vybavení přesouváno. To jsou případy, ve kterých by mohlo být přínosem použít radiolokační vyhledávání.

11.3 Bluetoothlowenergy (BLE)

Jako nejvhodněji použitelný systém se nabízí využití komunikace přijímačů a vysílačů s technologií Bluetooth low energy (BLE), tato bluetooth specifikace pracuje v pásmu 2.4 GHz, vyznačuje se nízkou spotřebou a specializací na navigačně lokalizační elektroniku.³⁵

Tento systém například začal ve svých restauracích implementovat řetězec Mcdonalds, kdy se začínají objevovat radiolokace sloužící k vyhledání zákazníků čekající u stolu na svoji objednávku.³⁶

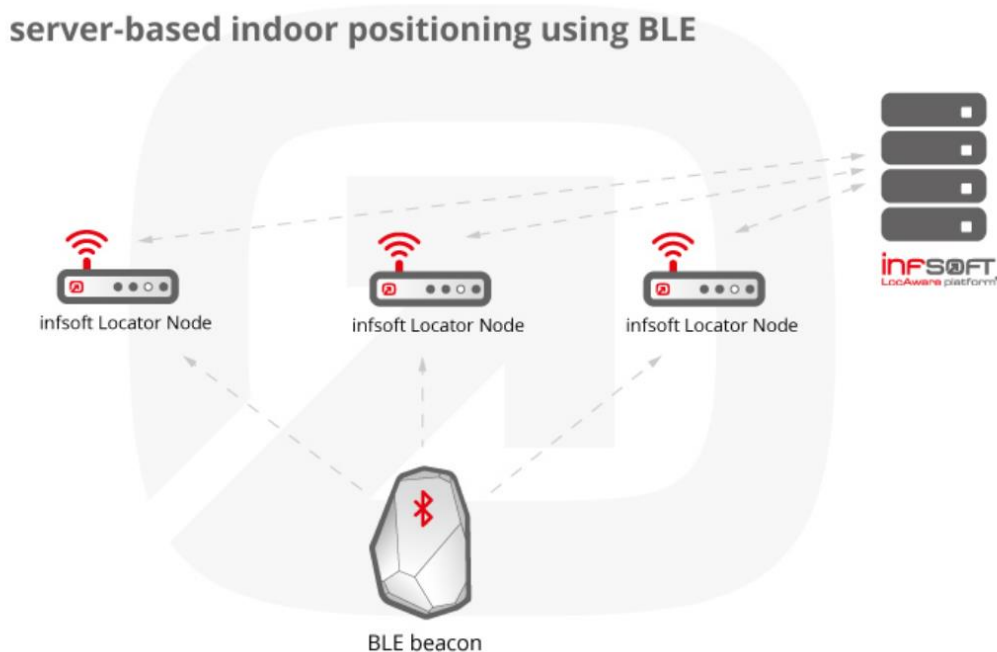
³⁵ *Bluetooth®* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.bluetooth.com/bluetooth-technology/radio-versions>

³⁶ TILLEY, Aaron. *Apple iBeacons Find Their Way Into McDonald's* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.forbes.com/sites/aarontilley/2014/12/18/mcdonalds-ibeacon/#5fd987d71463>

11.4 Lokalizace vysílačů BLE

Princip technologie je založen na malých bluetooth vysílačích (BLE Beacon) připevněných na sledovaném vybavení. Vysílače jsou levné a mohou mít rozličnou podobu od malé krabičky po přívěsky ke klíčům. Vysílač se v nastaveném intervalu (pro lokalizaci objektů postačí opakování v intervalu desítek vteřin) aktivuje pro vyslání signálu. Napájení baterií u robustnějších provedení vydrží podle zdrojů až po několik let a to díky nízké spotřebě BLE.³⁷

Vyslaný signál je zachycen přijímači rozmístěnými po budově. Přijímače přes Wi-Fi nebo síťový kabel předají informace serveru. Na základě síly signálu zachyceném na fixních přijímačích je odvozena poloha vysílače umístěném na sledovaném objektu.³⁸ Výpočet polohy je hledán na základě dat o síle signálu. To je zajímavé vzhledem k tomu, že na sílu signálu mají velký vliv stěny v budově. Přijímače neumí rozlišit, zda jde signál slabý díky vzdálenosti, nebo zda je tlumen stěnou. Tuto komplikaci musí s pomocí hodnot z více přijímačů umět odfiltrovat server zpracovávající data.



Obrázek 19: Princip lokalize pomocí BLE beacon³⁹

³⁷ NILSSON, Rolf. Bluetooth Low Energy není nová verze standardu Bluetooth. *Automa* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: http://www.automa.cz/casopis-clanky/bluetooth-low-energy-neni-jen-nova-verze-standardu-bluetooth-2013_12_0_10907/

³⁸ Indoor Positioning, Tracking and Indoor Navigation with Beacons. *Insoft* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.insoft.com/technology/sensors/bluetooth-low-energy-beacons>

³⁹ Indoor Positioning, Tracking and Indoor Navigation with Beacons. *Insoft* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.insoft.com/technology/sensors/bluetooth-low-energy-beacons>

Nalezená poloha je následně zobrazena na zvoleném softwaru, nejčastěji mobilní aplikaci, která uživatele může k předmětu navigovat, případně pokud je to dostatečné zobrazí předmět na mapě prostoru. Díky technologii je možné nastavit virtuální hranice a v případě, kdy sledovaný předmět překročí hranici je aktivováno upozornění. Toho lze využít i pro automatickou kontrolu uspořádání layoutu, tedy to zda jsou na konci pracovního dne vybavení uklizené na určených místech.⁴⁰

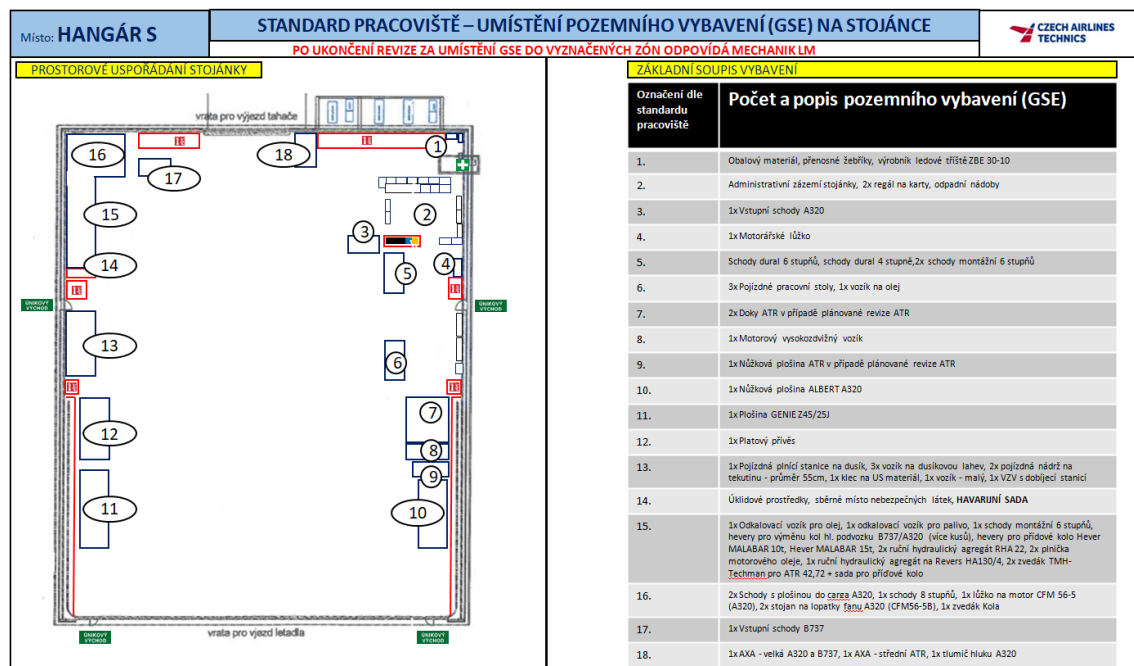
⁴⁰ Indoor / Outdoor Tracking – Examples of Use. Insoft [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.insoft.com/examples-of-use/articleid/145/inventory-of-economic-assets-on-company-premises>

12 Aplikace postupů pro rozmístění vybavení servisní stojánky Hangáru S

S pomocí všech stanovených kritérií bylo v hangáru S rozmístěno servisní vybavení a po zkušebním týdnu byl vypracován Layout.

12.1 Layout hangáru

Finální rozmístění je publikováno na plánu řešeného místa. Jedná se o layout prostorové dispozice hangáru. Pro rychlou prostorovou orientaci bylo vybavení sloučeno do více množin, tak aby layout neobsahoval příliš mnoho údajů. Pracovníci byli s finálním layoutem seznámeni a ten byl vyvěšen v hangáru.



Obrázek 20: Finální layout vnitřního uspořádání

12.2 Vodorovné označení

Okolo rozmístěného vybavení bylo vyznačeno umístění pomocí vodorovného značení barevnými pruhy.

Modré vodorovné značení slouží k označení standardního vybavení.

Červené vodorovné značení je určeno pro objekty vyžadující zvýšenou pozornost. To jsou sběrná místa nebezpečného odpadu a nouzové vybavení hangáru.

12.3 Evidence umístění

V blízkosti vybavení byly na stěnách umístěny cedulky rámované odpovídající modrou nebo červenou barvou. Dále obsahují názvy přiřazeného vybavení a fotku umístění na správných místech.

Označení dle standardu pracoviště	UMÍSTĚNÍ POZEMNÍHO VYBAVENÍ STOJÁNKY	
19	Location of Ground Support Equipment	
Název vybavení Name of Equipment	2x ruční hydraulický agregát RHA 22, 2x plnička motorového oleje, 1x ruční hydraulický agregát na Revers HA130/4	
Ilustrační foto Illustrative photo		

Obrázek 21: Značení úložných míst

12.4 Aplikované 5S

Pro udržitelnost nastaveného systému byl vypracován kontrolní check-list standardizovaný dle obecně platných pravidel 5S.

CISAPARLINE TECHNICS **5S - Samostatné vyhodnocení pořádku prostoru hangáru S** Průběh: Hangár S
Číslo: 8/2019

ÚČEL: Tímto listem je určen pro hodnocení celkové a průběžné čistoty hangáru
Tímto listem se hodnotí čistota hangáru, jeho vybavení a prostředí v něm.
Hodnoty se udávají podle stupně čistoty hangáru a vybavení.
Hodnoty se udávají podle stupně čistoty hangáru a vybavení.
Hodnoty se udávají podle stupně čistoty hangáru a vybavení.

ROZSAH: Všechny části hangáru
Měřítko: 1:100
Jednotka: 100%
Délka: 100%

Účel listu: Tímto listem je určen pro hodnocení celkové a průběžné čistoty hangáru

Seznam příloh: Seznam příloh

Číslo	Popis	Hodnoty																																	Celková					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	Průměr	Max	Min	Střední		
1	Průhlednost stropu hangáru	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
2	Čistota podlahy hangáru	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
3	Čistota stěn hangáru	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
4	Čistota vybavení hangáru	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
5	Čistota nástěnky hangáru	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
6	Čistota nástěnky hangáru	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
7	Čistota nástěnky hangáru	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
8	Čistota nástěnky hangáru	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
9	Čistota nástěnky hangáru	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
CELKOVĚ																																					4	17		

Průběh: Průběh vyhodnocení a hodnocení čistoty hangáru a vybavení

Průběh	Průběh vyhodnocení	Hodnocení čistoty hangáru	Hodnocení čistoty vybavení	Hodnocení čistoty nástěnky	Hodnocení čistoty nástěnky
1					
2					
3					
4					
5					
6					

Obrázek 22: ukázka kontrolního check-listu 5S

13 Vyhodnocení změny

Nyní, tři měsíce od představení nového layoutu a přeorganizování hangáru S, je již možné hodnotit kvalitu změny organizace a udržení standartu v čase.

Na místě byl proveden audit 5S, jehož principům pěti „S“ reprezentující vyčistit, uspořádat, vyčistit, standardizovat a udržovat nevyhovují následující zjištěné nedostatky:

- Pod nádobou na nebezpečný odpad se nacházejí olejové kaluže, způsobené netěsným dnem nádoby. Víka nádob se nedovírají a výpary se tak snáze dostávají do prostoru hangáru.



Obrázek 23: Sběrné místo nebezpečného odpadu, Foto: vlastní zpracování

- Některé z vybavení, nejčastěji různé druhy často používaných schodů nejsou po požití vráceny na původní místo.
- Mezi další nález patří v hangáru se vyskytující vybavení, které, ale není zahrnuto v layoutu. Často se jedná o přístupové schody, které nekontrolovatelně rotují mezi hangáry S a F. Pracovníci hlavního hangáru F si vypůjčí některé z vybavení a následně je nevrátí na původní místo. Případně navrátí vybavení jiné. Mezi další vybavení, které nebylo na začátku práce do inventáře zařazeno, jsou zaparkované vysokozdvizné vozíky organizačních útvarů, které v hangáru

ani nepracující a prostor hangáru využívají jako parkoviště. Takovéto vybavení nemá v hangáru vyčleněné místo, zabírá prostor pro ostatní vybavení, které poté nemůže být správně uloženo na svém místě.



Obrázek 24: Ukázka nedodrženého rozmístění, Foto: vlastní zpracování

13.1 Návrhy na zlepšení

Mezi okamžitě účinné návrhy zlepšení patří opětovně vytrídít vybavení hangáru podle původního inventáře vybavení.

Pro systémové řešení je potřeba si klást otázku, jestli je nově vyskytnuvší vybavení hangáru žádoucí. Pokud ano, je nutné mu určit místo a předělat layout. K diskuzi je také případné rozhodnutí opustit původní koncept, kde je hangár uvažován pouze pro potřeby line maintenance a do nově zvažovaného inventáře zahrnout potřeby ostatních složek firmy CSAT. Potřeb v podobě parkování motorových prostředků. Či odkladiště některého z vybavení používané převážně na heavy maintenance.

Dále nedodržení v layoutu způsobují nejčastěji přístupové plošiny a schody, které někteří z pracovníků po použití nevrací na určené místo. Důsledkem tohoto zjištění by se dalo pro toto vybavení uvažovat o nepřirazení přesně definovaných míst. Takovéto neorganizované vybavení je možné zanechat dle uvážení pracovníka kdekoli za čarou značící prostor bezpečné vzdálenosti od letadla. V praxi by tak docházelo k „organickému“ uspořádání, kdy bude vybavení nejčastěji zanecháno v blízkosti posledního použití, zároveň je tím zajištěna velká šance, že při následné potřebě bude vybavení blízko svému místu použití. Ostatnímu vybavení by zůstalo současné nastavení systému s přesně definovaným umístěním. Jedná se o vybavení, na které je pro umístění kladeno vícero kritérií či vybavení, které je z důvodu rychlého nalezení žádoucí mít vždy na stejném místě. To může být také vybavení, které není zaměnitelné či které se nepoužívá příliš často.

ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo vytvoření metody pro organizaci vybavení hangárového stání. Metoda byla demonstrována na reálném případě nově postaveného Hangáru společnosti CSAT. Tento cíl zahrnoval optimalizované rozmístění potřebného vybavení po ploše hangáru s následným zapracováním změn do provozu.

Pro optimalizaci rozmístění byla stanovena kritérií, jejichž aplikování proběhlo ve třech rozhodovacích fázích. Nejprve byla metodou souřadnic jednotlivě nalezena ideální umístění, kde není řešeno omezení vyplývající z ostatního vybavení. Následně byla vybavení porovnána mezi sebou s pomocí vícekritériální analýzy variant. Finální optimalizace byla provedena v souladu s poslední sadou kritérií řešící provozní omezení. Určená místa pro odložení vybavení byla označena barevnými pruhy, na stěnách bylo rozmístěné značení s fotografiemi a byl vytvořen layout prostoru se seznamem rozmístěného vybavení. Do checklistu „5S“ byly přidány body k udržení nastaveného systému.

Nyní po třech měsících provozu podle nově nastavených pravidel doporučuji provést změny uvedené mezi návrhy na zlepšení.

Cesta k rozvržení vybavení navrhnutá v této práci kopíruje myšlenkové pochody prostředí znalého pracovníka. Pomocí popisovaných metod může i nezasvěcený člověk efektivně upravit vnitřní prostor. Rozvržení vybavení tak jak bylo navrženo, se mně osobně zdá ideální. U předmětů, na jejichž rozmístění jsou kladeny protichůdné požadavky, nebudou vždy spokojeni všichni. Příkladem může být sběrné místo odpadu. První pracovník navrhuje umístění co nejdále od našeho zázemí s počítači z důvodu nepříjemného zápachu, názor druhého pracovníka je však takový, že by odpad měl být co nejbližší, aby nemusel chodit s odpadky tak daleko. I přes rozdílné názory a návrhy si myslím, že rozmístění veškerého vybavení v hangáru S je takto optimální a bude sloužit k co největšímu užítku nás všech.

ZDROJE

- [1] SVOZILOVÁ, Alena. *Zlepšování podnikových procesů*. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). str .32 ISBN 978-80-247-3938-0.
- [2] SCHEID, Jean. History of the 5S Methodology. In: Project Management Strategies, HowTo Articles, Reviews of Project Planning Tools & More at BrightHubPM.com [online]. 11. 7. 2013 [cit. 2017-02-05]. Dostupné z: <http://www.brighthubpm.com/monitoringprojects/70488-history-of-the-5s-methodology/>
- [3] SVOZILOVÁ, Alena. *Zlepšování podnikových procesů*. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). Str. 181-182 ISBN 978-80-247-3938-0.⁴ BAUER, Miroslav. *Kaizen: cesta ke štíhlé a flexibilní firmě*. Brno: BizBooks, 2012. ISBN 978-80-265-0029-2.
- [4] 5S pro operátory: 5 pilířů vizuálního pracoviště. Brno, c2009. Shopfloor series. ISBN 978-80-904099-1-0.
- [5] BAUER, Miroslav. *Kaizen: cesta ke štíhlé a flexibilní firmě*. Brno: BizBooks, 2012. ISBN 978-80-265-0029-2.
- [6] MIKULÁŠTÍK, Milan. *Tvořivost a inovace v práci manažera*. Praha: Grada, 2010. Management (Grada). Str. 207 ISBN 978-80-247-2016-6.
- [7] KANIA, Jan. Výběr nejvýhodnějšího investičního záměru zásobování teplem a teplou vodou. Praha, 2015. Bakalářská práce. ČZU PEF. Vedoucí práce Brožová Helena.
- [8] FIALA, Petr. *Vícekritériální rozhodování*. dotisk. Praha: Vysoká škola ekonomická, 1997, 316 s. ISBN 80-707-9748-7.
- [9] BROŽOVÁ, CSC., Doc. RNDr. Helena a Ing. Milan HOUŠKA, PH.D. *Základní metody operační analýzy*. 2.dotisk. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta, 2003. ISBN 978-80-21-0951-7.
- [10] ŠUBRT, Tomáš. *Ekonomicko-matematické metody*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2011, 351 s. ISBN 978-80-7380-345-2.

- [11] BROŽOVÁ, CSC., Doc. RNDr. Helena, Doc. Ing. Milan HOUŠKA, CSC. a Doc. Ing. Tomáš ŠUBRT, PH.D. Modely pro vícekriteriální rozhodování. první vydání, 2.dotisk. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta, 2003, 178 s. ISBN 978-80-213-1019-3.
- [12] KANIA, Jan. Výběr nejvýhodnějšího investičního záměru zásobování teplem a teplou vodou. Praha, 2015. Bakalářská práce. ČZU PEF. Vedoucí práce Brožová Helena.
- [13] BROŽOVÁ Helena, Milan HOUŠKA a Tomáš ŠUBRT, PH.D. Modely pro vícekriteriální rozhodování. první vydání, 2.dotisk. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta, 2003, 178 s. ISBN 978-80-213-1019-3.
- [14] BROŽOVÁ Helena, Milan HOUŠKA a Tomáš ŠUBRT, PH.D. Modely pro vícekriteriální rozhodování. první vydání, 2.dotisk. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta, 2003, 178 s. ISBN 978-80-213-1019-3.
- [15] BROŽOVÁ Helena, Milan HOUŠKA a Tomáš ŠUBRT, PH.D. Modely pro vícekriteriální rozhodování. první vydání, 2.dotisk. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta, 2003, 178 s. ISBN 978-80-213-1019-3
- [16] VANĚČEK, D.; FRIEBEL, L.; ŠTÍPEK, V. Operační management. České Budějovice: JCU, Ekonomická fakulta, 2010. 261 s. ISBN 978-80-7394-196-3
- [17] Tabulka souřadnic. Cie-group: lexikon-metod [online]. 2019 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <http://www.cie-group.cz/lexikon-metod-pi/metody/sachovnicova-tabulka/>
- [18] *LEXIKON METOD PRŮMYSLOVÉHO INŽENÝRSTVÍ* [online]. [cit. 2018-10-30]. Dostupné z: <http://www.cie-group.cz/lexikon-metod-pi/metody/sachovnicova-tabulka/>
- [19] L8/A, Letová způsobilost letadel - postupy: Definice. In: AIM Letecká informační služba [online]. [cit. 2019-05-28]. Dostupné z: <https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-8a/data/effective/definice.pdf>
- [20] AMC/GM TO ANNEX II (PART-145) AMC 145.A.10

- [21] Aircraft Maintenance [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: https://www.skybrary.aero/index.php/Aircraft_Maintenance
- [22] Aircraft Maintenance [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: https://www.skybrary.aero/index.php/Aircraft_Maintenance
- [23] KINNISON, Harry A. a Tariq SIDDIQUI. Aviation maintenance management. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, c2013. ISBN 978-0-07-180502-5.
- [24] ŠULC, Jiří. *Lidský činitel: studijní modul 9*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. Učební texty dle předpisu JAR-66. ISBN 80-720-4364-1.
- [25] Nepříznivé účinky hluku na člověka [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: http://www.mzcr.cz/hlukovemapy/obsah/nepriznive-ucinky-hluku-na-cloveka_3417_30.html
- [26] Konstrukce na pohlcování zvuku. Stavba.tzb-info.cz [online]. [cit. 2019-05-28]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/228-konstrukce-na-pohlcovani-zvuku>
- [27] Traťová údržba CSAT a.s. *Csatechnics.com* [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://www.csatechnics.com/cs/sluzby-2#tratova-udrzba>
- [28] FORET, Miroslav a Silvia MEGYESIOVÁ. *Marketingový výzkum v regionálním rozvoji*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2013. ISBN 978-80-7375-773-1.
- [29] Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. Ze dne 1. 1. 2008, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci.
- [30] BROŽOVÁ, CSC., Doc. RNDr. Helena, Doc. Ing. Milan HOUŠKA, CSC. a Doc. Ing. Tomáš ŠUBRT, PH.D. *Modely pro vícekritériální rozhodování*. první vydání, 2. dotisk. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta, 2003, 178 s. ISBN 978-80-213-1019-3.
- [31] ČERNÝ, Ondřej. *Energie budoucnosti: výzvy spojené s výrobou elektrické energie z obnovitelných zdrojů*. Brno, 2016. Bakalářská práce. FSS MU.
- [32] Facility Location. *Gurobi Optimization* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <http://examples.gurobi.com/facility-location/>

- [33] Facility Location. *Gurobi Optimization* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <http://examples.gurobi.com/facility-location/>
- [34] *Bluetooth®* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.bluetooth.com/bluetooth-technology/radio-versions>
- [35] TILLEY, Aaron. *Apple iBeacons Find Their Way Into McDonald's* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.forbes.com/sites/aarontilley/2014/12/18/mcdonalds-ibeacon/#5fd987d71463>
- [36] NILSSON, Rolf. Bluetooth Low Energy není jen nová verze standardu Bluetooth. *Automa* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: http://www.automa.cz/cz/casopis-clanky/bluetooth-low-energy-neni-jen-nova-verze-standardu-bluetooth-2013_12_0_10907/
- [37] Indoor Positioning, Tracking and Indoor Navigation with Beacons. *Infsoft* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.infsoft.com/technology/sensors/bluetooth-low-energy-beacons>
- [38] Indoor Positioning, Tracking and Indoor Navigation with Beacons. *Infsoft* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.infsoft.com/technology/sensors/bluetooth-low-energy-beacons>
- [39] Indoor / Outdoor Tracking – Examples of Use. *Infsoft* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.infsoft.com/examples-of-use/articleid/145/inventory-of-economic-assets-on-company-premises>

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Seznam obrázků

Obrázek 1: Příklad metody souřadnic	27
Obrázek 2: Vztah mezi prvky SHELL	31
Obrázek 3: Pravý motor A320 s otevřenými kryty fanové části	33
Obrázek 4: Tlumič hluku avionického úseku Foto: autor	35
Obrázek 5 Vnitřního uspořádání prázdného Hangáru S, Foto: vlastní zpracování	37
Obrázek 6: Celkový pohled na hangár S, Zdroj: CSAT	39
Obrázek 7: Možné polohy letadel v hangáru S Zdroj: CSAT	40
Obrázek 8: Ukázka původního neuspořádaného stavu, Foto: vlastní zpracování	41
Obrázek 9: Úvodní stránka dotazníku, Zdroj: vlastní zpracování	45
Obrázek 10: Sběrné místo nebezpečného odpadu, Foto: vlastní zpracování	50
Obrázek 11: Ochráné pásmo 4,5 metru od obrysu letadla, Zdroj: CSAT	53
Obrázek 12: Vstupní body metody souřadnic	56
Obrázek 13: Červeně zvýrazněné vstupní body metody souřadnic pro plničku oleje	58
Obrázek 14: Zeleně zvýrazněné označení ideálního umístění plničky oleje	59
Obrázek 15: Ideální umístění pro jednotlivá vybavení	62
Obrázek 16: Optimalizace rozmístění více těžišť?	68
Obrázek 17: Hangár těžké údržby s více stojánkami	69
Obrázek 18: Princip lokalize pomocí BLE beacon	73
Obrázek 19: Finální layout vnitřního uspořádání	75
Obrázek 20: Značení úložných míst	76
Obrázek 21: ukázka kontrolního check-listu 5S	77
Obrázek 22: Ukázka nedodrženého rozmístění	80

Seznam tabulek

Tabulka 1: Kriteriaální matice	22
Tabulka 2: Výstup z dotazníku	47
Tabulka 3: Souřadnice vstupních bodů	55
Tabulka 4: 1.část výsledků metody souřadnic	60
Tabulka 5: 2.část výsledků metody souřadnic	61
Tabulka 6: Aplikovaná bodovací metoda	63

Tabulka 7: Vstupní tabulka metody WSA.....	65
Tabulka 8: Výstupní tabulka metody WSA.....	66