



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

---

Fakulta dopravní  
Ústav letecké dopravy

**Byznys letectví a jeho konektivita v USA**  
**Business Aviation and its Connectivity in USA**

**Bakalářská práce**

Studijní program: Bakalářský

Studijní obor: Profesionální pilot

Vedoucí práce: doc. Ing. Peter Vittek, Ph.D.

Ing. Tereza Dvořáková

---

**Šimon Tvrdík**

Praha 2022



**K621.....Ústav letecké dopravy**

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Šimon Tvrdík**

Studijní program (obor/specializace) studenta:

**bakalářský – PIL – Profesionální pilot**

Název tématu (česky): **Byznys letectví a jeho konektivita v USA**

Název tématu (anglicky): Business Aviation and its Connectivity in USA

### **Zásady pro vypracování**

Při zpracování bakalářské práce se řiďte následujícími pokyny:

- Cílem práce je zmapovat a vyhodnotit provoz byznys letectví v USA, určit páteřní síť této domény a vyhodnotit konektivitu významných letišť za časová období 2019-2021.
- Představte byznys letectví v USA, jeho charakteristiky a principy fungování letadel v rámci sítě letišť z provozního i teoretického pohledu.
- Vytvořte přehled datových zdrojů pro analýzu a metodiku jejich sběru a zpracování.
- Proved'te analýzu konektivity a dalších ukazatelů propojení jednotlivých letišť USA.
- Výsledky analýzy interpretujte a diskutujte.
- Proved'te závěr a validaci metodického postupu.




- Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Allroggen, F., et. al - How Air Transport Connect the World: New Metrics of Air Connectivity and its Evolution (2015)  
OECD - Defining, Measuring and Improving Air Connectivity (2018)  
ACI - Airport Industry Connectivity Report (2021)

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Peter Vittek, Ph.D.**  
**Ing. Tereza Dvořáková**

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


Datum odevzdání bakalářské práce: **8. srpna 2022**  
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia  
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

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



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

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

  
.....  
Šimon Tvrdík  
jméno a podpis studenta

V Praze dne.....5. května 2022



---

## **Abstrakt**

Práce se zabývá provozem byznys letectví v USA z pohledu konektivity, centrality a dalších ukazatelů propojení jednotlivých letišť. Pro analýzu provozu v doméně byznys letectví využívá dat o počtu leteckých spojení v rámci jednotlivých letištních párů. Analýza postihuje časové období, které bylo z pohledu provozu obdobím standardním (2019) a porovnává ho s časovým obdobím postíženým pandemií Covid-19 (2020-2021).

**Klíčová slova:** Byznys letectví v USA, konektivita, dopady pandemie Covid-19 na byznys letectví



---

## **Abstract**

The thesis deals with the operation of business aviation in the USA from the point of view of connectivity, centrality and other indicators of interconnection of individual airports. To analyze traffic in the domain, business aviation uses data on the number of air connections within individual airport pairs. The analysis captures the time period that was a standard period from the point of view of operation (2019) and compares it with the time period affected by the Covid-19 pandemic (2020-2021).

**Keywords:** Business aviation in the USA, Connectivity, Impact of the Covid-19 pandemic on business aviation



## Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucím mé bakalářské práce doc. Ing Peteru Vittekovi, Ph.D a Ing. Tereze Dvořákové za odborné vedení, rady, vstřícnost a ochotu vůči mé osobě při psaní této diplomové práce. Veliké díky patří také doc. Ing Vladimíru Sochovi, Ph.D. a Ing. Pavle Pecherkové, Ph.D. za odborné konzultace týkající se zpracování této práce.

V neposlední řadě bych chtěl poděkovat své rodině a přátelům za velkou podporu, které se mi dostávalo během studia.

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem Byznys letectví a jeho konektivita v USA vypracoval samostatně a použil k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k bakalářské práci.

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

Praze dne 06.srpna 2022

  
.....  
Podpis



## Obsah

<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>9</b>
<b>Seznam tabulek .....</b>	<b>11</b>
<b>Seznam symbolů a zkratek .....</b>	<b>12</b>
<b>Úvod .....</b>	<b>14</b>
<b>1. Byznys letectví a jeho principy fungování v rámci letecké sítě – literární rešerše .....</b>	<b>15</b>
1.1 Letecká doprava a zkoumání letecké sítě.....	15
1.1.1 Modely leteckých sítí .....	16
1.2 Byznys letectví .....	18
1.2.1 Princip provozu .....	20
1.2.2 Letadla využívaná k provozu byznys letectví .....	21
1.2.3 Byznys letectví v USA.....	22
1.2.4 Shrnutí podkapitoly byznys letectví .....	24
1.3 Konektivita .....	24
1.3.1 Faktory ovlivňující konektivitu .....	25
1.3.2 Ideální definice konektivity .....	27
1.3.3 Shrnutí podkapitoly konektivity .....	28
1.4 Konektivita a pandemie Covid-19 .....	28
<b>2. Metodologie zpracování analýzy letecké sítě byznys letectví v USA .....</b>	<b>34</b>
2.1 Konektivita byznys letectví v USA .....	35
2.2 Datové zdroje využité při zpracování této práce .....	35
2.3 Metody zkoumání konektivity letecké sítě.....	37
2.3.1 Metody zkoumající konektivitu z pohledu dostupnosti.....	37
2.3.2 Metoda centrality .....	41
2.4 Výpočet konektivity letišť na základě míry centrality .....	51
2.5 Stanovení páteřní sítě a představení metody pro její analýzu.....	53
2.5.1 Stanovení páteřní sítě.....	54
2.5.2 Metoda analýzy páteřní sítě.....	56



<b>3.</b>	<b>Analýza průběhu konektivity měsíců a letišť páteřní sítě .....</b>	<b>59</b>
3.1	Analýza konektivity měsíců v roce 2019 .....	59
3.2	Analýza konektivity měsíců v roce 2020 .....	61
3.3	Analýza konektivity měsíců v roce 2021 .....	64
3.4	Analýza konektivity letišť páteřní sítě v roce 2019 .....	67
3.5	Analýza konektivity letišť páteřní sítě v roce 2020 .....	69
3.6	Analýza konektivity letišť páteřní sítě v roce 2021 .....	71
<b>4.</b>	<b>Diskuse .....</b>	<b>75</b>
4.1	Diskuse nad výsledky analýzy měsíců .....	75
4.2	Diskuse nad výsledky analýzy konektivity letišť páteřní sítě .....	77
	<b>Závěr .....</b>	<b>82</b>
	<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>85</b>
	<b>Přílohy .....</b>	<b>91</b>





## Seznam obrázků

Obrázek 1 – Grafické znázornění modelu Hub-and-Spoke [9] .....	17
Obrázek 2 – Grafické znázornění modelu Point-to-Point [9] .....	18
Obrázek 3 – Procentuální podíl letadel využívaných v byznys letectví po celém světě [15] ..	21
Obrázek 4 – Statistika využívané flotily byznys letadel na kontinentech v roce 2020 [17] .....	22
Obrázek 5 – Statistika využívané flotily byznys letadel v jednotlivých státech v roce 2020 [17] .....	23
Obrázek 6 – Statistika desíti byznys letectvím nejfrekventovanějších letišť v USA za rok 2020 [17].....	23
Obrázek 7 – Vztah mezi konektivitou a ekonomickou produktivitou [22], (upraveno) .....	25
Obrázek 8 – Světová mapa leteckých restrikcí z května roku 2020 [25], (upraveno) .....	29
Obrázek 9 – Mapa poklesu počtu spojů státní letecké dopravy mezi lednem a dubnem roku 2020 [25] .....	30
Obrázek 10 – Graf celosvětových pohybů byznys letectví za rok 2018 až 2021 [31] .....	31
Obrázek 11 – Týdenní počet celosvětových odletů byznys letadel v letech 2019 až 2021 [31] .....	32
Obrázek 12 – Světový podíl v zotavení byznys letectví v letech 2019 a 2021 [31].....	32
Obrázek 13 – Grafické znázornění metodologického postupu této práce .....	34
Obrázek 14 – Grafické znázornění přímé a nepřímé konektivity [21], upravené .....	39
Obrázek 15 – Grafické znázornění Hub konektivity [21], upravené.....	40
Obrázek 16 – Síť pěti uzlů .....	43
Obrázek 17 – Grafické znázornění sítě pěti uzlů hodnocené pomocí centrality dostupnosti .	44
Obrázek 18 – Grafické znázornění sítě hodnocené pomocí přestupní centrality.....	45



Obrázek 19 – Grafické znázornění přímé centrality .....	47
Obrázek 20 – Grafické znázornění vážené přímé centrality .....	48
Obrázek 21 – Grafické znázornění Opsahovi přímé vážené centrality .....	50
Obrázek 22 – Průběh limitního rozdělení sítě .....	55
Obrázek 23 – Průběh derivovaného limitního rozdělení sítě .....	55
Obrázek 24 – Sestupný graf hodnot průměrného ranku měsíců v roce 2019 rozdělených do skupin dle důležitosti .....	60
Obrázek 25 – Sestupný graf hodnot průměrného ranku měsíců v roce 2020 rozdělených do skupin dle důležitosti .....	62
Obrázek 26 – Sestupný graf hodnot průměrného ranku měsíců v roce 2021 rozdělených do skupin dle důležitosti .....	65
Obrázek 27 – Sestupný graf hodnot průměrného ranku letišť páteřní sítě v roce 2019 rozdělených do skupin dle důležitosti .....	68
Obrázek 28 – Sestupný graf hodnot průměrného ranku jednotlivých letišť v roce 2020 rozdělených do skupin podle důležitosti .....	70
Obrázek 29 – Sestupný graf hodnot průměrného ranku letišť páteřní sítě v roce 2021 rozdělených do skupin dle důležitosti .....	72
Obrázek 30 – Grafický průběh analýzy měsíců zkoumaného období této práce na základě hodnoty průměrného ranku .....	75



## Seznam tabulek

Tabulka 1 - Poskytnutá data o pohybech mezi letištními páry za rok 2019 .....	36
Tabulka 2 – Formát vstupních dat do programu Gephi .....	51
Tabulka 3 – Tabulka výstupních dat z Gephi pro leden 2019.....	52
Tabulka 4 – Vypočítané hodnoty konektivity letišť pro každý měsíc v roce 2019 .....	53
Tabulka 5 – Tabulka existence statisticky signifikantních rozdílů mezi měsíčními páry v roce 2019 .....	60
Tabulka 6 – Tabulka existence statisticky signifikantních rozdílů mezi měsíčními páry v roce 2020 .....	61
Tabulka 7 – Tabulka existence statisticky signifikantních rozdílů mezi měsíčními páry v roce 2021 .....	64
Tabulka 8 – Tabulky pro porovnání zkoumaných období z pohledu měsíců v letech 2019 až 2021 .....	66
Tabulka 10 – Porovnání top 10 letišť z analýzy páteřní sítě letišť této práce v roce 2020 s top 10 z grafu č.4 .....	77
Tabulka 11 – Porovnání top 25 letišť vycházejících z výsledků analýzy letišť páteřní sítě této práce v roce 2020 s top 25 vycházejících z výsledků práce Gollana [52].....	78
Tabulka 12 – Porovnání top 25 letišť vycházejících z výsledků analýzy páteřní sítě letišť této práce v roce 2021 s top 25 vycházejících z výsledků práce Gollana [52].....	80



## Seznam symbolů a zkratek

$d(i, j)$	Počet binárně nejkratších cest
$h$	mezilehlý uzel na cestě mezi uzly „i“ a „j“
$C_C$	Centralita dostupnosti
$N$	Počet uzlů v síti
$C_B$	Přestupní centralita
$d_{ij}(i)$	Počet binárně nejkratších cest vedoucích skrz fokální uzel „i“
$k_i$	Stupeň fokálního uzlu
$C_D$	Přímá centralita
$i$	Fokální uzel
$j$	Koeficient všech ostatních uzlů v síti
$x$	matice přizpůsobivosti
$s_i$	síla fokálního uzlu
$C_D^W$	Vážená centralita
$w$	Koeficient váhy spojení
$C_D^{W\alpha}$	Opsahlova přímá vážená centralita
$\alpha$	Ladící parametr
AOC	Certifikát leteckého provozovatele
FAA	Federální úřad pro letectví
IATA	Mezinárodní asociace pro leteckou přepravu
IBAC	Mezinárodní organizace pro byznys letectví
ICAO	Mezinárodní organizace pro civilní letectví
KASE	Aspen/Pitkin County Airport
KAUS	Austin-Bergstorm International Airport
KBCT	Boca Raton Airport
KBFI	King County International Airport
KBNA	Nashville Airport
KDAL	Dallas Love Field Airport
KFLL	Fort Lauderdale-Hollywood International Airport
KFXE	Fort Lauderdale Executive Airport
KIAD	Dulles International Airport
KLAS	Harry Reid International Airport
KOPF	Miami-Opa Locka Executive Airport
KPBI	Palm Beach International Airport



KPTK	Oakland County International Airport
KPWK	Chicago Executive Airport
KSAT	San Antonio International Airport
KSJC	Norman Y.Mineta San Jose International Airport
KSLC	Salt Lake International Airport
KTEB	Teterboro Airport
MTOW	Maximální vzletová hmotnost
NBAA	Národní asociace byznys letectví



## Úvod

V dubnu roku 2020 se respirační onemocnění Covid-19 oficiálně rozšířilo do celého světa, čímž způsobilo celosvětovou pandemii, jejíž trvání se promítá i do dnešní doby. Mezi obrovsky zasažené sektory na počátku pandemie patřilo také byznys letectví, což je odvětví letecké dopravy fungující na principu flexibilního objednání letu na zakázku, přepravující maximálně desítky lidí, bez nutnosti vyhledávání dalších spojů a přestupů na dalších letištích, pro cestu do klientem preferované destinace, které se stejně jako velká letecká doprava muselo ze dne na den prakticky zastavit. Mezitím co se však odvětví velké letecké dopravy zotavovalo velice pomalu a zájem lidí využívat těchto služeb se v průběhu času stále nezvyšoval, se byznys letectví začalo od svého velkého pádu prakticky okamžitě zotavovat a rok po této velké události i překonalo své nejvyšší předpandemické hodnoty.

Tato práce se konkrétně zabývá leteckou sítí byznys letectví v USA z pohledu konektivity. K ohodnocení letecké sítě této domény a výpočtu konektivity, jsou v práci představeny základní modely letecké sítě, teorie konektivity a metody výpočtu konektivity využívané k ohodnocení sítě velké linkové dopravy, ze kterých budou vybrány nejvhodnější metody na základě charakteristických vlastností týkajících se byznys letectví.

Cílem této práce je především představit byznys letectví v USA a principy jeho fungování z pohledu konektivity, nalézt páteřní síť této domény, provést na ni analýzu a následně i diskusi nad porovnáním výsledků s výsledky prací dalších autorů, zabývajících se tímto anebo podobným tématem, k identifikaci nejdůležitějších období a letišť, která takto fungovala před, během a po vypuknutí pandemie Covid-19.



## **1. Byznys letectví a jeho principy fungování v rámci letecké sítě – literární rešerše**

Tato kapitola je zpracována na základě sesbírané literární rešerše týkající se představení zkoumání letecké sítě, byznys letectví, jeho principů a fungování, konektivity a vlivu pandemie Covid-19 na leteckou konektivitu. Kapitola by měla obsahovat všechny důležité informace, pomocí kterých bude možné identifikovat a zkoumat leteckou síť byznys letectví v USA a principy fungování letadel v rámci této letecké sítě. V kapitole bude následně rozebrána také problematika letecké konektivity, způsoby jakými ji lze ovlivňovat, prvky které by ideální definice konektivity měla splňovat a nakonec i míru do které leteckou konektivitu ovlivnila pandemie Covid-19.

### **1.1 Letecká doprava a zkoumání letecké sítě**

Podkapitola se zabývá strukturou letecké dopravy a zkoumáním letecké sítě. Hercik [1] ve své práci popisuje dopravu jako systém tvořený vzájemně provázanými složkami, které dále formují dopravní infrastrukturu. Z obecného pohledu ji lze tedy definovat jako soubor složený z několika bodů a cest, mezi kterými je možné dopravu realizovat. K vykonávání dopravy jsou podle Hercika [2] v ohraničeném prostoru využívány mechanismy, které slouží k přepravě mezi jednotlivými technickými objekty, kdy v počátečním a koncovém bodě poté probíhá nástup, výstup a přestup cestujících, anebo nakládání, vykládání a překládání zboží.

Princip dopravní sítě je u letecké dopravy prakticky totožný. Stejně jako u jiných druhů dopravy se i zde dopravní prostředky, v tomto případě letadla, řídí vzdušnými cestami, určenými v závislosti na předpisech vzdušného prostoru, který si každý stát definuje samostatně. Junek [3] ve své práci uvedl čtyři základní prvky, nezbytné k provozování letecké dopravy. Mezi tyto prvky patří:

- Letiště
- Provozovatelé letecké dopravy
- Navigační služby
- Regulace

Letiště jakožto základní prvek letecké dopravy tvoří neodmyslitelnou součást, bez které by nebylo možné leteckou přepravu vůbec uskutečnit. Letiště mají za úkol plnit funkci počátečního a konečného bodu přepravy, přes který probíhá jak pohyb cestujících, tak i manipulace s nákladem [3]. Letiště je možné rozdělit na tzv. „hlavní“, přes která probíhá většina pohybů



v letecké síti a jsou známá vysokou mírou dostupnosti dalších míst a „vedlejší“, která charakterizují především méně žádané izolované lokace a z toho plynoucí nízký počet pohybů. V dnešní době je nespočet hlavních letišť propojen se stovkami letišť vedlejších, kdy pomocí teorie grafů lze tato spojení definovat jako síť, ve které letiště tvoří uzly a letecké trasy spojovací linky, neboli tzv. „hrany“. Na základě studie Guimera [4] je možné tvrdit, že letiště tvoří komplexní leteckou síť, kdy propojení mezi těmito uzly představuje skutečnost, že v určitém časovém období došlo alespoň k jednomu letu mezi dvěma uzly v síti.

Za provozovatele letecké dopravy je možné považovat společnosti, provozující letadla jako dopravní prostředky, za účelem přepravy cestujících a materiálu. Podle Lordana [5] se letečtí dopravci ve velké míře podílejí na modelování letecké sítě. Provozovatelé musí v rámci správného fungování společnosti vytvořit souhru mezi několika činnostmi, jako je tvorba letových řádů a tras, plánování letu, provoz letadel a jejich údržba, zásobování a tak dále.

Zajištění bezpečného a spořádaného provozu po zemi i ve vzduchu mají podle Junka [3] na starosti letecké navigační služby, zajišťující řízení letového provozu, leteckou informační službu, komunikační a navigační infrastrukturu, meteorologické služby a služby pátrání a záchrany v každém státě.

V neposlední řadě je podle Junka [3] podstatná legislativní regulace, díky které je možné dosahovat požadované bezpečnosti, na kterou se v letecké dopravě klade nejvyšší důraz. Organizace civilního letectví takto dohlíží na právní rámec zahrnující letecké zákony, předpisy, pravidla, postupy a dohody jak na národní, tak i na mezinárodní úrovni.

Podle Kaločayové [6] lze leteckou síť definovat na základě člověkem vnímané perspektivy. Pro účely této práce lze tedy leteckou síť definovat jako síť mezi jednotlivými světadíly, státy anebo jen letišti, jako ukazateli dostupnosti a provázanosti s ostatními prvky v síti.

### 1.1.1 Modely leteckých sítí

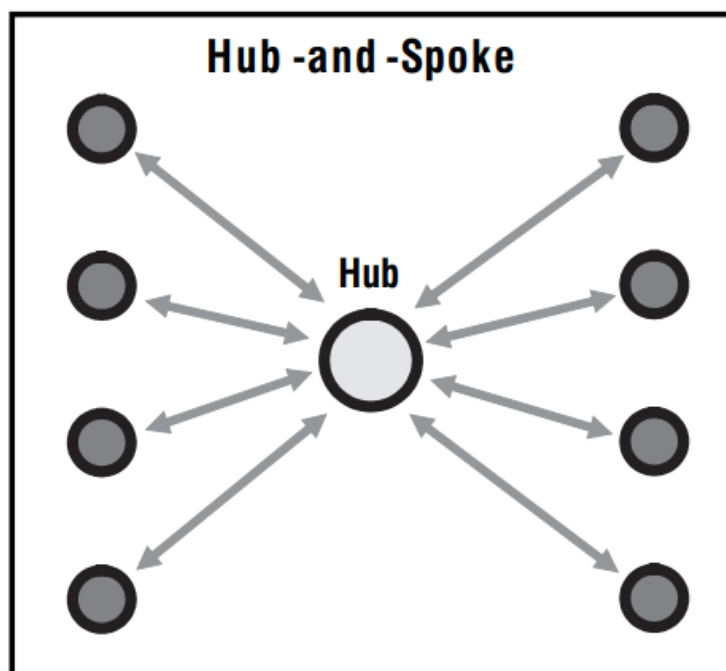
Podle Kajtmana a Melichara [7] se liberalizace leteckého trhu promítla do charakteru leteckých sítí, jejichž způsob tvorby tvoří významný konkurenční prvek leteckých společností. S každým vytvořeným druhem letecké sítě přichází spousta výhod, ale i nevýhod. Z tohoto důvodu jsou podle Marada [8] různé typy sítí určeny pro různé druhy využití a umožňují tak dosáhnout maximální efektivity. V odborných kruzích se tento způsob přemýšlení nazývá jako prostorová strategie, která se liší zejména u klasických a nízkonákladových dopravců.



Při tvorbě letecké sítě je možné definovat podle Rodrigua [9] dva základní modely:

- Hub-and-Spoke
- Point-to-Point

Deregulace letecké dopravy vedla podle Marada [8] k přechodu většiny klasických společností na model Hub-and-Spoke, který se následně stal základním rysem letecké dopravy po celém světě. Holloway [10] popsal princip tohoto modelu pomocí definování tzv „Hub“ letiště, které je možné nazývat i jako letiště uzlové. Jedná se o letiště využívané několika leteckými společnostmi ke koncentraci toku letů a pasažérů.

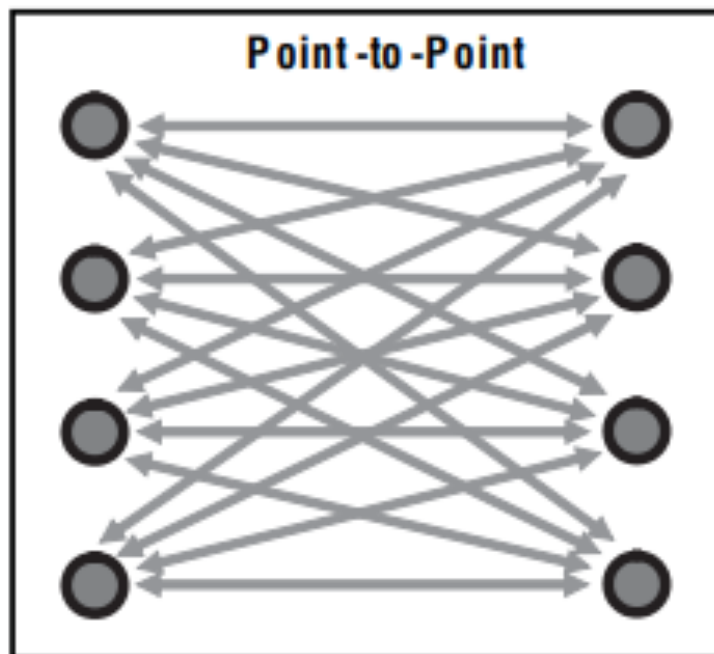


Obrázek 1 – Grafické znázornění modelu Hub-and-Spoke [9]

Na obrázku č.1 je možné vidět grafické znázornění Hub-and-Spoke modelu převzaté z práce Rodrigua [9], kdy centrální uzlové „Hub“ letiště je s ostatními letišti v síti paprskovitě spojeno. Letecká síť s Hubovou charakteristikou vychází podle Olbron [11] z uzlové strategie plánování linek pro přepravu, uplatňovanou především domácími přepravci, kteří pomocí Hub-and-Spoke modelu maximalizují počet spojení městských párů. Hlavní funkcí uzlového letiště je především koncentrace cestujících, kterým je spojení mezi menšími letišti umožněno pouze s využitím přestupu v centrálním uzlovém letišti, bez možnosti přímého letu.

Model Point-to-Point je modelem letecké sítě umožňující přímou přepravu z jednoho bodu do druhého. Systémy které jsou pomocí tohoto modelu vytvořeny, se obecně skládají z několika na sobě nezávislých letišť, propojených vysokým počtem přímých spojů.

Obrázek č.2 zobrazuje grafické znázornění Point-to-Point modelu letecké sítě, který byl opět převzat z práce Rodrigua [9]. Podle Marada [8] se jedná o historicky nejvyžívanější model od počátku letecké dopravy, ve kterém přímé spojení mezi počátkem a destinací minimalizuje celkový cestovní čas. Výhoda tohoto modelu je však získána na úkor celkově nižší frekvence spojů a menší efektivity využití kapacity letadla. Tento typ letecké sítě je proto v dnešní době využíván zejména nízkonákladovými přepravci, kteří pomocí vhodného plánování využili nepohodlnosti přestupů na krátkých linkách a pokryli tak přímými spoji nejžádanější destinace



Obrázek 2 – Grafické znázornění modelu Point-to-Point [9]

Všechny tyto informace tvoří základ pro teorii letecké dopravy a zkoumání letecké sítě, které budou využity v další podkapitole zabývající se byznys letectvím, jehož analýza letecké páteřní sítě, je hlavním tématem této práce.

## 1.2 Byznys letectví

Stejně jako spousta dalších termínů v letecké dopravě, nemá ani byznys letectví jednotnou ucelenou definici, na které by se mohly shodnout všechny úřady a společnosti, které se letectvím zabývají. Dle IBAC [12] se jedná o sektor letectví zabývající se provozem, nebo



použitím letadel společnostmi pro přepravu pasažérů nebo zboží nápomocného k jejich podnikání, létaných pro účely obecně považované za neveřejné. Takto zmíněná definice by však nemusela platit ve všech případech, protože občas nevyhovuje určitým požadavkům, uvažovaných při specifickém problému. IBAC [12] proto zavedl jednotlivé podskupiny, které jsou využívány k podrobnějšímu popisu byznys letectví:

1. Podskupina: Byznys letectví – Komerční

Komerční provoz nebo využití letadla společnostmi pro přepravu pasažérů, anebo zboží nápomocného při provádění účelů a dostupnost pronajatého letadla po celou dobu uzavřené smlouvy, pilotovaného profesionálním pilotem, najmutého k řízení letadla.

2. Podskupina: Byznys letectví – Firemní

Nekomerční provoz nebo využití letadla společností pro přepravu pasažérů, nebo zboží nápomocného při provádění zamýšlených účelů firmy, pilotovaného pilotem, najmutým k řízením letadla

3. Podskupina: Byznys letectví – Provozované majitelem

Nekomerční provoz nebo využití letadla jedincem pro přepravu cestujících, nebo zboží nápomocného při provedení zamýšlených účelů.

4. Podskupina: Byznys letectví – Částečně vlastněné

Činnost anebo využití letadla provozovaného entitou pro skupinu majitelů, kdy každý majitel drží na tomto letadle částečný podíl. Provoz letadla ve spojení s částečným vlastnictvím je většinou nekomerční, avšak tento provoz může být brán také jako komerční pokud je provozován dle AOC (Air Operator Certificate) drženého zastupující entitou.

Za nejširší definici lze považovat tu od mezinárodní letecké organizace ICAO [12], která rozeznává mezi třemi druhy leteckého provozu:

- Komerční letecký provoz

Provoz letadla zahrnující transport cestujících, zboží anebo pošty za úplatu nebo na zakázku.

- Veřejný letecký provoz

Provoz letadla který nezahrnuje komerční provoz anebo letecké práce.

- Letecké práce

Provozování letadla pro specializované služby jako jsou zemědělské, stavební, fotografické, vyměřovací, vyhlídkové anebo hlídkové, pátrání a záchrana atd.



Kdy se byznys letectví řadí někam mezi komerční letecký provoz (charterový provoz, letecké taxi, letecká ambulance) a veřejný letecký provoz (Firemní provoz letadla).

FAA [13] zase byznys letectví definuje jako sektor využívající kteréhokoli „General aviation“ letadla pro obchodní leteckou činnost, čímž z této definice vyřazuje veškeré armádní lety, nebo lety linkové dopravy.

### 1.2.1 Princip provozu

Byznys letectví je sektor letectví založený na nepravidelných letech na zakázku. Dle NBAA [14] se využití letadel může lišit. Lety mohou být provedeny za účelem přepravy pasažéra do dovolenkové destinace, zaměstnance na pracovní schůzku, za účelem zdravotního zásahu či přepravy zboží nebo potřebných léků. V základu se ale vždy jedná o let připravený na míru podle zákaznickova požadavku.

Byznys letectví je odvětví preferované především velkými korporáty a to kvůli:

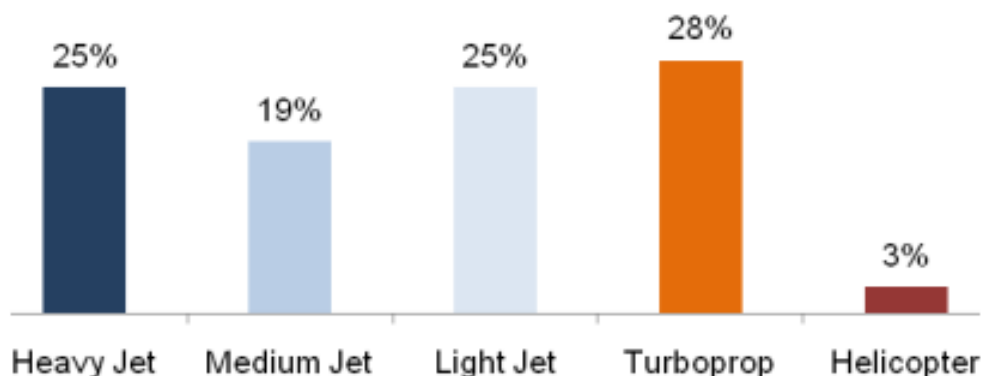
- Úspoře času zaměstnanců
- Zvýšené produktivitě, bezpečnosti a zabezpečení
- Schopnosti dosáhnout rychle a efektivně jakékoliv destinace
- Dosažitelnosti oblastí s malými, nebo žádnými aerolinkovými službami

Úspora času je dle NBAA [14] umožněna díky efektivním a přímým letovým rozvrhům, kde na rozdíl od velkých dopravců nemusí zákazníci spoléhat na jejich plánované letové rozvrhy, které mohou pracovní cesty učinit i vícedenní. Díky své hlavní vlastnosti letů na zakázku prakticky kamkoli a v jakýkoli čas a to i na letiště menších velikostí s málo frekventovanými nebo žádnými leteckými službami, jsou schopni obsloužit až několik destinací za den a tím zvýšit jejich produktivitu. Podle Krana [15] je přes 44% byznys letů po celém světě vykonáno na letiště s nefrekventovanými, nebo žádnými aerolinkovými službami a až 33% na vedlejší letiště. Tato vlastnost tedy umožňuje dosažení letecké přepravy také oblastem se značně omezeným, nebo i vůbec žádným přístupem k velké letecké dopravě.

Díky této charakteristice provozu je možné určit, že modelem letecké sítě byznys letectví je model Point-to-Point, který je přímo založený na přímých spojeních z jednoho bodu do druhého, nežli model Hub-and-Spoke využívající velkého „Hub“ letiště k dosažení více destinací.

### 1.2.2 Letadla využívaná k provozu byznys letectví

Dle Krana [15] tvoří byznys letectví několik různě velkých společností, které k provozu svých služeb využívají spousty druhů letadel od jednopilotních pístových, přes turbopropové, až po letouny s proudovým pohonem. Mezi letadla využívaná v byznys letectví patří také helikoptéry, aby bylo pro provozovatele možné být více kompetitivní, produktivní, efektivní a úspěšný i na kratších vzdálenostech.



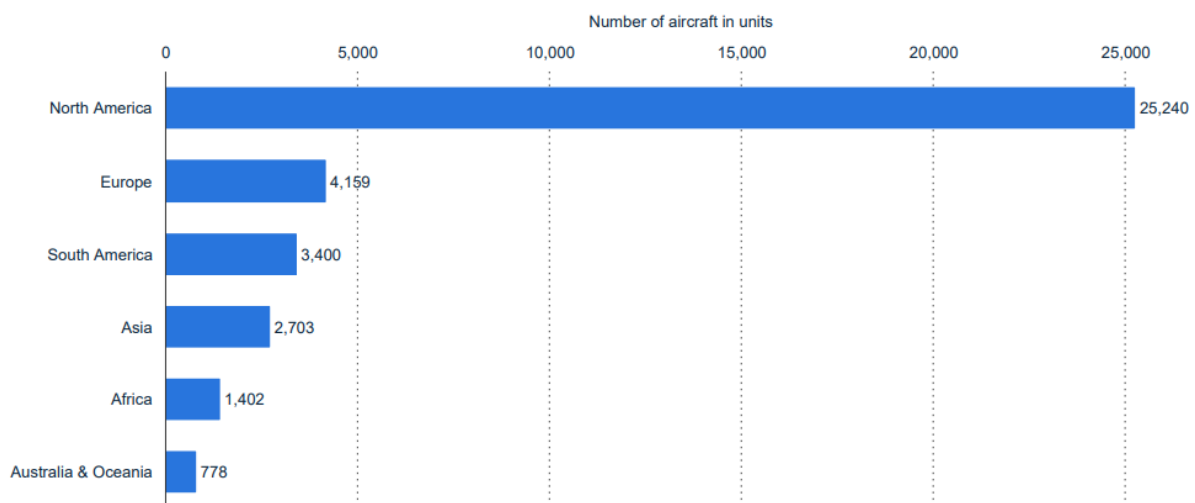
Obrázek 3 – Procentuální podíl letadel využívaných v byznys letectví po celém světě [15]

Obrázek č.3 popisuje procentuální zastoupení letadel celosvětově využívaných v byznys letectví. Nejvyšší 28% podíl zde tvoří turbopropové letouny (oranžový sloupec), jejichž typickým zástupcem je Pilatus PC-12. Vysoký je i podíl těžkých proudových letounů (tmavě modrý sloupec), což jsou letouny s MTOW (maximální vzletová hmotnost) přesahující 35,000 lbs a lehkých proudových letounů (světle šedý sloupec) jejichž MTOW nepřesahuje 20,000 lbs, kdy oba zaujímají 25% podíl na trhu. Mezi typické zástupce těchto letounů je možné uvést G550 pro letouny těžké a Cessnu Citation Mustang pro letouny lehké. Mezi nejméně využívaný typ proudových letounů patří s 19% podílem letouny střední kategorie (tmavě šedý sloupec) jejichž MTOW se nachází mezi 20,000 až 35,000 lbs, kdy typickým zástupcem této kategorie je Cessna Citation Latitude. Nejméně využívaným letadlem jsou helikoptéry, jejichž podíl na trhu tvoří necelá 3% a to především kvůli komfortu, pomalejší rychlosti a prakticky srovnatelným nákladům s letouny turbopropovými. Zde je typickým zástupcem vrtulník Bell 222.

### 1.2.3 Byznys letectví v USA

Byznys letectví hraje velice důležitou roli pro občany, společnosti a oblasti napříč celými Spojenými Státy. Dle NBAA [16] je toto průmyslové odvětví životně důležité pro národní hospodářství, díky zajišťování přes milionu pracovních míst a poskytování služeb oblastem bez možnosti dosažení služeb velké letecké dopravy, která je schopná využít v USA pouze 500 letišť, kdežto byznys letectví jich zvládne až 5000. Využívá se zde také ve velké míře k poskytování nouzových a humanitárních služeb lidem, kteří je potřebují.

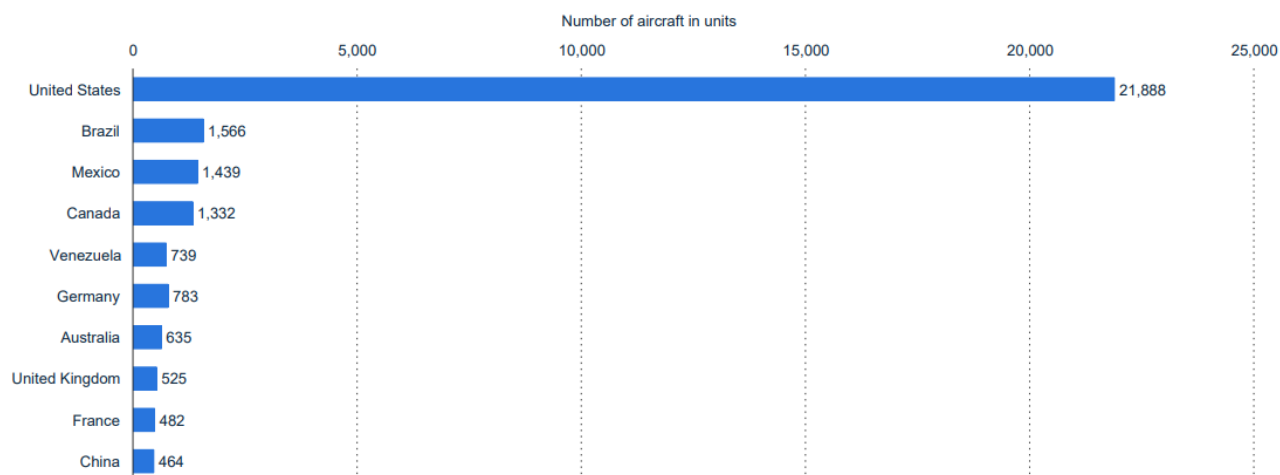
Značně také přispívá do ekonomiky a to ať už regionální nebo státní, do které podle NBAA [14] přineslo v roce 2018 až 128.3 miliard amerických dolarů. Toto odvětví zde také zaměstnává přes 1.2 milionu lidí ročně a to od nejmenších měst až po ty největších americké metropole, ať už přímo skrz výrobu letadel a práci spojenou s letišti anebo nepřímo skrz nákup zboží a služeb firem zapojených ve výrobě, provozu a údržbě byznys letadel. NBAA [16] ho tedy uvádí jako jeden z hlavních ekonomických motorů, který pomáhá trhům všech velikostí být více produktivní a efektivní.



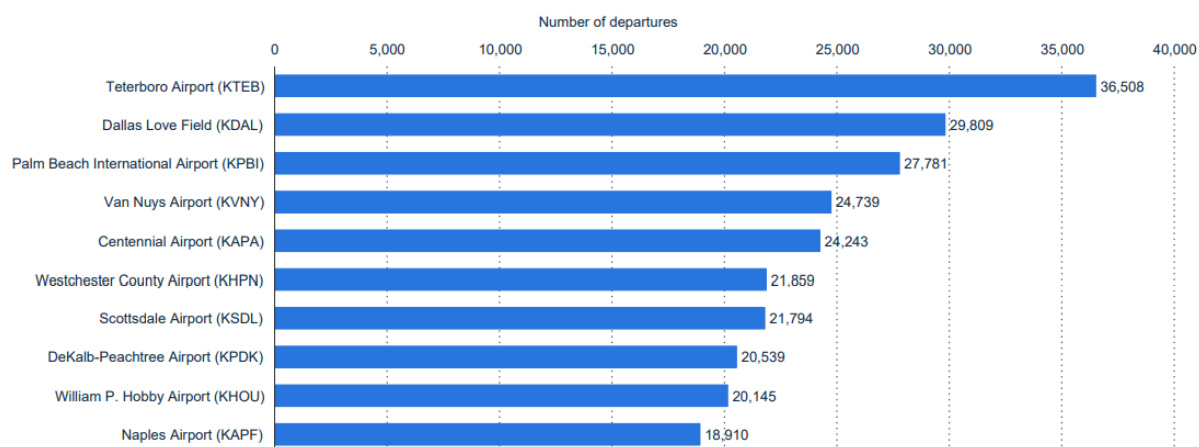
Obrázek 4 – Statistika využívané flotily byznys letadel na kontinentech v roce 2020 [17]

Díky velkému využití byznys letectví patří Spojené Státy mezi nevlivnější země využívající tohoto odvětví a to ať už flotilou, která je v této zemi provozována nebo počtem pohybů. Tento fakt podtrhuje graf na obrázku č.4 na kterém je možné vidět, že největší flotila v počtu 25,240 provozovaných letadel se nachází na kontinentu Severní Ameriky. Graf na obrázku č.5 dále specifikuje, že až 86% všech těchto letadel je provozováno ve Spojených Státech, což je zároveň několikanásobně víc než součet všech zbylých devíti států nacházejících se v tomto

grafu. Dle těchto statistik je tedy možné konstatovat, že Spojené Státy jsou skutečnou světovou velmocí tohoto odvětví letecké dopravy.



Obrázek 5 – Statistika využívané flotily byznys letadel v jednotlivých státech v roce 2020 [17]



Obrázek 6 – Statistika desíti byznys letectvím nejfrekventovanějších letišť v USA za rok 2020 [17]

Obrázek č.6 nakonec zobrazuje statistický graf desíti byznys letectvím nejfrekventovanějších letišť Spojených Států z pohledu počtu vzletů v roce 2020, který byl zpracován portálem Statista [17], vycházejícího z dat společnosti TRAQPak. Protože se datový zdroj, který bude využíván v této práci liší od zdroje využitého k tvorbě této statistiky, bude možné na konci práce porovnat, zdali se i v páteřní síti této práce v roce 2020 nacházela tato letiště v první desítce či nikoli.



#### 1.2.4 Shrnutí podkapitoly byznys letectví

V podkapitole byznys letectví bylo stanoveno, že letecká síť byznys letectví je založena na Point-to-Point modelu letů prováděných na zakázku. Zároveň je odsud také jasné, že síť byznys letectví nacházející se ve Spojených Státech je skutečně největší leteckou sítí, která má v této zemi obrovský vliv. Cílem práce je analyzovat konektivitu její páteřní sítě. Aby tento cíl bylo možné v práci realizovat, je třeba si definovat co to vůbec konektivita je, jaký má vliv, jakými způsoby je ji možné ovlivnit a co by měla splňovat ideální definice konektivity. To vše bude probráno v další podkapitole zabývající se konektivitou.

### 1.3 Konektivita

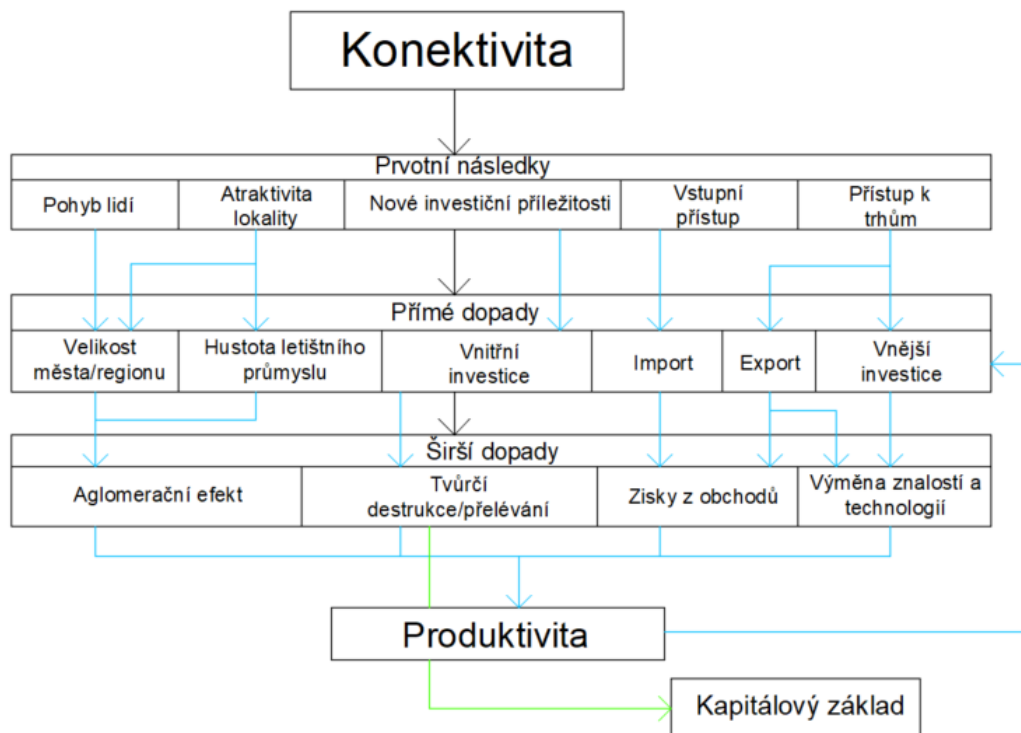
Konektivita je pojem, který je možné definovat pomocí několika definic. Dle teorie grafů se jedná o úroveň propojitelnosti mezi jednotlivými uzly v síti. Lze ji tedy definovat jako způsob spojení uzlů v dané síti, kdy ostatní uzly jsou dostupné přímo anebo nepřímo přes uzly další [18]. ICAO [19], Halyley a Bottini [20] ji zase definují jako indikátor koncentrace sítě a její schopnost bezproblémově přesouvat pasažéry z jejich počátku do jejich destinace.

V leteckém průmyslu hraje konektivita důležitou roli ve vývoji a adaptaci lokální ekonomiky. Dle Egelandy [21] podporuje letecká konektivita skrz ulehčování přepravy materiálu, služeb, lidí, nápadů, vědomostí a investic integraci státu do globální ekonomiky. Tímto způsobem poskytuje přímé benefity uživatelům letectví a širší nabídku celé ekonomice skrz pozitivní dopady na produktivitu a ekonomickou výkonnost. Kvůli těmto dopadům by především vlády měly rozumět dopadům jejich pravidel a zákonů týkajících se letecké dopravy na leteckou konektivitu a vědět jakým způsobem je možné konektivitu zlepšit. Podle Halyley a Bottiniho [20] lze tedy leteckou konektivitu brát jako klíčovou vlastnost, přitahující obchodní investice a lidský kapitál, které dále umožňují státům částečný ekonomický růst. Konektivita také posilňuje turismus, hrající důležitou roli v ekonomické prosperitě mnoha zemí.

Na obrázku č.7 je zobrazen přímý vztah mezi leteckou konektivitou a ekonomickou produktivitou. Se zvyšující se konektivitou se začne zvyšovat pohyb lidí, atraktivita lokality, vznikají nové investiční příležitosti a zvýší se také přístup k dalším trhům. Tyto efekty mají přímé dopady na velikost města/regionu a hustotu letištní infrastruktury. Nové investiční příležitosti mají dále přímé dopady na vnitřní investice a zvýšení vnitřního přístupu a přístup k trhům zase na import, export a vnější investice. Celý tento řetězec vede k širším dopadům jako je aglomerační efekt, výnosy z obchodů, tvůrčím destrukcím/přelivům, nebo výměně



znalostí a technologií. To vše vede ke zvýšení produktivity, která zvedá kapitálový základ daného místa, kde ke zvýšení konektivity došlo a zároveň opět posilňuje vnější investice.



Obrázek 7 – Vztah mezi konektivitou a ekonomickou produktivitou [22], (upraveno)

### 1.3.1 Faktory ovlivňující konektivitu

Dle publikace Halyleye a Bottiniho [20], je letecká konektivita ovlivňována čtyřmi hlavními faktory, které mají důležitou roli při zajišťování možností upevnování a růstu pozice země v globální letecké síti a zvýšení její letecké konektivity. Mezi tyto faktory patří:

- Poloha
- Letištní infrastruktura
- Modely leteckých společností
- Regulační a ekonomické rámce země

#### Poloha

Halyley a Bottini [20] ve své práci definovali, že letecká konektivita je převážně důležitá pro země s izolovaným trhem letecké přepravy, jakými jsou například ostrovy nebo poloostrovy



s velkou rozlohou, kde má cestující pouze pár možných alternativ k letecké přepravě. Správná poloha však může posílit schopnost země vybudovat si dobře propojenou síť. Mezi místa se správnou polohou na americkém trhu, který je v byznys letectví převážně využíván firmami, lze podle studie na webu CNBC [22] zařadit státy jako jsou New York anebo Texas se silně vyvinutou ekonomikou a spousty obchodními příležitostmi.

### **Letecká infrastruktura**

Dle Guimerà [4] poskytují letiště konektivitu a z ní plynoucí přístup k moderní ekonomice. Umožňují tak obchodu zachytávat celosvětové příležitosti a usnadňují příliv/odliv turistů, což je všechno palivem pro ekonomický růst. IATA [23] ve své práci zase tvrdí, že letištní infrastruktura působí jako zprostředkovatel odblokování růstu latentní poptávky a jejího posílení, která v kombinaci s vývojem rozsáhlé sítě může obecně snížit ceny přepravy pro cestující a zboží díky nižším poplatkům, kratšímu cestovnímu času a více dostupným spojům. Díky charakteristikám letadel využívaných v byznys letectví může být i silná infrastruktura vedlejších letišť s malými nebo žádnými službami velké letecké dopravy vnímána jako přínosná pro zvyšování konektivity.

### **Byznys modely leteckých společností**

Byznys modely leteckých společností přímo ovlivňují leteckou konektivitu. Dle Halleye a Bottiniho [20] si dopravci za poslední dekádu adaptovali nespočet nových modelů ke svému přežití v ne vždy jim nakloněných podmínkách na trhu. Tento faktor ovlivňující konektivitu se převážně měl týkat velké letecké dopravy a druhů modelů jednotlivých leteckých přepravců jako jsou nízkonákladoví, síťoví anebo hybridní přepravci jak je ve své práci definoval Junek [3]. Avšak i v byznys letectví hrají jednotlivé byznys modely leteckých přepravců zásadní roli při vlivu na konektivitu. Příkladem takového byznys modelu leteckých přepravců v byznys letectví může být dostupnost vhodných letadel ve flotile přepravce pro co nejefektivnější splnění zákaznických požadavků. Přepravce provozující pouze větší proudová letadla jakými jsou Gulfstream G550, bude mít menší poptávku ve státech, kde je větší poptávka pro cestování na krátké vzdálenosti a na menší letiště, které díky efektivitě a ceně dokážou lépe obsloužit turbovtulové, nebo malé proudové letouny. Naopak u izolovanějších států, ze kterých je potřeba delší přepravy za obchodem, kdy skutečně vzdálenost a čas hrají důležitou roli, je potřebné aby přepravce disponoval i možností poskytnout letadla větší, jinak může dojít ke ztrátě potencionálních zákazníků.



## Regulační a ekonomické rámce zemí

Veřejná politika a regulace mohou být silným katalyzátorem letecké konektivity, ale zároveň mohou být také tím, co brání v rozvoji letecké přepravní sítě dané země. Halleye a Bottini [20] ve své práci uvedli, že pomocí politiky tzv. „Open Skyes“ dochází k rozvolňování letových služeb v jednotlivých státech. Míru rozvolnění však vždy určují státy sami a berou při tom v potaz faktory jako jsou geografické možnosti, které určují do jaké míry osvobození letových služeb posílí leteckou přepravu a konektivitu nebo atraktivitu země pro turismus a obchod, jelikož populace ovládá velikost potencionálního trhu. Z ekonomického zájmu by se k liberalizaci měly přiklánět izolované země, zejména pokud nejsou atraktivní pro turisty, nebo nemají hustotu populace potřebnou k vybudování kompetitivní letecké sítě.

### 1.3.2 Ideální definice konektivity

Na základě literární rešerše bylo určeno, že konektivitu lze považovat za vlastnost jednotlivých uzlů v síti. Před samotným výběrem měření konektivity, je však nutné si definovat, co by tato vlastnost měla splňovat. Dle Shepherd a Arvise [24] by ideální konektivita měla poskytnout konzistentní a robustní definici toho, jak moc je uzel propojen se zbytkem sítě. Intuitivně by tato definice měla být:

- Realistická
- Intenzivní
- Bezrozměrná a normalizovaná
- Globální

Realistická definice by dle Shepherd a Arvise [24] měla být normalizovaná ve smyslu podpory základního modelu přepravního toku v síti, kdy jsou pohyby závislé na velikosti jednotlivých uzlů a vlastnostech spojení mezi nimi. V závislosti na úrovni realismu by měl daný model brát v potaz ceny spojené s pohyby mezi uzly na daném spojení anebo konečnost dané cesty mezi nimi.

Definice by měla být intenzivní, ve smyslu nezávislosti na velikosti uzlu. V ideálním případě by měly mít dva uzly disponující stejným počtem spojení se zbytkem sítě stejně velkou konektivitu, ačkoli by se jednalo o uzly různé velikosti. Z tohoto důvodu měření založená pouze na konečném počtu přepravených cestujících, nebo frekvenci provozu nelze kvalifikovat jako kvalitní indikátory konektivity. Shepherd a Arvis [24] tím však nechtěli říct, že na velikosti vůbec



nezáleží. Obecně je skutečně očekávané, že čím větší uzel je, tím více je v síti zapojený nežli uzel menší velikosti. Tento fakt by však neměl plynout z definice jako takové.

Bezrozměrnost konektivity by měla být zajištěna a udána pouze číslem bez specifické jednotky, kdy by kvalita měla být zajištěna bez ohledu na popisované předměty a měla by být založena na normalizovaných pohybech. Dobrým příkladem této normalizace pohybů je podle Shepherd a Arvise [24] spojení pohybů uzlu v síti do jedné sumy.

Posledním faktorem, který by ideální definice konektivity měla splňovat je globálnost definice ve smyslu přímého nebo rekurzivního zahrnutí informace o celé síti a ne pouze vlastností daného uzlu a jeho přímých sousedů (dalších uzlů v síti), na které je přímo napojen. Shepherd a Arvis [24] tímto faktorem chtěli naznačit, že ideální konektivita uzlu by měla záviset na konektivě všech uzlů, na které je daný uzel napojen.

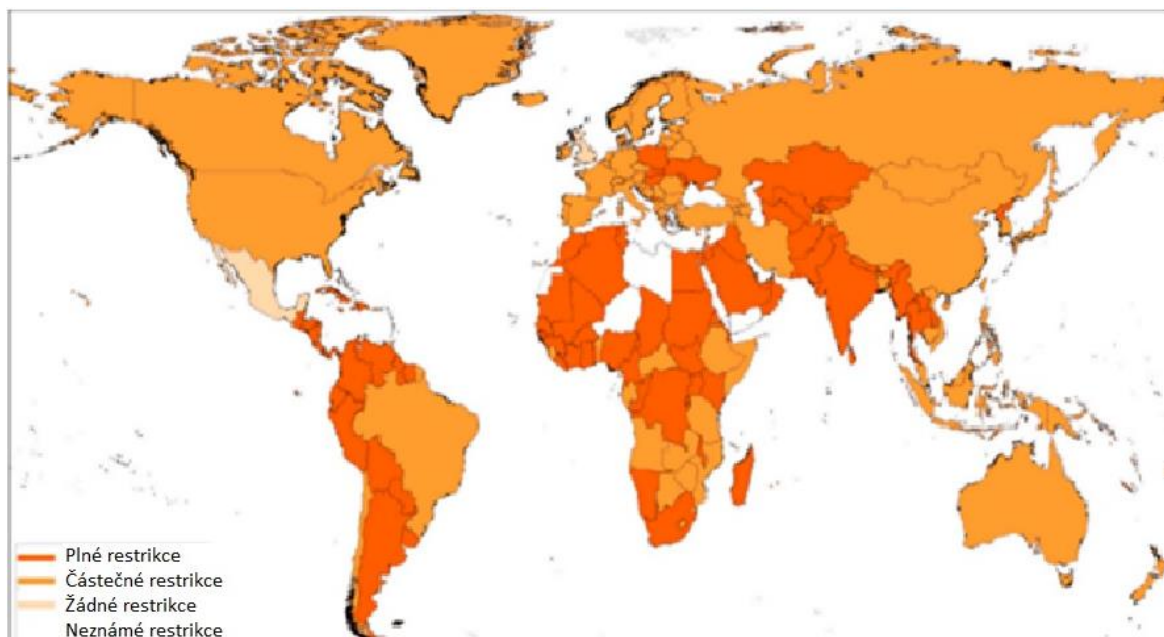
### 1.3.3 Shrnutí podkapitoly konektivity

Díky této podkapitole je možné určit co je to konektivita, co ji ovlivňuje, pohání a co by ideální definice konektivity, vycházejí z využitého měření měla splňovat. Před samotnou tvorbou metodologie je však třeba si v literární rešerši představit jednu důležitou událost, která negativně ovlivnila celosvětovou leteckou síť a její konektivitu. Jedná se o pandemii Covid-19, která bude představena v následující podkapitole.

## 1.4 Konektivita a pandemie Covid-19

Od 20tého století se svět bezpochyby nacházel v éře nakloněné letecké přepravě a to ať už se jednalo o let prvního letadla, vývoj pokročilejších leteckých motorů, rozvoj Hub-and-Spoke leteckých sítí, až po do budoucna předvídané roční přírůstky o 2-5% [25]. Nejen že letecké odvětví znamenalo revoluci v možnostech přepravy lidí a materiálu, ale zároveň změnilo pohled lidstva na svět jako takový. Dle Brockmanna [26] se riziko přenosu nemocí typických pro opačné světové strany rok od roku zvyšuje právě díky schopnosti letecké dopravy, překonat velké vzdálenosti za krátký časový úsek. Mezi takovéto nedávné nemoci s vysokým rizikem přenosu, které mohly mít devastující účinky na leteckou přepravu patřila podle Zaki [27] epidemie MERS z roku 2012, nebo podle Bogoch a kol. [28] Ebola z roku 2014. Následky těchto epidemických onemocnění však do nedávné doby ovlivňovaly lidstvo a leteckou přepravu pouze na úrovních regionálních a to hlavně díky pohotovosti světových a státních organizací, které pomocí přerušení spojení omezily možnosti přenosu těchto závažných onemocnění již v počátečních stádiích a zamezili tím tak celosvětovému propuknutí pandemie.

S příchodem Covid-19 však došlo k naprosté změně leteckého řádu, jaký byl do této doby znám. Během prvních měsíců roku 2020 se tato nemoc rychle rozšířila téměř do všech zemí světa a spustila tím doposud až nepředstavitelnou vlnu zákazů cestování a lockdownů. Reakce jednotlivých zemí na Covid-19 byly značně odlišné a tím i následná úspěšnost ve zvládnutí této pandemie. Podle práce Suna a kol. [25] bylo jedním z nejučinnějších opatření, které v této těžké době byly zavedeny pro zvládnutí boje s nákazou, zavedení velmi striktních leteckých omezení. Tato omezení byla zpravidla efektivní a účinná v počátečních fázích pandemie, kdy ještě nemoc v zemi stále nepřetrvává. Během pandemie Covid-19 však bylo možné pozorovat, že více než polovina zemí celosvětově zavedla alespoň částečné letecké restriktce, které do jisté míry omezily jak mezinárodní, tak i regionální leteckou přepravu.

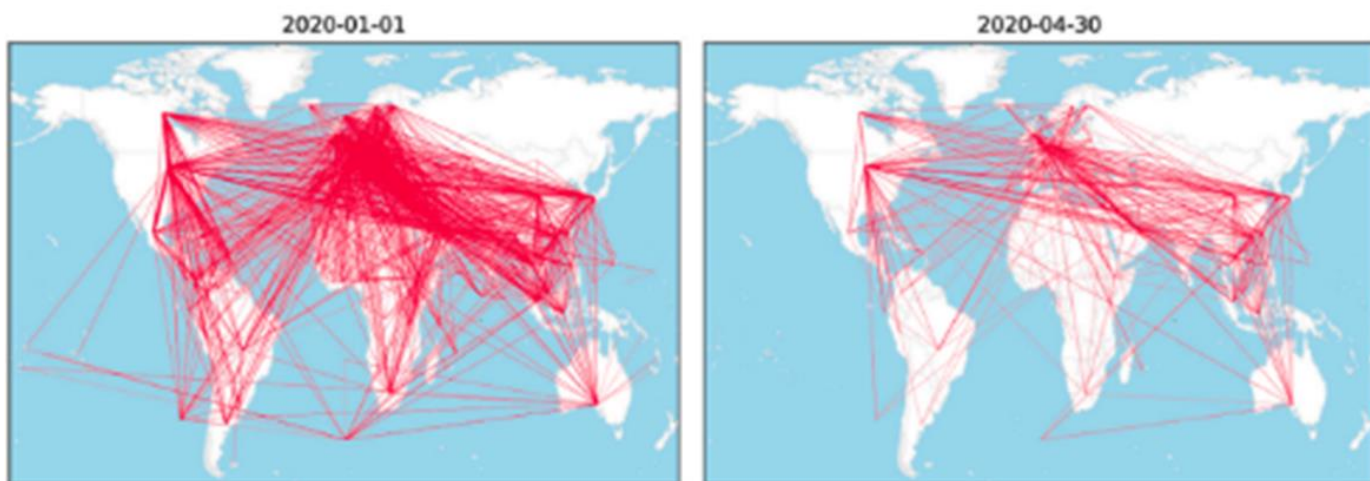


Obrázek 8 – Světová mapa leteckých restriktcí z května roku 2020 [25], (upraveno)

Obrázek č.8 zobrazuje celosvětovou mapu zemí, ve kterých byly v květnu roku 2020, kdy pandemie skutečně propukla po celém světě a byla na největším vzestupu, zavedeny alespoň nějaké druhy restriktcí omezující leteckou přepravu, popsané ve zprávě společnosti UNWTO [29]. Tmavě oranžovou barvou jsou zde označeny země, které zavedly plné letecké restriktce a prakticky se úplně odřízly od okolního světa, nebo alespoň značným způsobem ztížily podmínky, za jakých bylo možné se do těchto zemí dostat. Mezi takovéto země patřily především Africké státy a státy Jižní Ameriky. Oranžovou barvou jsou zde poté vyznačeny země, které v tomto období zavedly částečné restriktce a to ať ty nejslabší jako je negativní PCR Covid-19 test, anebo dvoutýdenní karanténa, až po ty nejtvrďší jako je zákaz vstupu

občanům určitých zemí. Běžovou barvou jsou poté vyznačeny země bez restrikcí a bílou země u kterých nebyl vztah k restrikcím znám, především díky jejich omezené komunikaci se světem.

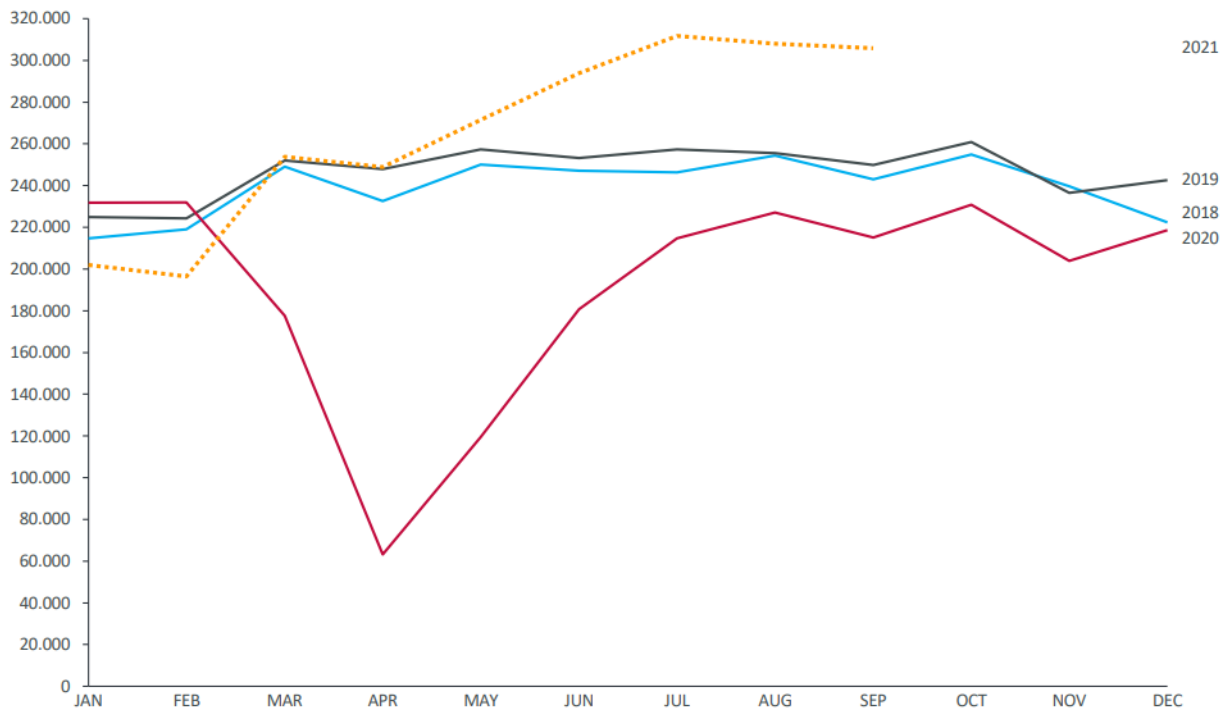
Na otázku jakým způsobem přesně pandemie ovlivnila světovou konektivitu, je možné odpověď pomoci níže přiloženého obrázku č.9, pocházejícího z práce Suna a kol. [25]. Obrázek zobrazuje porovnání letecké přepravy světové sítě na začátku ledna roku 2020 v levé části mapy a konce dubna roku 2020 v pravé části mapy, kdy už pandemie oficiálně zasáhla celý svět. Jednotlivé země zde představují uzly, mezi kterými jsou černou čarou nakresleny hrany, pokud zde v daném časovém období existoval alespoň jeden mezinárodní let. Z obrázku je patrné, že v dubnu kdy již většina zemí začala odpovídat tvrdými restrikcemi, došlo k výraznému poklesu ve světové konektivitě sítě. Ačkoli se na první pohled může zdát, že pandemie leteckou dopravu úplně nepoložila, nemusí tomu být úplně pravda. Spousta těchto zaznamenaných letů bylo totiž provedeno zejména pro evakuaci občanů, kteří byli postižení velkým zrušením spojovacích linek s jejich zeměmi, anebo prázdnými lety, které dopravci provozovali ve ztrátě, aby nepřicházeli o své sloty.



Obrázek 9 – Mapa poklesu počtu spojů státní letecké dopravy mezi lednem a dubnem roku 2020 [25]

Do této chvíle byla tato podkapitola vztažena ke konektivitě velké letecké dopravy a důsledkům pandemie Covid-19 na ni. Ačkoli se pandemie a s ní spojený strach z létání zpočátku nevyhnul ani byznys letectví, dokázalo se podle Deane [30] oproti velkému dopravnímu létání rychleji zotavit a to zejména díky flexibilitě, příhodnosti a bezpečnosti této letecké dopravy.

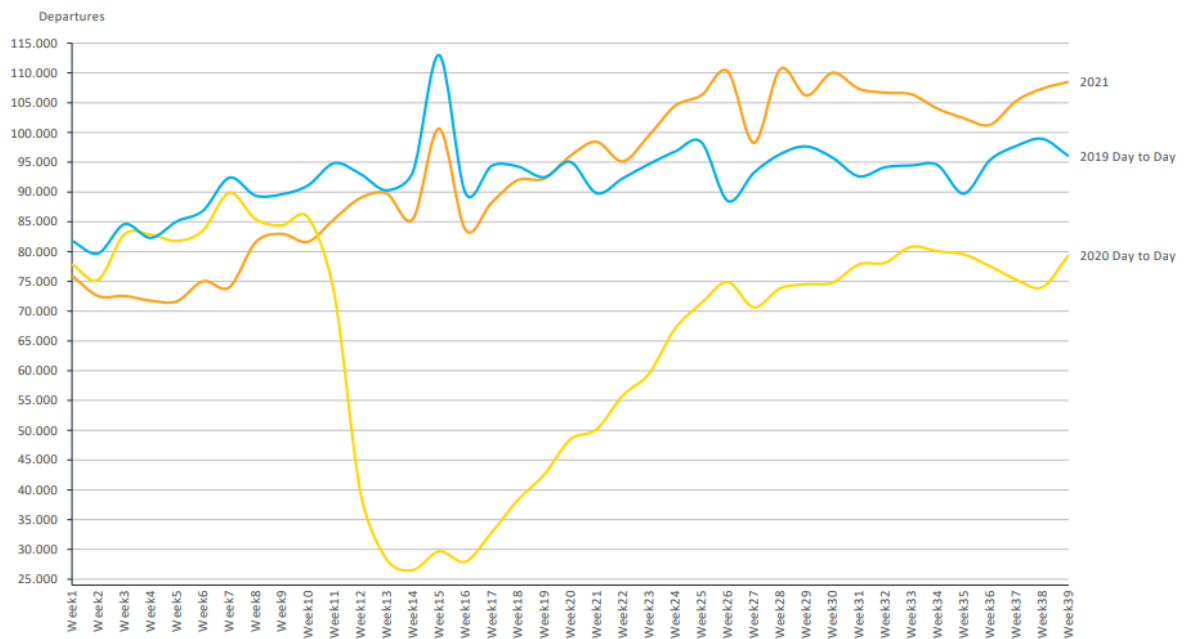
Pomocí níže přiložených grafů na obrázcích č.10 a č.11 pocházejících z neveřejné zprávy poskytnuté společností WINGX zpracované Huntem [31], je možné alespoň z části podrobněji nahlédnout, jakým způsobem se byznys letectví pohybovalo před, při a po vypuknutí pandemie Covid-19.



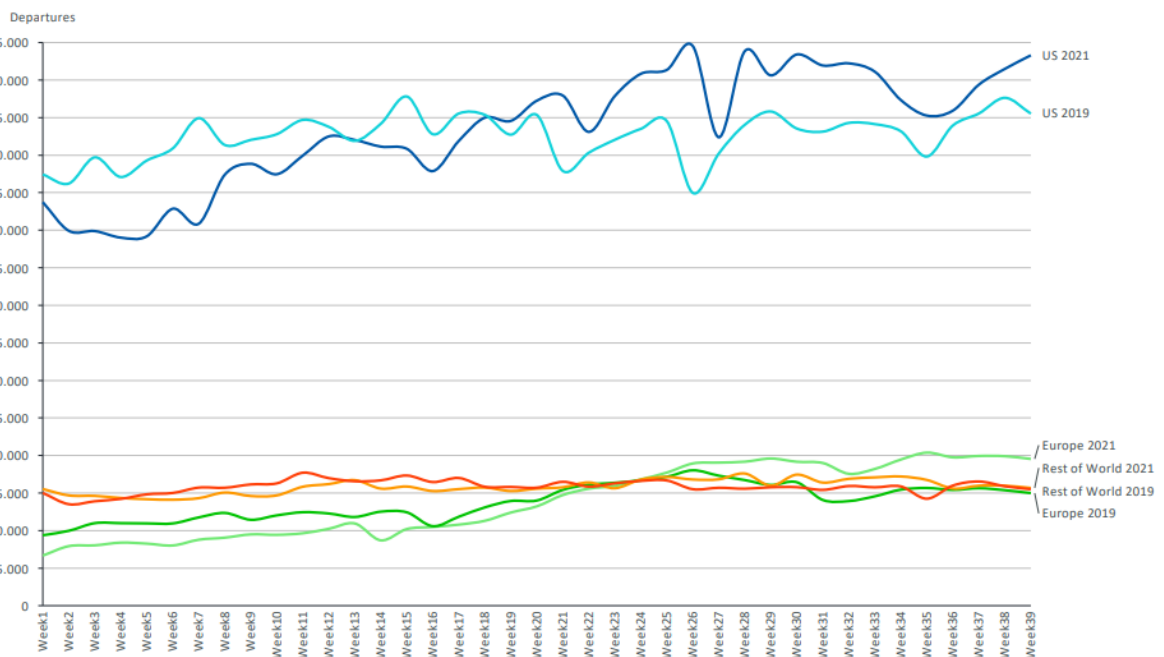
Obrázek 10 – Graf celosvětových pohybů byznys letectví za rok 2018 až 2021 [31]

Z grafu na obrázku č.10 je možné vidět, že se byznys letectví před rokem 2020 pohybovalo na úrovních, které se rok od roku zvyšovaly. Tento trend trval také na začátku pandemického roku 2020, kdy se měsíce leden a únor dostaly na své nejvyšší úrovně v celém zde zaznamenaném období. Od března který měl tyto měsíce následovat ještě vyšším nárůstem hodnot, však v tomto roce došlo ke strmému pádu. Tento pád byl poté následován ještě větším propadem v měsíci dubnu, ve kterém byl zaznamenaný počet letů až o 70% nižší, než ve stejném období z předcházejících let a který je světe charakterizován jako měsíc, kdy pandemie skutečně propukla na celém světě. Z obrázku je však patrné, že tento propad byl následován až lineárním nárůstem, který umožnil byznys letectví se vrátit již v srpnu na své 75% hodnoty z minulých let. Tyto hodnoty se mu poté v březnu roku 2021 podařilo vyrovnat a na přelomu dubna a května, pouhý rok od svého největšího propadu i překonat. Byznys letectví poté zaznamenalo další trend lineárního nárůstu v počtu letů, který trval až do konce možností tohoto grafu. Z obrázku č.11, ve kterém je zobrazen graf zaznamenávající počet vzletů

v týdenních časových obdobích, je možné určit, že zotavení z výše zmíněného dubnového propadu, začalo pro byznys letectví pouhé tři týdny po něm.



Obrázek 11 – Týdenní počet celosvětových odletů byznys letadel v letech 2019 až 2021 [31]



Obrázek 12 – Světový podíl v zotavení byznys letectví v letech 2019 a 2021 [31]



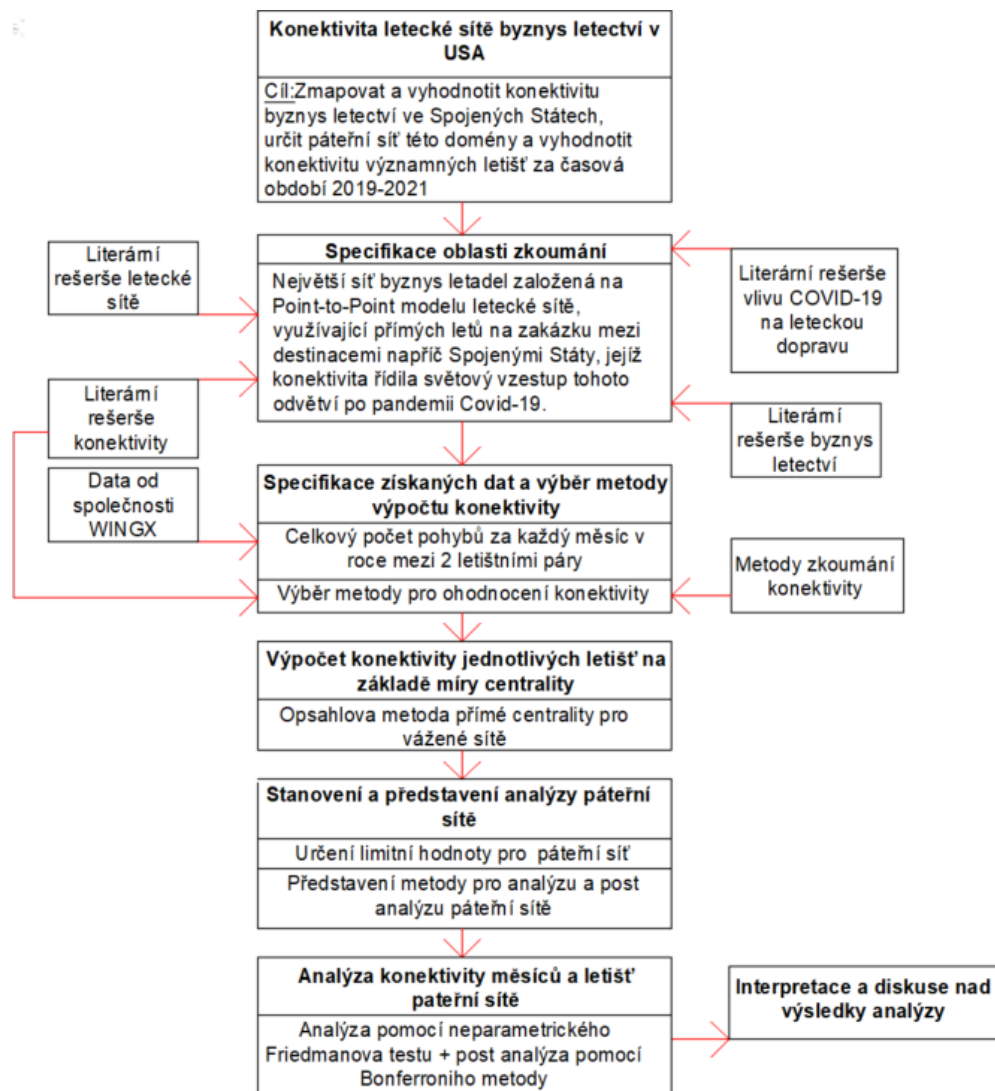


Pomocí grafu na obrázku č. 12 je dále možné určit, jaký podíl na tomto zotavení mělo byznys letectví ve Spojených Státech. Jak již bylo zmíněno v kapitole 1.2, Spojené Státy lze považovat za velmoc tohoto odvětví ať už flotilou, tak i počtem pohybů. Není tedy žádným překvapením, že mezitím co Evropa a zbytek světa tvořil jak v roce 2019 tak v roce 2021 necelých 30% veškerých vzletů byznys letadel v jednotlivých týdnech obou let, tvořilo byznys letectví v USA zbylých 70% těchto pohybů. Z grafu je taky patrné, že k dorovnání a následnému překonání předpandemických hodnot, došlo ve Spojených Státech nejméně o 4 týdny dříve, než se to podařilo Evropě a zbytku světa. Spojené Státy proto lze skutečně označit za nejdůležitější entitu tohoto odvětví, která řídila jeho světový vzestup.

Touto podkapitolou je zakončena kapitola literární rešerše, která byla potřebná k získání povědomí o zkoumání letecké sítě, základech a principech fungování byznys letectví, definici konektivity a faktorů, které ji ovlivňují, až po seznámení se s dopady pandemie Covid-19 na toto odvětví. Následující kapitola se bude zabývat metodologií této práce, ve které budou mimo jiné zmíněny datové zdroje, metody zkoumání konektivity, určení páteřní sítě a metody analýzy páteřní sítě.

## 2. Metodologie zpracování analýzy letecké sítě byznys letectví v USA

Pomocí metodologie je možné vytvořit ucelený postup pro zpracování určité problematiky s popisem plánování, organizací a realizací výzkumu [32]. „Pro výzkum je zapotřebí jasně vymežit oblast zkoumání a specifikovat potřebná data, která budou využita k dosažení cílů práce“ [6].



Obrázek 13 – Grafické znázornění metodologického postupu této práce

Pro metodologii zpracování, kterou se tato práce bude řídit, byl vytvořen grafický metodologický model zpracování, který je možné vidět na obrázku č.13. V této kapitole budou rozebrány jednotlivé body zpracování, na kterých se tento model zakládá. Prvním takovým bodem je přesné stanovení cíle práce a co vše k němu bude potřeba.



## 2.1 Konektivita byznys letectví v USA

Cílem této práce je zmapovat a vyhodnotit konektivitu ve Spojených Státech, určit páteří síť této domény a vyhodnotit konektivitu významných letišť za časová období 2019-2021. Aby tento cíl mohl být uskutečněn, bylo třeba provést základní literární rešerši týkající se letecké sítě a byznys letectví. Z rešerše bylo určeno, že se letecká síť byznys letectví zakládá na Point-to-Point modelu. V podkapitole 1.2 bylo poté definováno, že síť byznys letectví v USA je největší leteckou sítí této domény a to jak flotilou, tak počtem pohybů. Dalším tématem, na který bylo nutné provést literární rešerši a pro účely této práce si ho osvojit, bylo téma konektivita. Z rešerše bylo určeno, že konektivita je vlastnost jednotlivých uzlů v síti (v případě této práce letišť), kterou lze využít jako indikátor úrovně propojitelnosti uzlu se zbytkem sítě. V práci byly probrány také faktory, které konektivitu ovlivňují a nakonec i podmínky, které by ideální definice konektivity měla splňovat. Celá literární rešerše byla zakončena vlivem pandemie Covid-19 na leteckou dopravu a konektivitu byznys letectví. V této podkapitole bylo stanoveno, že pandemie Covid-19 měla zpočátku stejný vliv na byznys letectví, jako na velkou leteckou dopravu. Na rozdíl od ní se však byznys letectví dokázalo v řádu pouhých tří týdnů rychle vzpamatovat a rok po svém největším pádu také překonat předpandemické hodnoty. Na základě těchto podkladů lze v práci očekávat určité výsledky, které bude s rešerší možné v diskusi porovnat.

Pro pokračování této práce bylo třeba získat zdroj dat, na základě kterého by došlo k výběru nejvhodnější metody pro zkoumání konektivity páteří sítě.

## 2.2 Datové zdroje využité při zpracování této práce

Kvalitní zdroj dat je důležitým faktorem, který je bezpodmínečně nutný k provedení kvalitní a robustní analýzy. Jak bylo zmíněno v podkapitole 1.2, byznys letectví je odvětví preferované díky své flexibilitě, bezpečnosti a zabezpečení soukromí klientů, kteří těchto služeb využívají. Pokud je vůbec možné pomocí veřejných zdrojů dohledat že tento let probíhá, není většinou možné zjistit kam letí, případně si tento let zpětně dohledat i třeba jen v týdenní časovém období, protože jsou veškeré tyto informace svojí povahou citlivé. Z tohoto důvodu nebylo možné získat data z klasických zdrojů jako je Flightradar24, Flightera anebo Flightaware, ale bylo nutné kvalitní zdroj dat získat od společností, které se tímto sběrem zabývají. Mezi takto zaměřené společnosti patří také společnost WINGX, zabývající se shromažďováním, analýzou a vyhodnocením dat byznys letectví po celém světě a která také poskytla data o pohybech byznys letadel, využívaných v této práci.



Vzhled takto poskytnutých dat lze nalézt v níže přiložené tabulce č.1. Tabulka obsahuje data o prvních 23 letištních párech v roce 2019 a pohybech mezi nimi v každém měsíci tohoto roku. Zde je nutné podotknout že první letiště v daném páru je vždy letištěm vzletu a druhé letištěm přistání. Dohromady tabulka obsahuje okolo 497609 letištních párů, mezi kterými v rozmezí let 2019 až 2021 proběhl alespoň v jednom měsíci tohoto tříletého časového období nějaký pohyb. Tyto letištní páry byly vytvořeny z 4575 letišť. Ke zdroji těchto dat je také nutné dodat, že obsahuje pouze lety realizované proudovými letouny a neposkytuje data o pohybech letounů turbovrtulových anebo helikoptér, které podle Krane [15] dohromady tvoří 31% podíl na celosvětovém trhu byznys letectví. Práce přesto stále pracuje se zbylou 69% většinou trhu tohoto odvětví a je tak možné provést analýzu a získat tak podrobný přehled o vzhledu sítě.

Tabulka 1 - Poskytnutá data o pohybech mezi letištními páry za rok 2019

pair	I.19	II.19	III.19	IV.19	V.19	VI.19	VII.19	VIII.19	IX.19	X.19	XI.19	XII.19
KVNY-KLAS	274	202	272	250	264	216	222	208	259	246	236	212
KLAS-KVNY	248	218	271	244	276	220	252	213	267	232	239	218
KLAS-KBUR	239	231	257	278	263	236	247	241	223	243	223	200
KBUR-KLAS	233	229	258	274	273	262	253	242	238	242	226	203
KPBI-KTEB	226	190	193	187	121	61	39	66	55	116	142	143
KTEB-KPBI	213	175	196	166	112	47	37	50	67	133	172	158
KLAS-KSNA	196	247	231	202	262	242	249	244	233	225	195	186
KSNA-KLAS	196	256	224	221	254	252	251	257	224	219	189	170
KBUR-KOAK	168	181	192	175	182	189	192	200	236	221	181	214
KPBI-KHPN	166	118	110	111	88	27	19	35	20	38	76	89
KTEB-KIAD	164	153	208	221	220	197	146	115	232	238	201	174
KOPF-KTEB	163	161	163	179	116	96	67	95	101	111	143	187
KOAK-KBUR	160	196	182	177	184	201	196	211	243	234	194	213
KHPN-KTEB	158	146	151	166	179	132	122	111	138	150	140	175
KIAD-KTEB	152	161	221	212	215	183	137	107	234	259	231	189
KHPN-KPBI	148	151	104	91	66	31	23	34	33	66	104	120
KLAX-KLAS	130	114	87	88	96	114	83	92	93	105	89	102
KTEB-KOPF	125	141	132	170	119	91	56	87	113	110	185	156
KLAS-KOAK	124	104	122	112	148	147	129	129	169	157	129	130
KTEB-KBED	124	125	154	135	162	127	87	93	160	182	202	164
KBED-KTEB	123	114	130	124	129	113	72	76	128	174	177	135
KOAK-KVNY	122	98	105	78	77	86	51	83	136	68	62	74
KOAK-KLAS	120	106	114	106	154	150	128	127	165	141	115	131

Po získání datového zdroje bylo třeba vybrat vhodnou metodu zkoumání konektivity, pomocí které bude možné přiřadit skóre konektivity každému letišti, které se v této síti nachází. V následující podkapitole proto budou rozebrány jednotlivé metody a zároveň i stanovena nejvhodnější z nich.



## 2.3 Metody zkoumání konektivity letecké sítě

Zkoumání konektivity letecké sítě je v leteckém průmyslu využíváno zejména k měření výkonnosti propojení jednotlivých letišť vůči sobě [21]. Kaločayová [6] ve své práci uvedla, že jednotlivá letiště ve zkoumané síti lze porovnávat pomocí základních provozních charakteristik letišť jako jsou:

- Celkový počet přepravených cestujících
- Frekvence pohybů letadel
- Množství přepravovaného nákladu

Ačkoli jsou tyto ukazatele výkonnosti letiště důležité pro hodnocení provozu, nejedná se o kvalitní poskytovatele informací, hodnotící velikost a kvalitu letecké sítě, nebo propojenost a dostupnost ostatních letišť. Dle Burghouwt [33] nebo Veldhuis [34] lze přistupovat ke zkoumání a měření konektivity sítě pomocí dvou způsobů:

- Dostupnost
- Centralita

Dle Newmana [35] se z pohledu dostupnosti, zkoumá dostupný počet a kvalita přímých a nepřímých spojení z a do vybraného uzlu v síti. Druhý způsob z pohledu centrality zase zkoumá počet přestupních možností skrz dané letiště a propojenost ostatních uzlů v síti.

Následující oddíly se budou zabývat nejvyužívanějšími metodami pro zkoumání konektivity sítě z pohledu dostupnosti a centrality. Zhodnocena zde bude jejich využitelnost pro specifický případ užití, vycházející z bakalářské práce.

### 2.3.1 Metody zkoumající konektivitu z pohledu dostupnosti

Nejnámější metodou pro zkoumání konektivity z pohledu dostupnosti je Netscan model. Kromě Netscan modelu je možné definovat ještě další dvě metody kdy první by byla metoda IATA connectivity indexu, kterou vytvořila IATA [23] na základě Netscan modelu pro určení integrace do globální letecké přepravní sítě, odrážející početní a ekonomickou důležitost obslužených destinací z hlavních letišť země a počtu dalších spojení, dostupných z každé destinace letecké sítě, využívající ve svém výpočtu frekvenci pohybů, roční nebo průměrný počet sedadel do destinace, váhu destinace na základě ekonomického významu daného letiště a počtu navazujících spojů, které může poskytnout. Druhým způsobem měření by byl World Bank connectivity index vyvinutý Arvisem a Shepherdem [24] a který v podstatě



rozšiřuje práci IATA konektivity indexu tím, že ji usazuje do systematického modelu a určuje tak schopnost země se efektivně spojit s ostatními v předem stanovené síti, pomocí počtu pohybů do zbytku světa a ceny pohybů. Už jen z pohledu dat, jako jsou letecké řády, počty nabízených spojů nebo průměrný počet sedadel je zřejmé, že jsou metody nevhodné pro zkoumání Point-to-Point letecké sítě byznys letectví fungujícího nepravidelně, na zakázku a díky zásadám bezpečnosti také prakticky nemožné vůbec zjistit, jaký je celkový nebo průměrný počet sedadel do zvolené destinace. Není tedy vůbec potřebné, zabývat se dalším rozbíráním těchto metod a lze rovnou pokračovat představením metod zkoumající leteckou síť z pohledu centrality, které by měla vyhovovat potřebám a cílům této práce. Pro alespoň základní přehled o zkoumání z pohledu dostupnosti bude metoda Netscan modelu nastíněna níže v tomto oddílu.

### **Netscan model**

Netscan model je nejznámější metodou pro měření konektivity z pohledu dostupnosti, který byl vytvořen společností SEO Aviation Economics a je využíván ACI Europe zastupující společné zájmy letišť [23]. Model byl vyvinut v roce 1997 k ohodnocení mezinárodního letiště Schipol v Amsterdamu, se zaměřením výzkumu na index kvality a počet navazujících letů z letiště. Ve stejném roce byl také využit organizací IATA k ohodnocení a porovnání konektivity globálních sítí letišť [6].

Dle Halyleye a Bottiniho [20] se na rozdíl od IATA konektivity indexu určeného především k analýze letecké konektivity pro města, státy a regiony s výhledem pro otevření potencionálního ekonomického růstu, byl NetScan především určen ke kompetitivní analýze dopravců a jednotlivých letišť, ve smyslu počtu nabízených spojů. Shepherd a Arvis [24] ve své práci zmínili, že model využívá jako svá vstupní data letové řády jednotlivých letišť, která jsou ve výzkumu zahrnuta a dále pak i letové řády letišť přestupních, filtrovaných o možné navazující spoje na předchozí přímé lety. Netscan model rozlišuje mezi čtyřmi typy letecké konektivity:

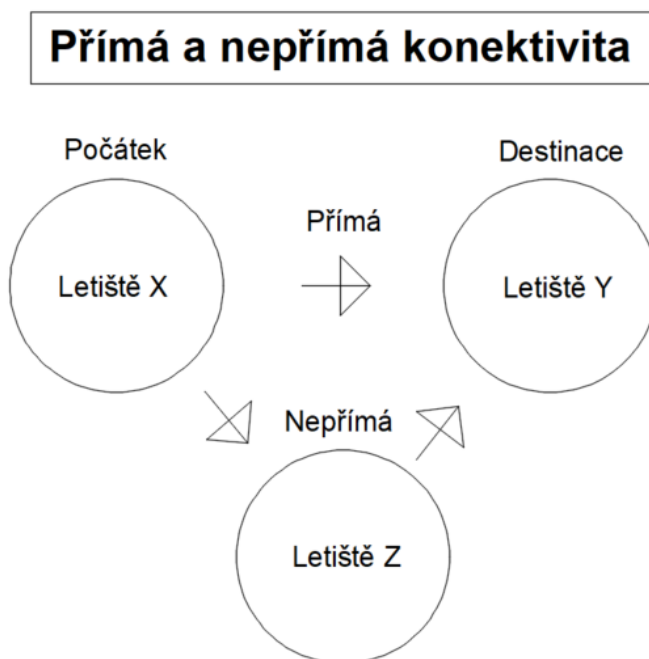
- Přímá konektivita
- Nepřímá konektivita
- Letištní konektivita
- Hub konektivita

Podle Egelanda [21] pomáhá sledování těchto konektivit v čase aerolinkám, letišťům a vládám analyzovat vývoj síťové konektivity v čase, změřit výkonnost konektivity sítě vůči hlavním

letišť/aerolinkovým soutěžícím a vykonat tak analýzu scénářů k určení možných dopadů byznysu a právních rozhodnutí na cestovní síť.

ACI [36] definuje přímou konektivitu jako dostupné přímé letové služby z letiště X do letiště Y, měřené z pohledu dostupných destinací, ale také zhodnocením frekvence letů do stejné destinace. Jako příklad lze uvést letiště X, které má pět denních letů do dalšího letiště v síti Y. Letišti X by na základě přímé centrality mělo být přiřazeno vyšší skóre, nežli dalšímu letišti v síti Z, které má těchto pohybů pouze čtyři.

Nepřímou konektivitu lze podle ACI [36] definovat jako počet nepřímých spojení, které jsou dostupné z letiště X přes „Hub“ letiště Z do dalšího navazujícího letiště Y. Každému nepřímému spojení je poté přiděleno skóre mezi 0 a 1 k reflektování kvality spoje. Kvalita je poté definována rychlostí nepřímého spoje vůči spoji přímému, která je zejména funkcí přestupního času na letišti, rychlostí operovaného letadla a jakýmkoli zvýšením uletěné vzdálenosti. Jako příklad této konektivity lze uvést let z Manchesteru do Johannesburgu přes Pařížské letiště Charles de Gualle, které takto získá vyšší skóre konektivity, nežli alternativní spojení, které by vedlo skrz Varšavské letiště Frédéricica Chopina.

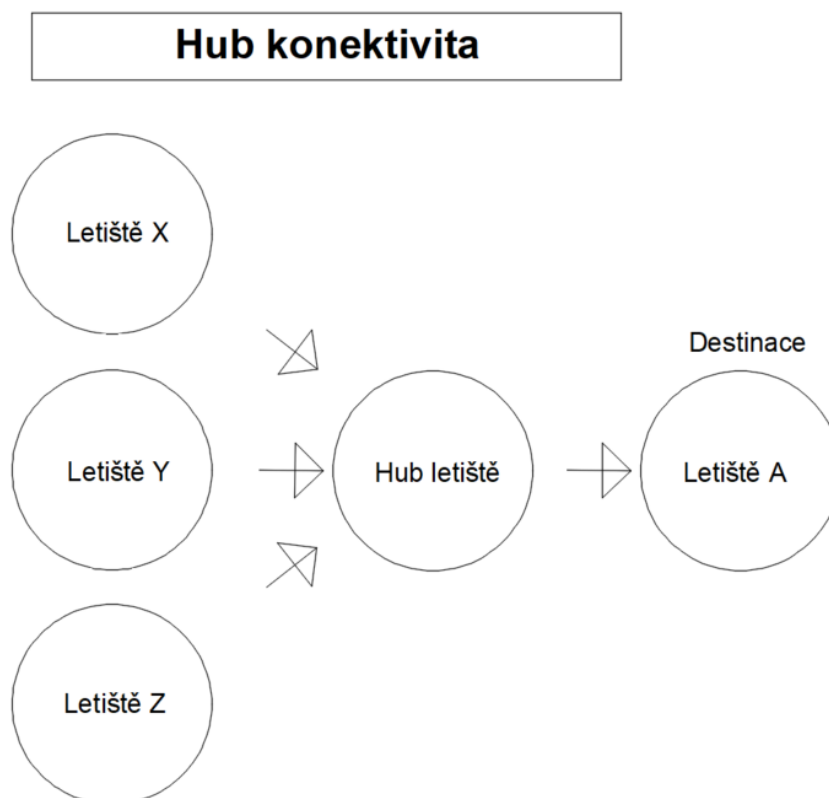


Obrázek 14 – Grafické znázornění přímé a nepřímé konektivity [21], (upraveno)

Na obrázku č.14 lze vidět, jak taková přímá spojení z letiště X do letiště Y a nepřímé spojení z letiště X do letiště Y přes letiště Z vypadá.

Letištní konektivita je nejvíce komplexním měřením pro konektivitu letiště, které bere v potaz jak přímou, tak nepřímou konektivitu daného letiště. Tuto konektivitu definuje ACI [36] jako sumu přímých a nepřímých spojení, měřící celkovou úroveň propojení daného letiště se zbytkem světa, jak přímými tak nepřímými spoji skrz další letiště v síti.

Posledním typem letecké konektivity, kterou je NetScan model schopen rozlišit je Hub konektivita. Hub konektivita se odkazuje na spojení skrz Hub letiště mezi počátkem a destinací. Dle Egelanda [21] se jedná o měření navazujících letů, které mohou být skrz dané Hub letiště uskutečněny. Při tomto měření je třeba brát v potaz minimální a maximální čas propojení a kvalitu spojů, kterým je přidělena váha na základě oklik zahrnutých v čase propojení. Ačkoli je tento typ konektivity velice užitečný pro plánovací strategie letiště a vývoj cest, není podle Newmana [35] možné toto měření využít k měření širších ekonomických výhod konektivity.



Obrázek 15 – Grafické znázornění Hub konektivity [21], (upraveno)

Obrázek č.15 opět znázorňuje způsob spojení Hub konektivity, kdy všechny spoje do destinačního letiště A z ostatních letišť v síti X, Y, Z vždy vedou přes prostřední Hub letiště.





V dalším oddílu budou jak již bylo nastíněno na začátku této podkapitoly představeny metody zkoumání konektivity z pohledu centrality, ze kterých bude vybrána jedna konkrétní ke zkoumání konektivity této práce.

### 2.3.2 Metoda centrality

Jak již bylo zmíněno v podkapitole 1.1, leteckou síť je možné identifikovat jako graf skládající se ze souborů uzlů a hran, kdy jednotlivé uzly sítě představují letiště a hrany existující spojení mezi nimi. Koncept centrality je využíván především v oblasti teorie grafů. Jedná se také o jeden z primárních principů síťové analýzy. Burghouwt [33] ji ve své práci definoval jako jeden z hlavních dvou konceptů, pomocí kterých je možné konektivitu zkoumat.

Koncept centrality byl vyvinut v rámci oboru sociologie a postupem času byl rozšířen do několika dalších odvětví. Koncept jako takový byl představen již v padesátých letech minulého století v práci Bavelase [37], primárně pro zkoumání komunikace malých skupin společně se zkoumáním jejich vztahu strukturální centrality a vlivu ve skupině. Freeman [38] jehož výzkum vycházel právě z Bavelasovi studie ve své práci provedl podrobný popis na souvislost centrality s efektivitou skupiny při řešení problémů. Z celé této práce byl schopen vyvodit, že centralita sítě vyjadřuje důležitost a postavení jednotlivých uzlů ve zkoumané síti. Podle Kaločayové [6] tím stanovil přístup k síti, ze kterého vycházejí všechny aplikace konceptu centrality v oblasti síťové analýzy a analýzy dopravních sítí.

Koncept centrality je tedy založen na zdůraznění míry centrálnosti uzlu ve zkoumané síti, čímž vlastně určuje jeho důležitost. Interpretace toho, co si může člověk představit pod pojmem „centrální“, se však může lišit od aplikace a úhlu pohledu v daném kontextu. V průběhu času vzniklo několik způsobů, pomocí kterých je možné centralitu uzlu v síťové analýze měřit, k získání lepšího pohledu na celou zkoumanou síť. Zatímco pomocí jedné metody centrality se může uzel zdát vysoce centrální, pomocí druhého tomu naopak tak být nemusí a centralita uzlu může být zase nižší. Podle Goldbecka [39] však tato skutečnost nenaznačuje, že je použité měření centrality nesprávné, ale pouze tím dokazuje, že existuje několik způsobů, jakými lze centralitu uzlů v síti popsat. Interpretace měření centrality tedy vždy záleží na zkoumaných datech a kontextu, ve kterém byla daná metoda využita a je tedy čistě ponechána na lidském uvážení.



Freeman [38] ve své práci stanovil tři základní měření centrality uzlu:

- Closeness centrality – Centralita dostupnosti
- Betweenness centrality – Přestupní centralita
- Degree centrality – Přímá centralita

Původní anglické názvy jsou zde doplněny o český ekvivalent, jaký ve své práci využila Kaločayová [6] a který bude dále využíván při popisu jednotlivých metod v této práci.

Pro zkoumání a výpočet konektivity bude v práci využita Opsahlova [40] upravená metoda přímé centrality pro vážené sítě, která ve svém výpočtu uvažuje jak počet spojení, tak i váhu hran se zakomponováním tzv. „Ladícího parametru“ a která splňuje všechny body ideální definice konektivity zmíněné v oddílu 1.3.2. Ve zbytku oddílu budou dále probrány metody měření centrality dostupnosti, přestupní centrality, ale i základní přímé a vážené přímé centrality a to včetně zdůvodnění, proč se pro zkoumání konektivity sítě byznys letectví tato měření hodí či nehodí.

### Centralita dostupnosti

Freeman [38] určil centralitu dostupnosti jako metodu určení centrálnosti uzlu na základě určení tzv. nejkratších cest v síti, který tímto způsobem určuje jak moc je daný uzel blízko všem ostatním uzlům ve zkoumané síti. Při zkoumání binárních sítí, pro které všechny Freemanovi metody byly navrženy, lze nejkratší cesty nalézt pomocí minimalizování počtu mezilehlých uzlů, kdy délka této cesty je definována jako minimální počet vazeb, propojující dva uzly v síti, ať už přímým nebo nepřímým spojením. Tento argument Opsahl [40] ve své práci popsal pomocí vzorce:

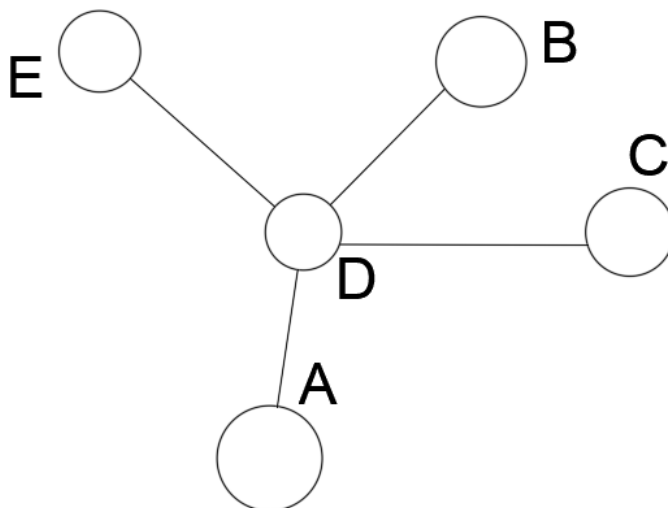
$$d(i, j) = \min (x_{ih} + \dots + x_{hj}) \quad (1)$$

$d(i, j)$  – počet binárně nejkratších cest

$h$  – mezilehlý uzel na cestě mezi uzly "i" a "j"

Rovnici č.1 je možné vysvětlit pomocí praktického příkladu na obrázku č.16 znázorňujícího síť pěti uzlů, které jsou spolu všechny propojeny přes uzel D. Při pokusu nalézt nejkratší cestu

z uzlu A do B je třeba kvůli neexistenci nejkratšího spojení použít cestu vedoucí skrz uzel D a hodnota nejkratší cesty by v tomto případě byla rovna dvěma.



Obrázek 16 – Síť pěti uzlů

Dle Burta [41], hrají při zkoumání nejkratších cest roli dva hlavní faktory. Prvním faktorem je čas potřebný k interakci mezi dvěma uzly v síti, který je tím vyšší, čím více mezilehlých uzlů se v dané síti nachází. Druhým faktorem je síla mezilehlých uzlů, kdy je třeba považovat uzly za mocné třetí strany při šíření, anebo zpoždění interakcí mezi dvěma uzly. Jelikož mají všechny hrany v binárních sítích stejnou váhu, je nejkratší cesta pro jejich interakci dosažená vždy pomocí nejmenšího počtu mezilehlých uzlů. Opsahl [40] tuto metodu ve své práci shrnul pomocí rovnice:

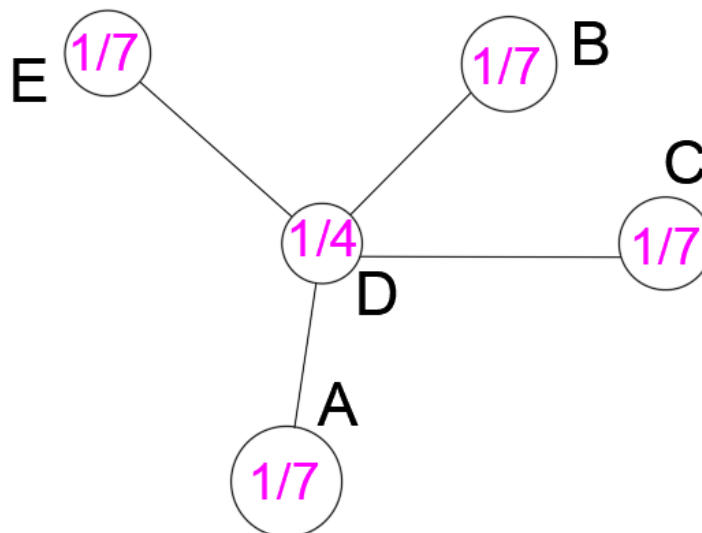
$$C_C(i) = \left[ \sum_j^N d(i,j) \right]^{-1} \quad (2)$$

$C_C$  – centralita dostupnosti

$N$  – Počet uzlů v síti

Rovnice č.2 představuje matematické vyjádření centrality dostupnosti, ve kterém bylo využito členu nejkratších cest, matematicky definovaného v rovnici č.1. Zjednodušeně řečeno se jedná o invertovaný součet nejkratších cest zkoumaného uzlu do všech ostatních uzlů v síti.

Pro praktické pochopení této metody bylo využito sítě pěti uzlů z obrázku č.16, kdy bylo každému uzlu vypočítáno skóre centrality dostupnosti, které je možné vidět na obrázku č.17. Nejvyšší hodnota byla v tomto případě přiřazena uzlu D, jelikož je jako jediný v síti schopen dosáhnout všech ostatních uzlů pouze pomocí jednoho kroku oproti uzlům ostatním, které kromě dosažení uzlu D potřebují vždy dva kroky k dosažení ostatních uzlů v síti. Výsledný invertovaný součet kroků proto v ostatních případech vyšel  $1/7$ .



Obrázek 17 – Grafické znázornění sítě pěti uzlů hodnocené pomocí centrality dostupnosti

Měření centrality dostupnosti se zakládá na identifikaci nejkratší cesty do všech ostatních uzlů. Pokud však mezi uzlem a ostatními uzly v síti neexistuje přímé spojení, musí tato nejkratší cesta vést přes uzel třetí, který je s požadovaným uzlem spojený. Charakter tohoto měření lze tedy přirovnat k takové nepřímé konektivitě rozebírané u NetScan modelu, která uvažuje možnost přestupu v případě neexistence přímého spojení. Metoda se proto jeví jako nevhodná pro Point-to-Point síť byznys letectví, ve kterém se s přestupy na mezilehlých letištích nepočítá a byla by spíše využitelná, při určení centrálnosti uzlu z pohledu velké letecké dopravy a modelu letecké sítě Hub-and-Spoke. Z tohoto důvodu nebyla tato metoda v práci využita.

### Přestupní centralita

Přestupní centralita je podobně jako centralita dostupnosti založená na identifikaci nejkratších cest. V případě přestupní centrality se měří počet nejkratších cest, procházející skrz zkoumaný uzel v síti [39]. Výsledná hodnota následně ukazuje, které uzly v síti jsou nejcentrálnější. Podle

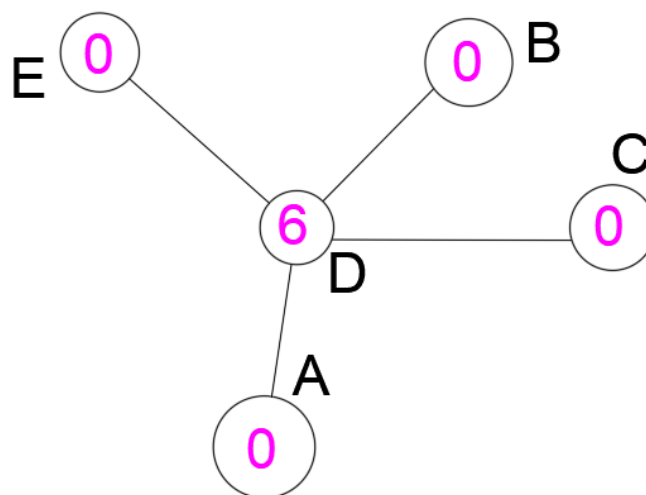
Disney [42] lze nejcentrálnější uzly považovat za největší mosty pro ostatní uzly v dané síti. Opět i zde platí že čím vyšší skóre je danému uzlu přiděleno, tím centrálnějším se stává a tím důležitějším je pro tok celé sítě. Opsahl [40] ji ve své práci matematicky vyjádřil pomocí rovnice:

$$C_B(i) = \frac{d_{ij}(i)}{d_{ij}} \quad (3)$$

$C_B$  – přestupní centralita

$d_{ij}(i)$  – počet nejkratších cest vedoucích skrz zkoumaný uzel  $i$

Rovnice č.3 je matematicky zapsaná přestupní centralita, kdy člen v čitateli vyjadřuje počet nejkratších cest vedoucích z uzlu „X“ přes sledovaný uzel „i“ do jiného uzlu „Y“. Druhý člen zde vyjadřuje nejkratší cestu potřebnou k dosažení jiného uzlu v síti.



Obrázek 18 – Grafické znázornění sítě hodnocené pomocí přestupní centrality

Pro praktické znázornění této centrality bylo využito obdobné sítě pěti uzlů jako v případě centrality dostupnosti. Obrázek č.18 znázorňuje tuto síť, kdy každému uzlu bylo vypočítané skóre pomocí přestupní centrality. Z obrázku je patrné, že přes uzel D tímto způsobem vede 6 nejkratších cest ( z A-B; A-C; A-E; B-E; B-C; C-E) a nejkratší cesta mezi dvěma uzly je 1 ( z kteréhokoli uzlu v síti do uzlu D) a výsledné skóre přiřazené uzlu D rovno 6. Ostatním uzlům v síti byla přiřazena nulová hodnota, protože přes ně žádná nejkratší cesta nevede. V letecké



dopravě jsou letiště ohodnocené pomocí této metody považovány za „Hub“ přestupní letiště, protože veškerá krajní letiště jsou ohodnocena nulovou hodnotou. Toto měření je tedy opět využitelné při zkoumání letecké sítě založené na modelu Hub-and-Spoke a identifikaci nejdůležitějších „Hubů“ a nehodí se pro potřeby této práce.

Posledním Freemanovo definovaným měřením je tedy měření přímé centrality, jehož základní a upravená metoda, která byla zvolená pro potřeby této práce bude rozebrána níže.

### Přímá centralita – výběr metody

Přímá centralita je nejjednodušší způsob měření centrality. Freeman [38] ve své práci stanovil, že stupeň přímé centrality fokálního uzlu je určený na základě počtu příležitostí v síti, neboli počtu uzlů, které jsou na fokální uzel napojeny. Zjednodušeně řečeno se jedná o počet hran (spojů), které vedou do fokálního uzlu. Stupeň přímé centrality je nejjednodušším indikátorem, který se často využívá jako první krok při síťové analýze.

$$k_i = C_D(i) = \sum_j^N x_{ij} \quad (4)$$

$k_i$  – Stupeň fokálního uzle

$C_D$  – Přímá centralita

$i$  – Fokální uzel

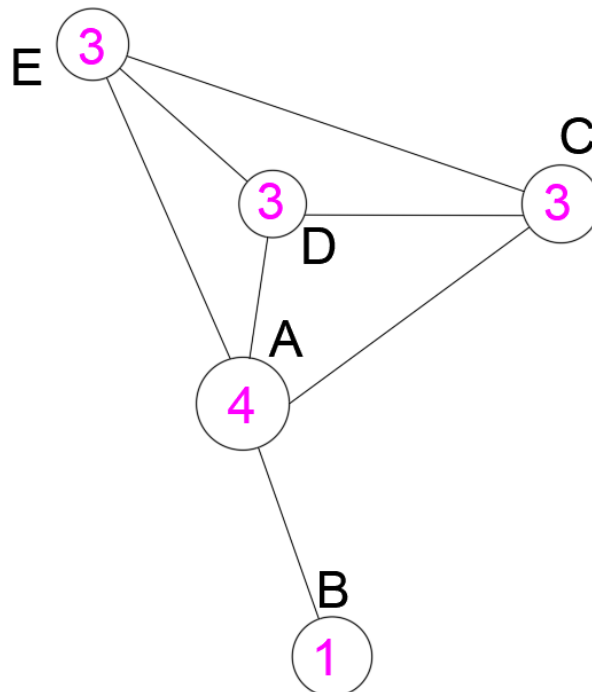
$j$  – Koeficient všech ostatních uzlů v síti

$x$  – matice přizpůsobivosti

Rovnice č.4 je matematickým vyjádřením této metody, které ve své práci využil Opsahl [40]. Metoda funguje na principu existence spojení, kdy  $x_{ij}$  bude definováno jako 1, pokud existuje ve zkoumané síti spojení mezi fokálním uzlem „i“ a jiným uzlem v síti „j“. V opačném případě by hodnota byla 0.

Pro praktickou ukázkou tohoto výpočtu byl zpracovaný grafický model sítě 5 uzlů od A až E, kterým bylo na obrázku č.19 přiřazeno skóre přímé centrality. Z obrázku je patrné, že největší

hodnotu získal uzel A, který získal hodnotu 4, protože se mezi ním a ostatními čtyřmi uzly v síti nacházejí čtyři hrany. Nejnižší hodnotu zde naopak získal uzel B, protože jediné spojení, které existuje mezi ním a ostatními uzly v síti je spojení s uzlem A.



Obrázek 19 – Grafické znázornění přímé centrality

Tato Freemanem [38] definovaná metoda přímé centrality byla však navržena pro zkoumání binárních sítí, které se zabírali pouze tím, zdali hrana (spojení) mezi dvěma uzly existuje či nikoli. Metoda prakticky vůbec neuvažovala nad tím, zdali nemá daná hrana také jinou hodnotu nežli 1 a nebyla proto vůbec použitelná při zkoumání vážených sítí. Autoři Newman [43], Barrat [44] nebo Opsahl [45] se tímto problémem ve svých pracích zabývali, aby bylo možné metodu upravit pro zkoumání vážených sítí, kde by se místo přidělování skóre za pouhou existenci spojení, začalo přiřazovat skóre za hodnotu jednotlivých hran na takovém to spojení. V obecných kruzích je tato upravená metoda nazývaná jako Weighted centrality, neboli „Vážená centralita“.

Matematický zápis této metody, který ve své práci vyjádřil Opsahl [40] je zapsán v níže přiložené rovnici č.5.

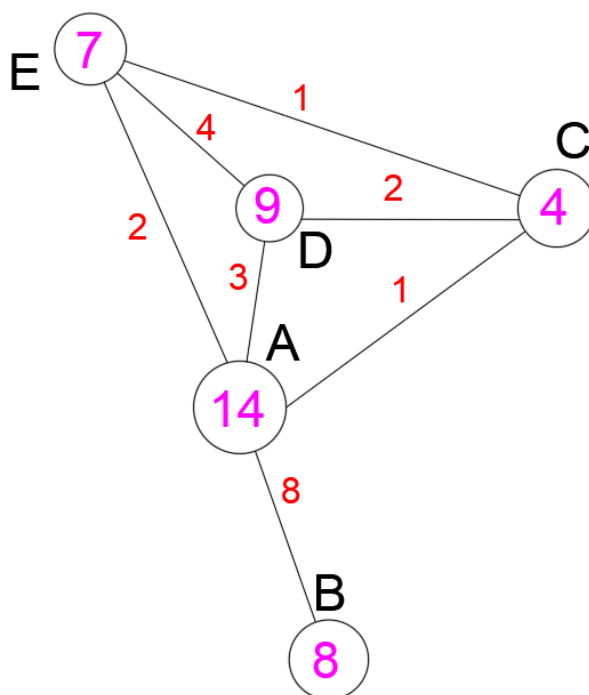
$$s_i = C_D^W(i) = \sum_j^N x_{ij} \times w_{ij} \quad [26] \quad (5)$$

$s_i$  – síla fokálního uzlu

$C_D^W$  – vážená centralita

$w$  – koeficient váhy spojení

V rovnici č.5 byl oproti rovnici č.4 koeficient  $k_i$  vyjadřující stupeň uzlu, nahrazen koeficientem  $s_i$ , který je možné také nazývat jako koeficient síly fokálního uzlu. Dalším dodatečným koeficient, který byl přidán oproti rovnici č.4 je koeficient  $w$  reprezentující váhu jednotlivých spojení mezi fokálním uzlem „i“ a ostatními uzly „j“. V letecké dopravě je možné tuto váhu charakterizovat jako frekvenci spojení z letiště A do letiště B.



Obrázek 20 – Grafické znázornění vážené přímé centrality

Pro praktické vyjádření této metody bylo opět využito grafického znázornění sítě pěti uzlů, kdy jednotlivým uzlům bude přiřazena hodnota na základě hran nacházejících se na tomto spojení. Toto znázornění je možné vidět na obrázku č.20, jehož rozložení uzlů v síti je totožné s obrázkem č.19. V tomto případě však nejvyšší hodnotu nezískal uzel B, ale uzel C, který je





sice napojen na více uzlů v síti, ale jeho součet vah hran je menší, než váha hrany mezi uzlem A a B.

Přestože byla metoda měřící sílu uzlu preferována při zkoumání vážených sítí, považoval ji Opsahl [40] za stále lehce vágní (doslova se o ni vyjadřuje jako otupělé), protože brala v potaz pouze absolutní úroveň zapojení uzlu v síti, nikoli počet dalších uzlů na které je daný uzel napojen. Ukázkovým příkladem je síť na obrázku č.20, kde ačkoli jsou uzly C a E napojeny na více uzlů v síti než uzel B, jsou jejich přiřazené skóre vážené centrality nižší, nežli skóre uzlu B. V letecké dopravě by tato limitace mohla znamenat problém především u robustnějších sítí, kdy uzel X s pár desítkami frekventovanějších spojení by získal vyšší skóre nežli uzel Y se stovkami spojení, jejichž frekvence letů nebyla tak častá. Opsahl [40] se proto ve své práci pokusil vytvořit metodu využitelnou ve vážených sítích, která by byla schopná zakomponovat také původní metodu přímé centrality a tímto způsobem by vykazovala přesnější a legitimnější určení důležitosti uzlu ve zkoumané síti.

$$C_D^{w\alpha}(i) = k_i \times \left(\frac{S_i}{k_i}\right)^\alpha \quad [26] \quad (6)$$

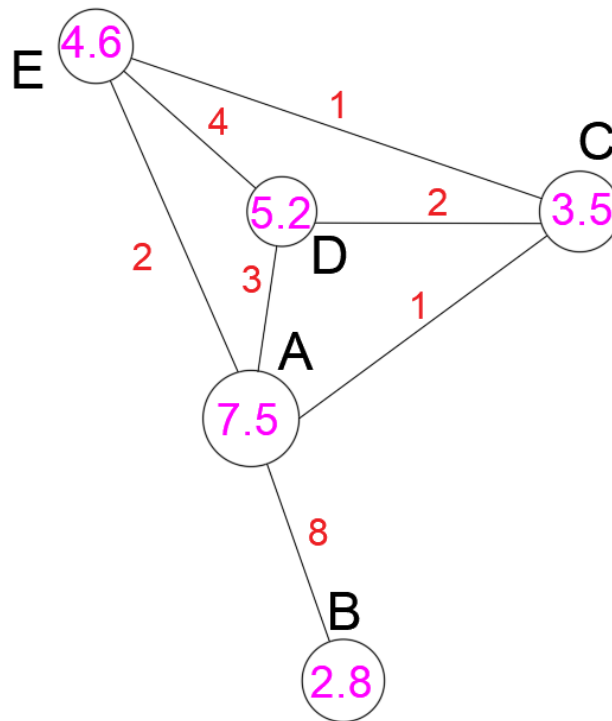
$C_D^{w\alpha}$  – Opsahlova přímá vážená centralita  
 $\alpha$  – ladící parametr

Rovnice č.6 je matematickým vyjádření této upravené metody, ve které byl pro umožnění kombinace těchto dvou parametrů zakomponován tzv. „Ladící parametr“  $\alpha$ , který představuje konstantní přednastavenou hodnotu pohybující se mezi 0 a 1. Tuto hodnotu si poté člověk volí na základě preferencí parametru, který při svém výzkumu považuje za validnější. Do hodnoty 0,5 by měl být označen jako centrálnější uzel, disponující více spojeními před uzlem, který nemá výrazně větší váhu spojení.

K praktickému vyjádření této metody byla využita síť pěti uzlů se stejnou hodnotou vah jejich hran jako je na obrázku č.20. Tato síť je zobrazena na obrázku č.21, kdy jednotlivým uzlům bylo přiřazeno skóre Opsahlvi přímé vážené centrality s ladícím parametrem nastaveným na hodnotu 0,5. Z obrázku je tak patrné, že nejnižší hodnotu zde skutečně získal uzel B čímž je méně centrální než uzel C a E, které mají větší počet spojů a ne tak rozdílnou váhu hran.

Vzhledem k charakteristice této metody schopné indikovat centrálnost uzlu na základě přímých spojení, která ke svému výpočtu potřebuje pouze identifikovat počet spojení a

frekvenci v daném časovém období, se tato metoda jeví jako nejvhodnější metoda pro analýzu konektivity Point-to-Point modelu letecké sítě byznys letectví a která zároveň umožňuje využít datového zdroje této práce a bude dále využita k výpočtu konektivity jednotlivých letišť.



Obrázek 21 – Grafické znázornění Opsahovi přímé vážené centrality

Posledním krokem, kterým je možné si ověřit tuto metodu, je zdali hodnota konektivity plynoucí z výpočtu této metody bude splňovat čtyři podmínky stanovené v oddílu 1.3.2:

- Definice konektivity plynoucí z této metody je realistická, protože je metoda založena na přímých pohybech z destinace do destinace bez přestupů a podporuje tím základní model Point-to-Point této letecké sítě a i konečnost dané cesty.
- Intenzita je zde splněna, protože konektivita plynoucí z této metody není založena pouze na frekvenci letů, ale i na spojeních kterými dané letiště bude disponovat.
- Bezrozměrnost je zde také splněna, protože výsledná hodnota konektivity nebude mít přiřazenou žádnou konkrétní jednotku. Zároveň je zde splněna normalizace metody, protože je konektivita vypočítána na základě celkové sumy pohybů z a do destinace.
- Definice konektivity plynoucí z této metody je globální, protože bere v potaz veškeré uzly v síti, se kterými má v daném časovém období uzel existující spojení.



Metoda přímé vážené centrality tedy splňuje i definici ideální konektivity a je možné ji v práci bez problému využít. V následující podkapitole dojde ke zpracování datového zdroje a výpočtu konektivity pro jednotlivá letiště.

## 2.4 Výpočet konektivity letišť na základě míry centrality

Před samotným výpočtem konektivity bylo nutné původní datový zdroj zpracovat do více vypovídajícího tvaru, který by umožnil vypočítat pro každé letiště nacházející se ve zkoumané síti pomocí metody přímé vážené centrality jeho ucelenou hodnotu konektivity v každém měsíci každého roku. K tomuto zpracování byl v práci využit program Gephi, což je softwarový balíček jehož vlastnosti a využití v síťové analýze popsali ve své práci Bastian a Jacomy [46]. Program by měl na základě lehké úpravy dat do požadovaného tvaru určit, kolik letišť se v této zkoumané síti nachází a pro každé vypočítat jeho stupeň a sílu, které budou dále potřebné k finálnímu výpočtu.

Tabulka 2 – Formát vstupních dat do programu Gephi

Source	Target	Weight
KVNY	KLAS	274
KLAS	KVNY	248
KLAS	KBUR	239
KBUR	KLAS	233
KPBI	KTEB	226
KTEB	KPBI	213
KLAS	KSNA	196
KSNA	KLAS	196
KBUR	KOAK	168
KPBI	KHPN	166
KTEB	KIAD	164
KOPF	KTEB	163
KOAK	KBUR	160
KHPN	KTEB	158
KIAD	KTEB	152
KHPN	KPBI	148
KLAX	KLAS	130

Tabulka č.2 zobrazuje příklad zpracovaného formátu vstupních dat pro software Gephi. Jednotlivé páry zde bylo potřeba rozdělit na Source(zdroj) a Target (cíl) a nakonec této dvojici přiřadit Weight (počet letů), který v daném časovém období proběhl mezi těmito dvěma uzly. Takto zpracovanou tabulku vstupních dat bylo třeba vytvořit pro každý měsíc od roku 2019 až 2021. Celkově se tedy jednalo o 36 tabulek.



V tabulce č.3 jsou zobrazeny výstupní data pro prvních 30 letišť v lednu roku 2019, která byl Gephi schopen vypočítat ze vstupních dat. Jedná se o Degree (stupeň) neboli součet všech spojení (vzlety i přistání), které dané letiště má s ostatními letišti v síti a Weighted degree (síla), což je zase součet vah, které se na těchto spojeních v daném měsíci uskutečnily. Postup byl poté replikován pro všech zbývajících 35 měsíců.

Tabulka 3 – Tabulka výstupních dat z Gephi pro leden 2019

Id	Degree	Weighted Degree
KTEB	999	9181
KPBI	875	6029
KDAL	931	4763
KLAS	793	5536
KVNY	637	5381
KHOU	858	3839
KHPN	720	4132
KAPF	782	3716
KSDL	763	3790
KAPA	793	3389
KIAD	695	3387
KOPF	669	3413
KPDK	742	2928
KMDW	662	2862
KSLC	596	2822
KSNA	497	3225
KOAK	495	3075
KBNA	677	2174
KSJC	501	2787
KFLL	596	2322
KEGE	584	2250
KSAT	611	2143
KFXE	578	2225
KASE	518	2400
KBED	527	2324
KAUS	586	1985
KBHM	601	1836
KMIA	486	2135
KBCT	506	2038
KICT	614	1669

Od této chvíle bylo již možné přistoupit k samotnému výpočtu konektivity. Výpočet probíhal v tabulkovém procesoru Excel, do kterého bylo potřebné pouze zapsat vzorec z rovnice č.6 a zvolit si proměnné. Při výpočtu pomocí Opsahovi [40] upravené metody přímé centrality byla nastavena ladícímu parametru hodnota 0.5, protože byl pro účely této práce vnímán jako důležitější parametr počet spojení před počtem pohybů.

V tabulce č.4 je možné vidět vypočítané hodnoty přímé vážené centrality v každém měsíci roku 2019 pro prvních 49 letišť. Ze všech letišť však byla potřeba určit páteřní síť této domény,

na kterou bude následně provedena analýza. Další podkapitola se tedy bude zabývat výběrem páteří sítě a metodami její analýzy.

Tabulka 4 – Vypočítané hodnoty konektivity letišť pro každý měsíc v roce 2019

Id	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
KTEB	3028,50	3156,65	3501,25	3554,84	3908,32	3501,68	3149,83	3205,62	3834,41	3921,70	3813,36	3693,58
KDAL	2105,79	1958,67	2094,73	2199,35	2149,54	2142,32	2077,66	2092,92	2240,43	2406,50	2311,71	2182,77
KLAS	2095,24	1934,05	2030,95	1905,02	2165,81	1808,93	1707,46	1713,85	2100,72	2277,97	1984,29	1933,33
KHPN	1724,83	1738,69	1758,12	1888,45	2138,37	2005,86	1956,59	2018,67	2016,61	2024,82	1875,46	2025,69
KIAD	1534,26	1693,15	1933,65	1962,48	2019,86	1948,17	1709,19	1583,67	2018,52	2160,16	1745,50	1757,88
KMDW	1376,46	1375,98	1574,74	1726,10	2048,58	2042,73	1923,35	2017,02	1975,93	2002,10	1831,43	1631,65
KVNY	1851,40	1736,74	1810,34	1758,18	1721,02	1749,13	1770,03	1877,74	1809,60	1828,73	1750,35	1717,42
KHOU	1814,90	1716,30	1819,89	1727,93	1905,68	1737,25	1697,94	1727,88	1704,11	1976,22	1764,18	1702,81
KAPA	1639,35	1565,00	1748,56	1572,66	1699,12	1750,49	1698,62	1874,64	1816,03	1714,98	1534,06	1661,49
KPBI	2296,82	2075,32	2058,39	2016,65	1739,99	1236,88	1117,93	1224,74	1152,96	1633,44	1728,17	1545,46
KPDK	1473,97	1524,41	1614,81	1591,92	1739,91	1558,25	1517,66	1668,00	1683,62	1835,95	1636,70	1619,98
KSDL	1700,52	1677,94	1897,80	1676,16	1549,61	1177,69	1044,11	1121,99	1252,98	1517,52	1646,03	1516,56
KBNA	1213,18	1244,97	1373,76	1469,92	1435,85	1351,32	1285,72	1401,59	1497,27	1586,01	1577,06	1336,82
KSNA	1266,03	1251,46	1459,82	1277,19	1337,41	1393,02	1415,22	1537,23	1410,73	1494,98	1257,55	1231,85
KOPF	1511,06	1542,59	1528,90	1456,22	1265,99	1051,17	1073,01	1170,75	970,22	1209,00	1328,10	1607,12
KAPF	1704,67	1717,43	1806,63	1587,15	1345,45	822,91	696,87	761,23	739,67	1211,63	1554,71	1606,91
KPWK	1001,42	1006,22	1183,19	1200,88	1305,56	1281,03	1314,30	1363,00	1300,71	1328,78	1213,45	1122,09
KBED	1106,68	1108,81	1196,00	1175,86	1306,73	1252,24	1036,89	1124,46	1151,48	1431,77	1324,19	1207,99
KAUS	1078,52	1086,50	1265,10	1248,74	1240,83	1083,46	997,32	1103,11	1302,64	1449,70	1421,43	1134,09
KOAK	1233,74	1094,30	1152,47	1098,23	1158,46	1127,51	1070,83	1118,89	1389,15	1123,44	1122,70	1142,21
KBHM	1050,45	1123,91	1085,96	1285,01	1189,26	1098,24	1130,09	1122,95	1096,88	1273,97	1179,15	1052,53
KSAT	1144,28	1097,38	1198,39	1230,00	1150,13	1105,74	1070,99	1113,54	1161,66	1202,00	1129,50	1072,71
KSJC	1181,65	1050,10	1143,22	1102,08	1153,14	1072,94	1041,31	1076,73	1082,40	1163,54	1113,79	1011,52
KBFI	940,06	948,80	1030,31	988,55	1168,59	1117,49	1139,75	1268,99	1261,58	1139,60	1083,89	1059,19
KPTK	939,57	918,46	1048,03	1069,21	1200,44	1151,90	1128,74	1192,46	1053,52	1146,01	1055,00	1054,36
KCLT	876,78	1087,54	1095,43	1011,83	1098,32	1023,17	956,59	1019,61	1080,77	1158,66	1028,89	1016,53
KFXE	1134,04	1077,12	1234,49	1142,25	1035,07	939,85	878,92	919,80	857,30	957,46	1050,19	1157,57
KFLL	1176,40	1117,41	1306,15	1145,32	1008,90	746,19	795,16	846,52	809,44	1035,45	1066,29	1203,73
KFTW	943,38	935,01	1034,57	1031,92	1042,40	1006,00	996,49	1001,70	1053,92	1150,03	1007,95	1040,02
KICT	1012,31	994,17	1101,88	991,24	990,06	1053,94	974,88	1051,18	1036,63	1067,38	983,80	975,71
KRDU	950,38	1073,32	980,31	1045,23	1064,07	958,48	933,28	1034,55	1000,41	1111,66	1038,70	972,63
KCMH	882,59	956,28	963,43	1043,87	1036,72	996,50	1033,20	1036,01	1011,52	1152,18	969,83	931,66
KSUS	844,69	883,50	966,63	995,58	1024,57	1019,11	1023,54	1068,99	999,69	1154,08	980,67	993,46
KSLC	1296,89	1204,89	1284,12	798,14	822,46	922,27	1013,27	945,91	906,30	870,61	820,12	1063,15
KADS	933,17	880,33	978,24	1055,66	1007,37	915,24	946,68	1043,56	1042,63	1146,62	963,09	979,97
KBCT	1015,49	1227,13	1425,75	1114,25	879,49	662,17	661,86	738,07	642,53	847,05	1099,78	1434,75
KMMU	863,91	905,46	969,44	971,70	1042,48	973,12	945,09	945,29	1048,43	1048,19	983,89	1045,51
KMKC	919,41	842,51	1035,98	952,22	1019,14	939,89	889,40	989,46	985,79	1050,79	952,77	925,69
KBUR	900,03	910,05	864,99	951,55	1010,12	953,85	883,64	932,16	944,79	995,67	987,51	920,12
KLUK	800,68	853,14	822,09	936,74	977,80	940,03	994,99	1079,35	993,69	1012,30	855,18	839,70
KBOS	716,38	817,76	807,47	1051,39	1180,55	1085,19	901,38	948,62	1109,94	1027,56	765,84	688,48
KLAX	926,21	912,07	929,91	994,77	937,26	947,07	874,44	924,71	864,51	1013,46	937,86	837,22
KPHL	792,39	756,01	881,34	888,48	1040,72	972,67	904,12	905,19	1004,48	1031,88	934,46	867,50
KASE	1114,99	977,35	1106,63	503,44	326,95	999,00	1476,51	1303,93	997,24	537,49	368,91	965,62
KMIA	1018,63	1148,34	1051,68	996,24	847,48	706,76	615,72	641,60	584,97	742,40	875,22	1033,77
KIND	756,05	815,71	808,87	780,35	1044,63	790,97	843,43	807,92	829,05	845,13	781,38	892,17
KTYS	751,67	749,12	742,22	814,03	848,43	776,44	852,02	860,05	851,98	990,43	916,71	795,98
KMEM	776,39	733,57	821,60	797,46	843,23	806,59	829,93	829,46	834,79	972,21	855,90	758,15
KSAV	739,01	787,05	887,58	945,29	932,38	769,76	705,32	783,89	734,38	853,69	874,48	783,86

## 2.5 Stanovení páteří sítě a představení metody pro její analýzu

Ačkoli se ve zkoumaném tříletém období této práce objevilo dohromady až 4575 letišť na které, nebo z kterých byly provedeny, alespoň v nějakém měsíci pohyby, ne všechna tato letiště je třeba analyzovat, nebo přesněji ne všechna letiště jsou validní součástí tzv. páteří sítě.



Páteřní síť je podle Dai a kol. [47] zjednodušená verze zkoumané sítě, která je redukována ze své původní velikosti o většinu svých členů, se zůstatkem nejdůležitějšího základu této sítě. Takto zredukováná síť může být poté lépe zmapována a prozkoumána s výrazně nižším úsilím, bez zbytečných komplikací a hlavně bez velkého znehodnocení přínosu celé sítě. Podle Radicchiho [48] je toto zapotřebí především při zkoumání velice hustých a komplexních sítí, kdy by triviální členové této sítě mohli poskytnout předsudky o měření a interpretaci rozložení sítě.

Tato podkapitola bude dále rozdělena do dvou oddílů, které se budou zaměřovat nejprve na stanovení páteřní sítě a dále na představení metody využití k její analýze.

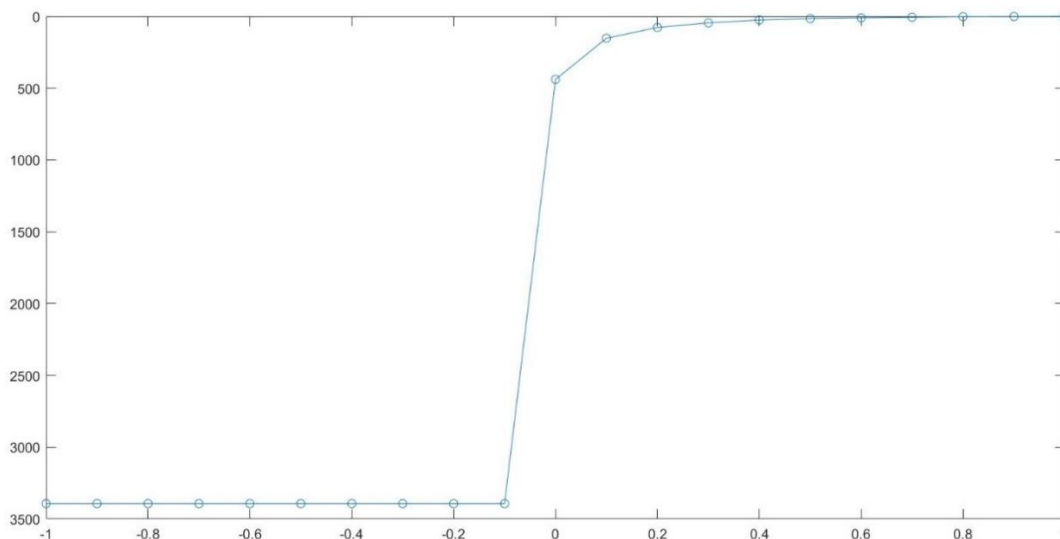
### 2.5.1 Stanovení páteřní sítě

Jako vstupní data pro určení páteřní sítě byla využita data o celkovém součtu skóre konektivity jednotlivých letišť v každém měsíci za celý rok 2020. Tento postup byl zvolen na základě pandemie Covid-19, která sama o sobě zredukovala síť letišť, využívaných v tomto odvětví. Jak již bylo zmíněno v kapitole 1.2, byznys letectví se prakticky v řádu tří týdnů od vypuknutí pandemie začalo velmi rychle navracet na úroveň předpandemických hodnot. Za tímto rychlým návratem lze proto hledat skutečně podstatnou skupinu využívaných letišť této domény, která řídila celý její zpáteční vzestup na vrchol a proto byla páteřní síť této domény určována v tomto období.

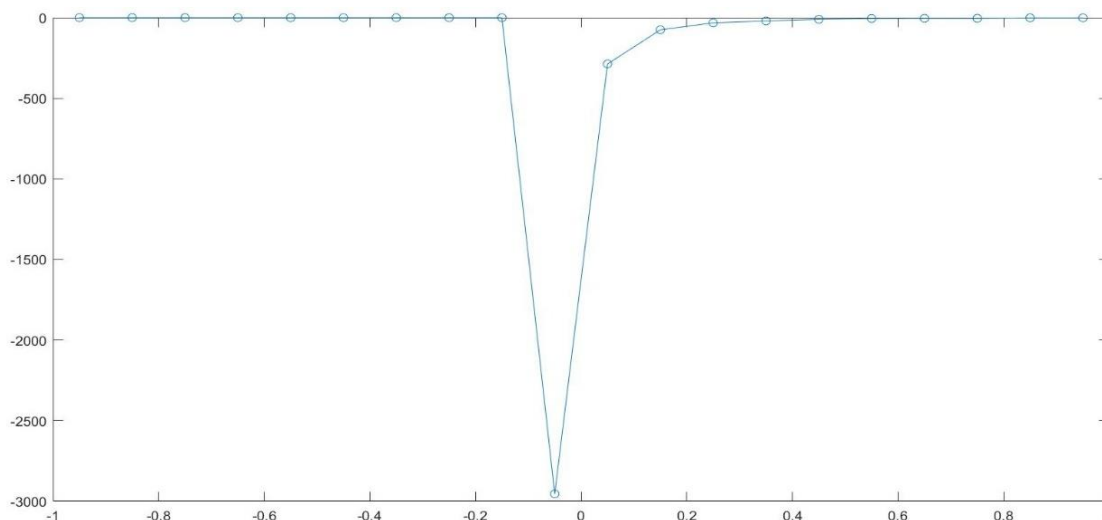
K určení páteřní sítě byla vypočítaná data převedena na lognormální rozdělení, ze kterého bylo nutné určit limitní hodnotu těchto dat, skládající se ze součtu nebo rozdílu průměru takto rozdělených dat a násobku jejich směrodatné odchylky. K realizaci tohoto postupu bylo v práci využito interaktivního programového prostředí MATLAB, pomocí kterého bylo možné po zapsání jednoduchého kódu data lognormálně rozdělit, vypočítat jejich průměr a směrodatnou odchylku. Aby však nedošlo pouze k slepému výběru hodnoty násobku směrodatné odchylky, byla tato limitní hodnota v práci určována na intervalu násobku směrodatné odchylky od  $\langle -1; 1 \rangle$ .

Na níže přiloženém obrázku č.22 je zobrazen průběh tohoto limitního rozdělení kdy osa Y znázorňuje počet letišť, které zbývají v síti a osa X interval násobků směrodatné odchylky, která je pak následně odčítána/přičítána k průměrné hodnotě limitního rozdělení dat. Jednotlivé body jsou zde znázorněny po násobcích 0,1. Z obrázku je patrné, že až do násobku „-0,1“ se síť prakticky vůbec nehýbala. Na průměrné hodnotě, kdy byl násobek směrodatné odchylky nulový došlo k tisícovému skoku a v bodě po něm poté ke stovkovému, který byl

následován skokem několika desítek. K ustalování hodnoty a nejmenším skokům začalo docházet někde mezi hodnotou 0,2 a 0,4. Pro přesné určení násobku směrodatné odchylky byl tento výše zobrazený průběh derivován.



Obrázek 22 – Průběh limitního rozdělení sítě



Obrázek 23 – Průběh derivovaného limitního rozdělení sítě

Na obrázku č.23 je zobrazen průběh derivovaného limitního rozdělení sítě pro podrobnější určení násobku. Zde jsou hodnoty na ose Y zobrazeny jako počet klesajících letišť podle limitní hodnoty a body jsou vytvořeny po násobcích 0,1 na intervalu od  $\langle -0,95; 0,95 \rangle$ . Díky tomuto grafu je možné určit, že k minimálním klesavým pohybům a faktickému ustálení došlo již na



hodnotě násobku 0,35. Z tohoto důvodu byl k určení limitní hodnoty určen násobek 0,35 směrodatné odchylky.

Pomocí limitní metody bylo poté určeno, že páteřní síť byznys letectví v USA tvoří 36 letišť, na které bude následně provedena analýza jejich konektivity. Z 36 letišť páteřní sítě se 7 nachází ve státě Florida, 6 ve státě Texas, 4 v Kalifornii, 3 v Coloradu, 2 v New Yorku a 2 v Illinois. Zbylých 12 letišť je složeno z různých států. Dohromady tedy tvoří páteřní síť letiště pocházejících z 18 států, kdy z těchto 36 letišť nemá až 8 letišť žádné dostupné aerolinkové služby, čímž potvrzuje princip využívání méně významných letišť, který byl zmíněn v podkapitole 1.2. Tabulku jmen těchto letišť se státem ze kterého pochází a označením ANO/NE pokud se zde nacházejí aerolinkové služby lze najít na konci této práce v příloze č.1. Zároveň zde bude umístěna i tabulka s hodnotami konektivity páteřní sítě v každém měsíci každého roku v příloze č.2 až příloze č.4.

V následujícím oddílu dojde k rozebrání metody, která bude využita k analýze páteřní sítě a metody využití k její postanalýze.

#### 2.5.2 Metoda analýzy páteřní sítě

Po určení páteřní sítě je třeba provést komplexní statistickou analýzu, jakým způsobem se konektivita v této páteřní síti měnila, respektive zdali konektivita ve všech měsících a na všech letištích byla v daném roce stejná, případně které jednotlivé prvky se mezi sebou lišily. K účelům této analýzy bude v práci využito testů hypotéz pro tři a více výběrů.

Analýza pomocí testů hypotéz probíhá na základě stanovení tzv. „Nulové hypotézy“, která na vybrané hladině významnosti 0,05, umožňuje otestovat zvolená data. Výstupní hodnotou testů využívaných při statistické analýze pomocí testů hypotéz je vždy P-hodnota, což je zjednodušeně pravděpodobnost platnosti stanovené nulové hypotézy. Pokud je daná P-hodnota vyšší nežli hladina významnosti, nulová hypotéza je platná, pokud ji bude rovna, jedná se o případ kdy není možné rozhodnout a nacházíme se na hranici zamítnutí. Pokud bude P-hodnota menší než stanovená hladina významnosti, je potřebné stanovit alternativní hypotézu a provést post analýzu, pomocí které je možné určit, mezi kterými výběry je statisticky signifikantní rozdíl.

Analýza pomocí testů hypotéz pro tři a více výběrů začíná stanovením vhodné metody na základě rozdělení souboru zkoumaných dat. Data mohou mít buď normální rozdělení, pro které se využívá parametrických testů jako je „ANOVA 1“ při testování jednoho faktoru, anebo





ANOVA 2 při testování dvou faktorů. Druhým možným rozdělením dat je rozdělení nenormální. Pro data s nenormálním rozdělením se využívá neparametrických testů jako jsou Kruskal-Wallis test při testování jednoho faktoru, anebo Friedman test při testování faktorů dvou.

V této práci bude otestována jak konektivita jednotlivých letišť páteřní sítě, tak i konektivita jednotlivých měsíců v daném sledovaném roce. Sledovaná data jsou tedy párová a z tohoto důvodu by měl být v práci využit buď test ANOVA 2 pro normální rozdělení dat, anebo neparametrický Friedmanův test při nenormálním rozdělení dat. Data bylo tedy třeba otestovat na normalitu a to jak řádky tak i sloupce. Celý proces analýzy byl opět proveden v MATLABu. K otestování normality jednotlivých výběrů bylo využito „adtestu“ testujícího normalitu dat, pomocí kterého byla však zamítnuta již pro první výběr a k analýze konektivity pomocí testů hypotéz bude využit Friedmanův neparametrický test.

Friedmanův test je podle Hollandera [49] neparametrický test využívaný při nenormálním rozdělení zkoumaných dat k určení statisticky signifikantních rozdílů mezi 3 a více výběry na sobě závislých vzorků. Jako závislý vzorek je možné uvést letiště jehož konektivita byla měřena ve více časových obdobích (jednotlivých měsících). Tento test funguje na principu přiřazování hodnoty pořadí tzv. „ranku“ každé rovině (bloku) nezávisle na rovinách (blocích) ostatních výběrů. Sumy těchto ranků zkoumaného výběru dat poté porovnává vůči sobě a na hladině významnosti určuje, jestli alespoň mezi dvěma výběry existuje statisticky signifikantní rozdíl. Vysoký rank by v případě měsíců měl signalizovat nejčastější koncentraci nejvyšších hodnot konektivity letišť páteřní sítě napříč zkoumaným časovým obdobím a v případě letišť nejvyšší koncentraci konektivity mezi letišti páteřní sítě za celé zkoumané časové období. Vysoká hodnota ranku tudíž nemusí vždy znamenat nejvyšší konečnou hodnotu konektivity napříč celým zkoumaným obdobím. Poskytuje tím však komplexnější obraz nad rozložením konektivity, který nemůže být ovlivněn pouze jednou signifikantně vysokou či nízkou hodnotou.

Friedmanův test však nedokáže určit, mezi kterými výběry tento statisticky signifikantní rozdíl existuje. K tomuto bude v práci využit Bonferroniho test, někdy také nazývaný jako Bonferroniho metoda, což je test využívaný pro vícenásobné porovnání závislých a nezávislých vzorků [50]. V případě této práce bude test využit pro porovnání ranků jednotlivých výběrů mezi sebou, které na hladině významnosti 0,05 otestuje na alternativní hypotézu že alespoň dva výběry se liší.

Díky této podkapitole bylo možné identifikovat páteřní síť domény byznys letectví v USA a představit metodu, která bude dále využita v analýze této páteřní sítě. Touto podkapitolou je



tedy možné ukončit celou kapitolu týkající se metodologie zpracování cíle této práce a prostředků k jeho dosažení. Následující kapitola se již bude zabývat samotnou analýzou konektivity páteřní sítě byznys letectví v USA v letech 2019 až 2021.



### 3. Analýza průběhu konektivity měsíců a letišť páteřní sítě

Tato kapitola se bude zabývat analýzou konektivity jednotlivých letišť a měsíců páteřní sítě byznys letectví v USA, pomocí postupů definovaných v předcházející kapitole metodologie zpracování. Kapitola bude rozdělena do šesti podkapitol na základě ročníku zkoumaného období 2019 až 2021. V těchto podkapitolách bude nejprve provedena analýza měsíců a poté analýza letišť páteřní sítě daného roku, kdy případná post analýza bude interpretována pomocí tabulek a grafů.

V tabulkách bude možné nalézt dvojice výběrů, mezi kterými existoval či neexistoval v daném roce statisticky signifikantní rozdíl v hodnotě ranku. Pokud tento statisticky signifikantní rozdíl mezi danou dvojicí výběrů existoval, bude to v tabulce vyznačeno pomocí slova „ANO“ a políčko bude zvýrazněno zelenou barvou. Pokud rozdíl mezi nimi neexistoval, zůstane dané políčko bílé a bude se v něm nacházet slovo „NE“.

Grafy poté budou obsahovat sestupně srovnané hodnoty průměrných ranků, které dané výběry dosáhly ve zkoumaném roce. Výběry zde budou rozděleny pomocí barevného ohraničení do jednotlivých skupin podle důležitosti, jejichž členové mezi sebou nemají statisticky signifikantní rozdíl, ale tento rozdíl existuje se členy dalších skupin. Případně se zde mohou poté nacházet také skupiny neutrální, jejichž členové nemají statisticky signifikantní rozdíl s žádným členem ostatních skupin, ale z tohoto důvodu nemohou být do ostatních skupin zařazeni a tvoří tím střed mezi nejsilnější a slabší skupinou v daném roce.

#### 3.1 Analýza konektivity měsíců v roce 2019

Pro provedení analýzy metodou testů hypotéz je třeba stanovit si nulovou hypotézu, která bude nadále testována pomocí Friedmanova testu. Nulová hypotéza zní že „Konektivita letišť páteřní sítě měla ve všech měsících roku 2019 stejně velkou hodnotu“.

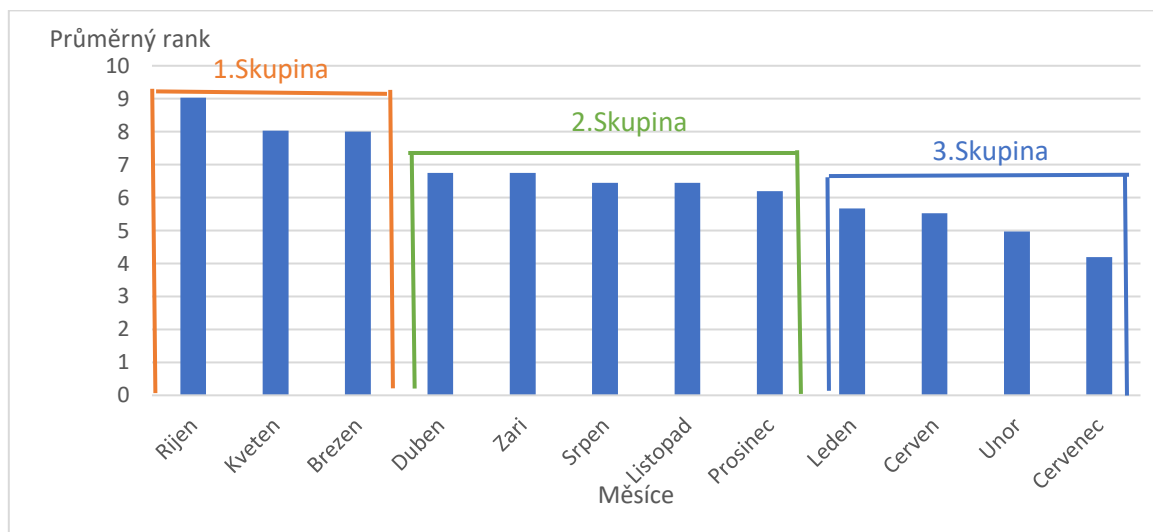
Výsledná P-hodnota vycházející z Friedmanova testu byla určena jako  $3,7228 \times 10^{-8}$ . Na hladině významnosti 0,05 byla proto zamítnuta nulová hypotéza a je třeba provést post analýzu pomocí Bonferroniho testu pro určení měsíčních párů, mezi kterými v tomto roce existoval statisticky signifikantní rozdíl.

V tabulce č.5 jsou zobrazeny měsíční páry, mezi kterými byla určena existence statisticky signifikantních rozdílů pomocí Bonferroniho metody.

Tabulka 5 – Tabulka existence statisticky signifikantních rozdílů mezi měsíčními páry v roce 2019

	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
Leden	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE	NE
Únor	NE	X	ANO	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	ANO	NE	NE
Březen	NE	ANO	X	NE	NE	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE
Duben	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Květen	NE	ANO	NE	NE	X	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE
Červen	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	ANO	NE	NE
Červenec	NE	NE	ANO	NE	ANO	NE	X	NE	NE	ANO	NE	NE
Srpen	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE
Září	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE
Říjen	ANO	ANO	NE	NE	NE	ANO	ANO	NE	NE	X	NE	NE
Listopad	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE
Prosinec	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X

Obrázek č.24 zobrazuje graf sestupně seřazených hodnot průměrného ranku jednotlivých měsíců. Pomocí tabulky č.5 byl graf rozdělen na 3 skupiny podle důležitosti, které jsou v grafu barevně ohraničeny.



Obrázek 24 – Sestupný graf hodnot průměrného ranku měsíců v roce 2019 rozdělených do skupin dle důležitosti

První skupinou, která je v grafu ohraničena oranžovou barvou je skupina „Nejsilnějších měsíců“ páteřní sítě, jejíž členové mezi sebou nemají statisticky signifikantní rozdíl, ale tento rozdíl existuje se členy skupiny třetí a ve kterých byly naměřeny nejčastěji nejvyšší hodnoty konektivity jednotlivých letišť v páteřní síti.



Druhá skupina, která je ohraničena zelenou barvou, označuje skupinu „Neutrálních měsíců“, jejíž členové nemají žádný statisticky signifikantní rozdíl s ostatními členy dalších dvou skupin a nejsou proto zařazeny ani do první nebo druhé skupiny. Koncentrace nejvyšších hodnot konektivity na jednotlivých letištích pátevní sítě nebyla v těchto měsících ani signifikantně vysoká, ale zároveň ani nízká. Tyto měsíce lze tedy považovat za střed mezi první a třetí skupinou.

Třetí skupina která je v grafu ohraničena modře, je skupinou měsíců, jejíž členové mezi sebou nemají žádný statisticky signifikantní rozdíl, ale tento rozdíl existuje s členy skupiny první. Skupina je v této práci považována za skupinu „Slabších měsíců“, ve kterých koncentrace nejvyšších hodnot konektivity letišť pátevní sítě byla na signifikantně nižších úrovních, než ve skupině první.

Následující podkapitola se bude soustředit na analýzu konektivit měsíců v roce 2020. Zároveň zde budou rozebrány hlavní shody a rozdíly s ročníkem 2019.

### 3.2 Analýza konektivity měsíců v roce 2020

Analýzu je zde opět nutné začít stanovením nulové hypotézy, která bude na hladině významnosti 0,05 otestována pomocí Friedmanova testu. Nulová hypotéza zní že „Konektivita letišť pátevní sítě měla ve všech měsících roku 2020 stejně velkou hodnotu“.

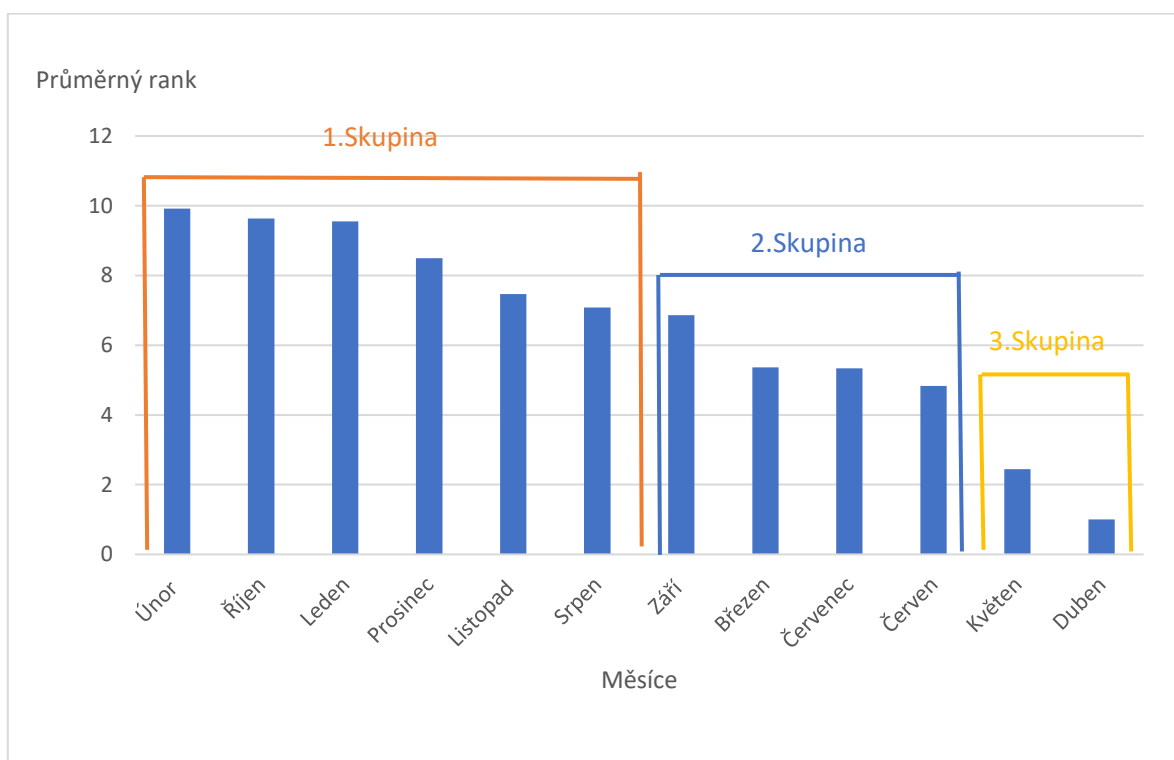
P-hodnota v tomto případě vyšla jako  $3,3703 \times 10^{-46}$ . Nulová hypotéza byla tedy zamítnuta na hladině významnosti 0,05 a bylo třeba pokračovat post analýzou pomocí Bonferroniho metody, k určení párů, mezi kterými existuje statisticky signifikantní rozdíl.

Tabulka 6 – Tabulka existence statisticky signifikantních rozdílů mezi měsíčními páry v roce 2020

	Leden	Unor	Brezen	Duben	Kveten	Cerven	Cervenec	Srpen	Zari	Rijen	Listopad	Prosinec
Leden	X	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	NE
Unor	NE	X	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	NE	NE	NE
Brezen	ANO	ANO	X	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	ANO	NE	ANO
Duben	ANO	ANO	ANO	X	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
Kveten	ANO	ANO	ANO	NE	X	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
Cerven	ANO	ANO	NE	ANO	NE	X	NE	NE	NE	ANO	NE	ANO
Cervenec	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	NE	X	NE	NE	ANO	NE	ANO
Srpen	NE	NE	NE	ANO	ANO	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE
Zari	NE	ANO	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE
Rijen	NE	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	X	NE	NE
Listopad	NE	NE	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE
Prosinec	NE	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	X

Tyto statisticky signifikantní rozdíly jsou opět zpracovány do výše přiložené tabulky č.6. Již na první pohled je patrné, že tato tabulka obsahuje vyšší míru statisticky signifikantních rozdílů mezi jednotlivými měsíčními páry, oproti tabulce č.5 pro rok 2019. Dalším podstatným rozdílem je, že tato tabulka neobsahuje žádný měsíc, který by mohl být součástí skupiny měsíců bez signifikantních rozdílů s ostatními měsíci. V tomto roce se tedy nenachází žádný měsíc, ve kterém by se konektivita pohybovala na průměrných hodnotách.

Pro lepší interpretaci tabulky byl opět vytvořen graf sestupně seřazených hodnot ranku měsíců, do kterého byly pomocí barevného ohraničení označeny skupiny měsíců podle důležitosti v tomto roce. Výsledek je možné vidět na obrázku č.25.



Obrázek 25 – Sestupný graf hodnot průměrného ranku měsíců v roce 2020 rozdělených do skupin dle důležitosti

První skupina je v grafu ohraničena oranžovými čarami. Jedná se o skupiny měsíců, ve kterých docházelo k nejčastější koncentraci nejvyšších hodnot konektivity jednotlivých letišť páteřní sítě. Tuto skupinu lze tedy opět označit jako skupinu „Nejsilnějších měsíců“ v roce 2020.

Druhá skupina, která je v tomto grafu ohraničena modrými čarami je skupina měsíců, které mezi sebou nemají žádný statisticky signifikantní rozdíl, ale tento rozdíl existuje se členy skupiny první a skupiny třetí. Skupina je v práci označena jako skupinu „Slabších měsíců“



v roce 2020, protože zde existuje statisticky signifikantní rozdíl v hodnotách konektivity oproti skupině nejsilnějších měsíců.

Třetí skupina je v grafu ohraničena žlutými čarami a jedná se o skupinu dvou měsíců, jejichž členové mají statisticky signifikantní rozdíl se členy skupiny první a druhé. Skupina se skládá ze dvou měsíců, jejichž průměrná hodnota ranku se pohybuje od hodnoty 2,4 a 1. Skupina je v práci označována jako skupina „Nejslabších měsíců“, ve kterých se koncentrace nejvyšších hodnot konektivity v roce 2020 dala považovat za zanedbatelnou oproti zbylým měsícům v tomto roce. Tato zanedbatelnost je přisuzována především pandemii Covid-19, která v těchto měsících skoro zastavila leteckou dopravu byznys letectví jak bylo zmíněno v podkapitole 1.4.

Při porovnání skupin plynoucích z analýzy konektivity v roce 2019 a 2020 je zřejmé, že se tyto skupiny liší nejen jejich složením, ale i jejich samotným rozdělením. První viditelný rozdíl při porovnání jednotlivých skupin lze pozorovat v umístění měsíců ledna a února ve skupině nejsilnějších měsíců roku 2020. Mezitím co se v roce 2019 jednalo o měsíce, kdy se koncentrace hodnot konektivity na jednotlivých letištích páteční sítě pohybovala na nižších úrovních oproti měsícům ve skupinách první a druhé, v roce 2020 se nacházely na prvních třech místech nejsilnější skupiny. Příčinu tohoto „posunu“ do popředí lze hledat v pandemii Covid-19, která podle literární rešerše z podkapitoly 1.4 způsobila maximální dosažení 75% před covidových hodnot konektivity v tomto roce. Zatímco se tedy měsíce jako leden a únor pohybovaly na svých předcovidových hodnotách, které podle grafu na obrázku č.10 mohly odpovídat 80% hodnotám nejsilnějších měsíců v předešlém roce, se ostatní měsíce teprve zotavovaly z obrovského dopadu pandemie a i při svém relativně rychlém vzestupu, je nedokázaly překonat. Dalším výrazným rozdílem při porovnání skupin je propad měsíců jako je květen a duben, které se v roce 2019 nacházely v nejsilnější a neutrální skupině do skupiny nejslabších měsíců. Tento propad je opět možné přiřadit pandemii Covid-19, která v těchto měsících plně prakticky zastavila celosvětový letecký trh a to včetně byznys letectví v USA. Posledním rozdílem mezi těmito dvěma roky, který bude při porovnání analýz tohoto časového období zmíněn je samotné rozdělení skupin. Mezitím co rok 2019 obsahoval skupinu neutrálních měsíců, ve kterých nebyla konektivita ani signifikantně vysoká, ale zároveň ani nízká, rok 2020 touto skupinou nedisponoval. To naznačuje že v tomto roce neexistoval žádný mezistupeň, který by charakterizoval průměrné období konektivity, což s největší pravděpodobností bylo způsobeno opět pandemií Covid-19, kdy se v těchto měsících byznys letectví pokoušelo opětovně dosáhnout předcovidových hodnot a i v pro něj nejsilnějších měsících pouze dosáhlo na hodnoty, které byly v minulosti řazeno do nižších skupin.



Za jedinou shodu, která tyto roky spojuje lze označit umístění měsíce října v popředí nejsilnějších skupin obou let. To naznačuje, že tento měsíc by mohl být pro byznys letectví v USA skutečně důležitým měsícem, za jehož silou stojí nějaký skrytý fundament. Zdali je tomu skutečně tak bude možné zjistit v následující analýze měsíců roku 2021, kde dojde k závěrečnému porovnání měsíců za v práci zkoumané tříleté časové období.

### 3.3 Analýza konektivity měsíců v roce 2021

Před testováním pomocí Friedmanova testu bylo opět zapotřebí stanovit si nulovou hypotézu. Nulová hypotéza v tomto případě zněla že „Konektivita letišť pátevní sítě měla ve všech měsících roku 2021 stejně velkou hodnotu“.

Po testování pomocí Friedmanova testu byla výsledná P-hodnota  $6,4197 \times 10^{-48}$ . Na hladině významnosti 0,05 byla nulová hypotéza zamítnuta a pokračovalo se následnou post analýzou pomocí Bonferoniho metody pro stanovení měsíců, které mezi sebou měly statisticky signifikantní rozdíl.

Tyto statisticky signifikantní rozdíly byly opět zpracovány do tabulky, kterou je možné vidět ve níže přiložené tabulce č.7. Pro přehlednější zpracování a interpretaci tabulky byl opět vytvořen graf sestupných hodnot ranku jednotlivých měsíců za rok 2021 s rozdělením měsíců do skupin podle důležitosti a jejich statisticky signifikantní rozdílů, který je možné vidět na obrázku č.26.

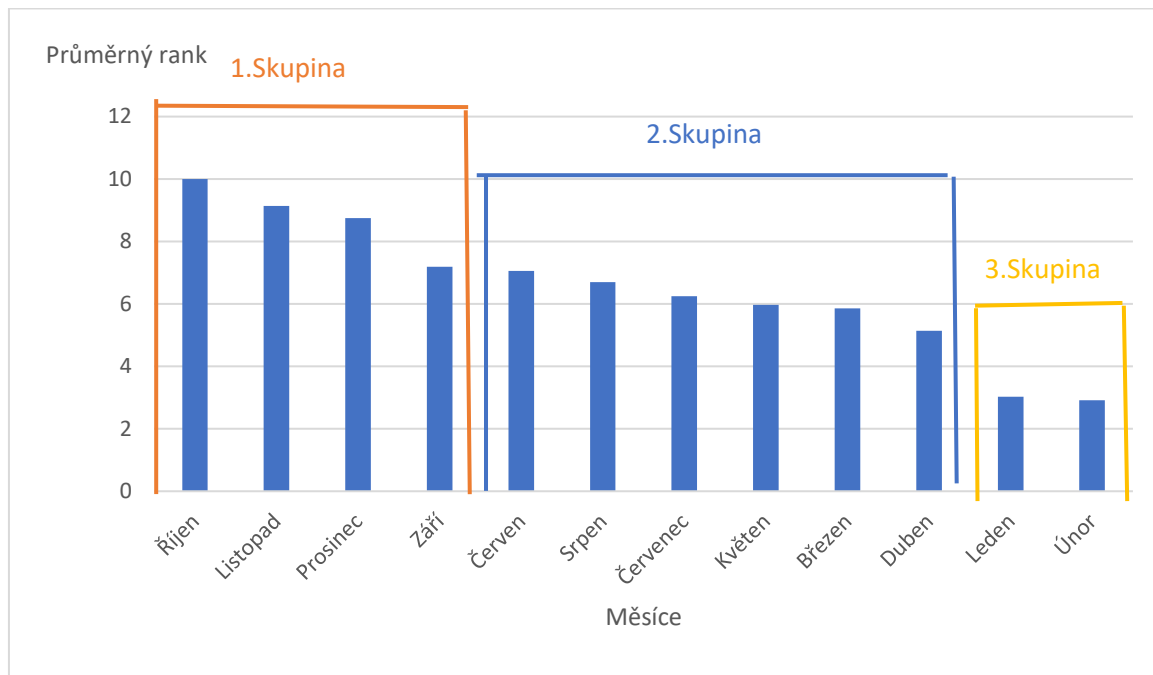
Tabulka 7 – Tabulka existence statisticky signifikantních rozdílů mezi měsíčními páry v roce 2021

	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
Leden	X	NE	NE	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
Únor	NE	X	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
Březen	NE	ANO	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	ANO	ANO
Duben	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	ANO	ANO
Květen	ANO	ANO	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	ANO	ANO	NE
Červen	ANO	ANO	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	ANO	NE	NE
Červenec	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	ANO	ANO	NE
Srpen	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	ANO	NE	NE
Září	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE
Říjen	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	X	NE	NE
Listopad	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	NE	NE	NE	X	NE
Prosinec	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X

Pro přehlednější interpretaci tabulky byl opět vytvořen graf sestupných hodnot ranku jednotlivých měsíců za rok 2021 s rozdělením měsíců do skupin podle důležitosti a jejich statisticky signifikantní rozdílů, který je možné vidět na obrázku č.26.



První skupina měsíců, jejíž členové mezi sebou nemají žádný statisticky signifikantní rozdíl, ale tento rozdíl opět existuje se členy skupin druhé a třetí je v grafu ohraničena oranžovými čarami. Jedná se opět o skupinu „Nejsilnějších měsíců“, ve kterých byla zaznamenána nejčastější koncentrace nejvyšších hodnot konektivity na jednotlivých letištích páteří sítě v roce 2021.



Obrázek 26 – Sestupný graf hodnot průměrného ranku měsíců v roce 2021 rozdělených do skupin dle důležitosti

Druhá skupina je v grafu ohraničena modrými čarami a jedná se o skupinu měsíců, které mezi sebou nemají žádný statisticky signifikantní rozdíl, ale tento rozdíl existuje se členy první a třetí skupiny. Skupina je stejně jako v roce 2020 označena jako skupina „Slabších měsíců“, protože v těchto měsících docházelo k menší koncentraci nejvyšších hodnot konektivity na jednotlivých letištích páteří sítě, než v měsících nacházejících se ve skupině první, ale stále se jednalo z pohledu konektivity o významnější měsíce než ve skupině třetí. Označení slabší, by v tomto případě nemělo působit způsobem, že se jedná o měsíce s nízkými hodnotami konektivity. Jak je ostatně patrné z obrázku č.10, ve všech těchto měsících došlo k překonání nebo alespoň dorovnání nejvyšších hodnot pohybů, které byly zaznamenány v předpandemickém roce 2019. Tato skupina tedy přinejmenším zdůrazňuje, k jak moc vysokým hodnotám konektivity muselo docházet v měsících nejsilnější skupiny v roce 2021.

Poslední třetí skupina je v grafu ohraničena žlutými čarami. Jedná se o skupinu měsíců, jejíž členové mezi sebou nemají statisticky signifikantní rozdíl, ale tento rozdíl existuje se členy



skupiny první a druhé. Skupina je označena jako skupina „Nejslabších měsíců“, protože zde docházelo k nejmenším koncentraci nejvyšších hodnot konektivity na jednotlivých letištích v celém roce 2021. Narozdíl od roku 2020 kde takováto skupina znamenala skupinu měsíců, ve kterých byly hodnoty konektivity zanedbatelné vlivem pandemie Covid-19, by se v tomto roce dala skupina označit jako zanedbatelná oproti hodnotám, kterých v tomto roce dosáhly měsíce z nejsilnější skupiny. Tento argument tedy potvrzuje, že se byznys letectví v nejsilnějších měsících tohoto roku dostalo na hodnoty, které mnohonásobně překonaly předpandemické úrovně, jak by si ostatně bylo možné potvrdit pomocí obrázku č.10.

Pro porovnání roku 2021 s předešlými roky 2019 a 2020, byla vytvořena tabulka, obsahující tři tabulky, skládající se z jednotlivých skupin, barevně vyznačených podle barvy čar, kterými byly ohraničeny do jich týkajících se grafů. Tyto tabulky je možné vidět v níže přiložené tabulce č.8.

Tabulka 8 – Tabulky pro porovnání zkoumaných období z pohledu měsíců v letech 2019 až 2021

2019		2020		2021
<b>Nejsilnější měsíce</b>		<b>Nejsilnější měsíce</b>		<b>Nejsilnější měsíce</b>
Říjen		Únor		Říjen
Květen		Říjen		Listopad
		Leden		Prosinec
Březen		Prosinec		
		Listopad		Září
		Srpen		
<b>Neutrální měsíce</b>		<b>Slabší měsíce</b>		<b>Slabší měsíce</b>
Duben		Září		Červen
Září		Březen		Srpen
Srpen		Červenec		Červenec
Listopad				Květen
Prosinec		Červen		Březen
				Duben
<b>Slabší měsíce</b>		<b>Nejslabší měsíce</b>		<b>Nejslabší měsíce</b>
Leden		Květen		Leden
Červen				
Únor		Duben		Únor
Červenec				



Při porovnání jednotlivých skupin roku 2021 s předešlým rokem 2020 je patrné, že se měsíce leden a únor přesunuly z nejsilnější skupiny měsíců do skupiny nejslabších měsíců. Tento pohyb lze díky literární rešerši z podkapitoly 1.4 přisoudit nárůstu počtu pohybů, díky kterým se v březnu roku 2021 dostalo byznys letectví opět na hodnoty, které byly charakteristické pro jeho předcovidové období a od kterých se následně na přelomu dubna a května také odrazilo a pokračovalo ve svém růstu, čímž došlo k velkému zvýšení úrovně hodnot konektivity na jednotlivých letištích páteřní sítě v ostatních měsících. Toto zvýšení následně vedlo k přesunu měsíců ledna a února do pozadí slabších skupin, jako tomu bylo v roce 2019. Naopak trendem, který rok 2021 sdílel s předešlým rokem 2020 je koncentrace vyšších hodnot konektivity v měsících na přelomu podzimu a zimy jako je listopad a prosinec, které nadále zůstaly ve skupině nejsilnějších měsíců a které se v roce 2019 nacházely v pozadí neutrální skupiny měsíců, kde jejich hodnota nebyly ani signifikantně vysoké, ale ani nízké. V popředí nejsilnější skupiny zůstal také měsíc říjen, který si tímto udržel své postavení napříč celým sledovaným obdobím. Na základě výsledků této analýzy, lze tento měsíc bezpochyby označit za nejdůležitější měsíc pro byznys letectví v USA, protože ho v tomto popředí musel udržovat nějaký důležitý fundament a na tento měsíc by se provozovatelé v byznys letectví měli v budoucnu soustředit a být na něj vždy připraveni.

Touto podkapitolou jsou zakončeny podkapitoly týkající se analýz jednotlivých měsíců a jejich porovnání napříč sledovaným časovým obdobím let 2019 až 2021. V následujících podkapitolách dojde k analýze samotných letišť páteřní sítě, kde bude možné zjistit, jakým způsobem tato letiště mezi sebou fungovala před, během a po vypuknutí pandemie Covid-19 a jakým způsobem se mezi nimi konektivita rozkládala.

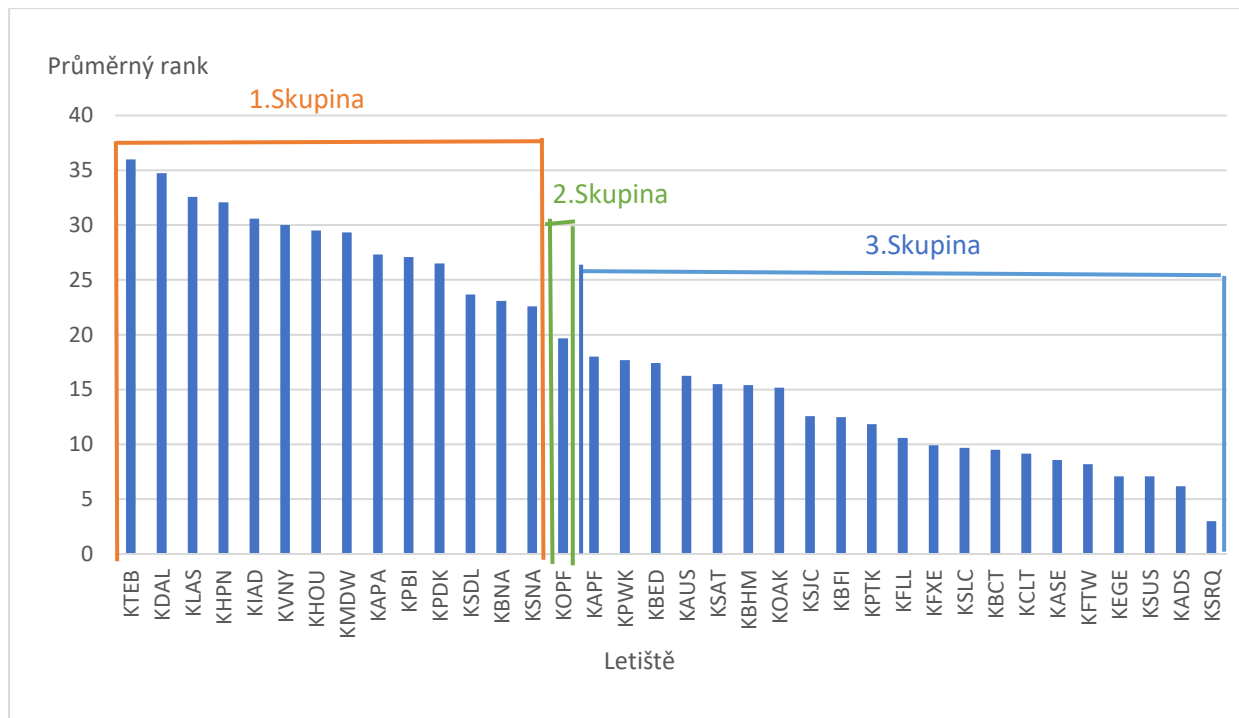
### **3.4 Analýza konektivity letišť páteřní sítě v roce 2019**

Analýza konektivity letišť páteřní sítě bude probíhat obdobně jako analýza měsíců a to pomocí Friedmanovi neparametrického testu. Analýzu je třeba začít stanovením nulové hypotézy, která zní že „Konektivita letišť páteřní sítě v roce 2019 měla na každém letišti stejně velkou hodnotu“. Výsledná P-hodnota vyšla aplikaci Friedmanova testu jako  $1,2665 \times 10^{-52}$ . Nulová hypotéza byla tedy na hladině významnosti 0,05 zamítnuta a je nutné pokračovat post analýzou pomocí Bonferroniho metody k určení letištních párů, které mezi sebou mají statisticky signifikantní rozdíl.

K přehlednějšímu zobrazení těchto statisticky signifikantních rozdílů byla vytvořena tabulka zobrazující existenci statisticky signifikantní rozdílů mezi jednotlivými letištními páry. Tabulka

byla vzhledem ke svým rozměrům rozdělena na čtyři části a bude ji možné nalézt na konci této práce v příloze č.5.

Pomocí tabulky signifikantních rozdílů došlo obdobně jako v případě analýzy měsíců k rozdělení letišť na jednotlivé skupiny dle důležitosti a tyto skupiny byly barevně ohraničeny do grafu na obrázku č.27.



Obrázek 27 – Sestupný graf hodnot průměrného ranku letišť páteřní sítě v roce 2019 rozdělených do skupin dle důležitosti

První skupina, je v grafu ohraničena oranžovými čarami a jedná se o skupinu letišť, které mezi sebou nemají žádný statisticky signifikantní rozdíl, ale tento rozdíl existuje se členy skupiny třetí. Tato letiště jsou označena jako „Nejsilnější letiště“ páteřní sítě v roce 2019, protože na nich docházelo ke koncentraci nejvyšších hodnot konektivity v jednotlivých měsících.

Druhá skupina je v grafu ohraničena zelenými čarami. V tomto případě je jediným členem této skupiny pouze letiště KOPF (Miami-Opa Locka Executive Airport), které nemá žádný statisticky signifikantní rozdíl s letišti ze dvou zbývajících skupin. Jedná se tak o letiště, ve kterém nebyla koncentrace nejvyšších hodnot konektivity v jednotlivých měsících ani na signifikantně vysoké, ale ani signifikantně nízké úrovni a tvoří tak středový bod mezi



nejsilnějšími a slabšími letišti páteřní sítě v roce 2019. Skupina byla proto označena jako skupina „Neutrálních letišť“.

Poslední třetí skupina je v grafu ohraničena modrými čarami a jedná se tak o skupinu letišť, jejichž členové mezi sebou nemají žádný statisticky signifikantní rozdíl, ale tento rozdíl existuje se členy skupiny první. Skupina je v práci označena jako skupina „Slabších letišť“ páteřní sítě v roce 2019.

Při prvním pohledu na skupinu nejsilnějších letišť je zřejmé, že i v této skupině vyčnívá jedno letiště a tím je letiště KTEB (Teterboro Airport), jehož průměrná hodnota ranku je 36. V tomto roce se tedy jednalo o letiště s vždy nejvyššími hodnotami konektivity v každém měsíci celého roku. V následující podkapitole analýzy roku 2020 bude možné porovnat, zdali se toto letiště i přes pandemii Covid-19 umístí do naprostého popředí se stejnou hodnotou ranku jako v roce 2019.

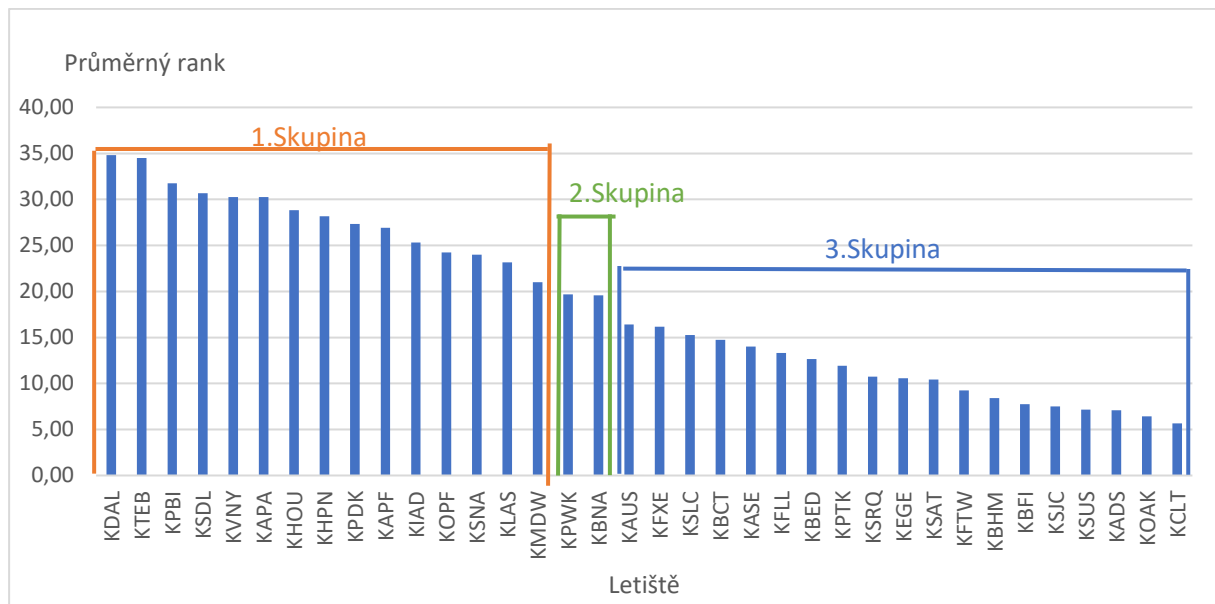
### 3.5 Analýza konektivity letišť páteřní sítě v roce 2020

I zde je analýza potřeba začít stanovením nulové hypotézy, která zní že „Konektivita letišť páteřní sítě v roce 2020 měla na každém letišti stejně velkou hodnotu“. Výsledná P-hodnota v tomto případě vyšla jako  $1,4411 \times 10^{-47}$ . Na hladině významnosti 0,05 došlo k zamítnutí nulové hypotézy a bylo třeba pokračovat post analýzou pomocí Bonfferoniho metody k určení párů letišť, mezi kterými existuje statisticky signifikantní rozdíl. K interpretaci výsledků Bonfferoniho metody byla vytvořena tabulka existence statisticky signifikantních rozdílů mezi jednotlivými letišti, kterou vzhledem k její velikosti bude možné nalézt v příloze č.6.

Graf na obrázku č.28 zobrazuje průměrné hodnoty ranku jednotlivých letišť za rok 2019 seřazených sestupně. Graf byl opět pomocí barevného ohraničení rozdělen na tři skupiny, kdy první skupina je ohraničena oranžovými čarami. Skupina je složena z letišť páteřní sítě, jejichž členové mezi sebou nemají žádný statisticky signifikantní rozdíl, ale tento rozdíl existuje se členy třetí skupiny označené modrými čarami. Skupinu byla označena jako skupina „Nejsilnějších letišť“ páteřní sítě v roce 2020.

Druhá skupina je v grafu ohraničena zelenými čarami. Skupina se skládá ze dvou letišť, které nemají statisticky signifikantní rozdíl s ostatními letišti páteřní sítě, ať už ze skupiny první anebo třetí. I v tomto roce se tedy jedná o skupinu „Neutrálních letišť“, jejichž koncentrace nejvyšších hodnot konektivity se v celém roce nepohybovala ani na vysoké, ale ani na nízké úrovni a jedná se opět o střed mezi nejsilnějšími a slabšími letišti páteřní sítě.

Třetí skupina je v grafu ohraničena modrými čarami. Tato skupina se skládá z letišť, které mezi sebou nemají žádný statisticky signifikantní rozdíl, ale tento rozdíl existuje s letišti skupiny první. Skupina je proto označena jako skupina „Slabších letišť“ páteřní sítě v roce 2020.



Obrázek 28 – Sestupný graf hodnot průměrného ranku jednotlivých letišť v roce 2020 rozdělených do skupin podle důležitosti

Při porovnávání jednotlivých skupin bylo zjištěno, že se do skupiny nejsilnějších měsíců přesunulo letiště KOPF, které se v roce 2019 nacházelo ve skupině neutrálních letišť a letiště KAPF (Naples Airport) ze skupiny slabších letišť. Zároveň však došlo k přesunu letiště KBNA (Nashville International Airport) ze skupiny nejsilnějších letišť do skupiny neutrálních letišť, která se oproti loňskému roku také rozrostla o letiště KPWK (Chicago Executive Airport) ze skupiny slabších letišť. Tento trend zvyšování členů nejvyšších a neutrálních skupin naznačuje, že se po vypuknutí pandemie začala koncentrace vyšších hodnot konektivity více soustředit i do slabších skupin letišť páteřní sítě, místo toho aby se pouze více soustředila do skupiny nejsilnější. Trend tedy jenom potvrzuje fakt, že i během krize jsou letiště slabších skupin páteřní sítě pro společnost v byznys letectví v USA více validní. Za zmínku týkající se skupiny nejsilnějších letišť patří záměna pořadí mezi KTEB a KDAL (Dallas Love Field Airport). Mezitím co se v roce 2019 umístilo KTEB bezkonkurenčně na prvním místě celé páteřní sítě a KDAL bylo v lehčím zákrytu, došlo v roce 2020 k praktickému vyrovnání hodnot průměrného ranku mezi těmito letišti, kdy KDAL dokonce získalo lehce navrch. Na základě tohoto výsledku lze tedy určit, že se během pandemického roku jako důležitější pro uživatele byznys letectví stalo letiště ve státu Texas, nežli letiště ve státu New York. Za poslední rozdíl, který bych k této



skupině chtěl zmínit je propad letiště KLAS (Harry Reid International Airport) z předního 3.místa až na místo 14té, čímž se během pandemického roku v důležitosti propadl i oproti letišti KAPF, které přibylo ze slabší skupiny letišť. Tento posun tedy říká, že důležitost největšího letiště ze státu Nevada, byla během pandemického roku nižší oproti menšímu Floridskému letišti, které je podle oficiálního webu letiště Naples AIRPORT [51], letištěm bez jakýchkoli aerolinkových služeb.

Při porovnávání skupiny slabších letišť stojí za největší zmínku výrazné povýšení letiště s nejnižší hodnotou průměrného ranku z roku 2019 do prostředních pozic této skupiny. Jednalo se o letiště KSRQ (Sarasota-brandeton International Airport). Ve skupině zároveň došlo ke zvýšení nejnižší hodnoty průměrného ranku oproti roku 2019. To podporuje teorii trendu stanoveného v předchozím odstavci o snižování statisticky signifikantních rozdílů mezi letišti páteřní sítě během pandemie, respektive o zvyšování provozu na letištích, které se v páteřní síti v roce 2019 zdáli spíše nevýrazné oproti předním „tahounům“.

Další podkapitola se bude zabývat poslední analýzou konektivity letišť páteřní sítě v práci sledovaného časového období a to roku 2021. V této analýze zároveň dojde k celkovému porovnání výsledků analýz z předcházejících let sledovaného období s rokem 2021.

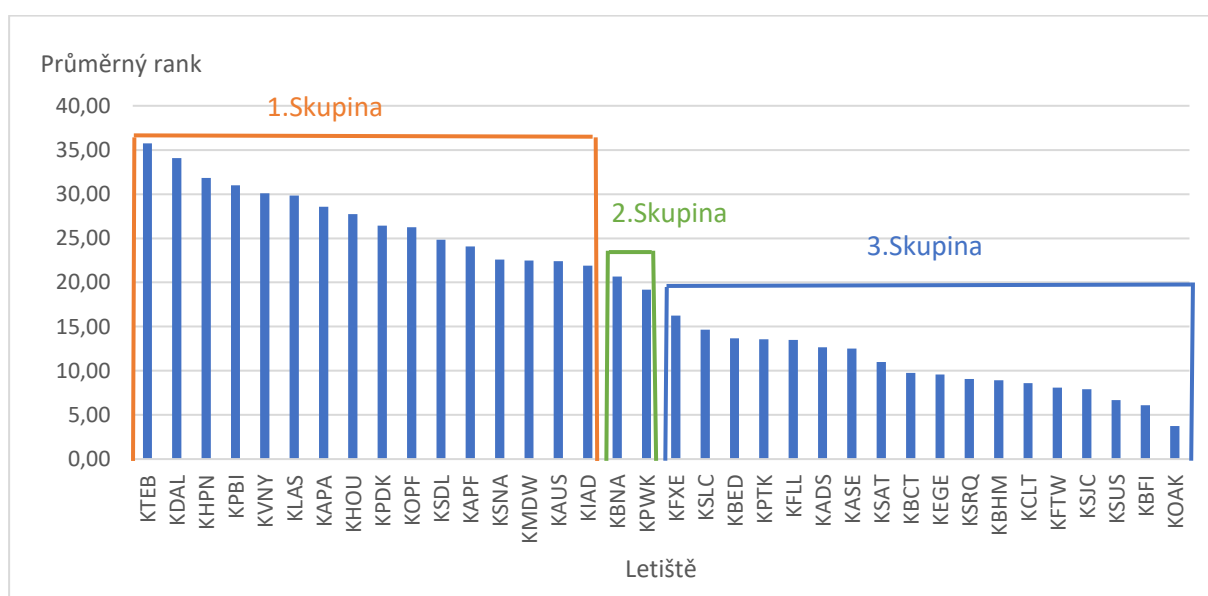
### **3.6 Analýza konektivity letišť páteřní sítě v roce 2021**

Tato podkapitola se bude zabývat poslední analýzou pomocí testů hypotéz v této práci. Jako v předcházejících podkapitolách i zde je třeba začít stanovením nulové hypotézy, která zní že „Konektivita letišť páteřní sítě v roce 2021 měla na každém letišti stejně velkou hodnotu“. Po aplikaci Friedmanova testu vyšla výsledná P-hodnota jako  $6,4197 \times 10^{-48}$ . Nulová hypotéza byla i v tomto případě zamítnuta na hladině významnosti 0,05 a bylo nutné pokračovat post analýzou pomocí Bonferroniho metody, k určení statisticky signifikantních rozdílů mezi jednotlivými letištními páry. Výsledky post analýzy byly zapsány do tabulky, která se vzhledem ke své velikosti bude nacházet v příloze č.7. Pomocí této tabulky došlo k rozdělení letišť páteřní sítě do tří skupin, které jsou barevně ohraničeny do níže přiloženého grafu na obrázku č.29.

První skupinou ohraničenou v grafu oranžovými čarami je skupina letišť, které mezi sebou nemají žádný statisticky signifikantní rozdíl, ale tento rozdíl existuje se členy skupiny třetí, která je v grafu ohraničena modře. Skupina je tedy opět označena jako skupina „Nejsilnějších letišť“ v roce 2021.

Druhou skupinou ohraničenou v grafu zelenými čarami je skupina tvořená dvěma letišti, které nemají statisticky signifikantní rozdíl s žádným letišťem páteřní sítě. Jedná se tak o skupinu letišť, na nichž nebyla koncentrace nejvyšších hodnot konektivity v roce 2021 ani signifikantně vysoká, ale ani nízká a i v tomto roce tvoří tak přechodný bod mezi nejsilnější a slabší skupinou letišť páteřní sítě. Skupina je tedy obdobně jako v předešlých letech označena jako skupina „Neutrálních letišť“.

Poslední třetí v grafu modrými čarami ohraničenou skupinou je skupinou letišť, které mezi sebou nemají žádný statisticky signifikantní rozdíl, ale tento rozdíl existuje se členy skupiny první. Skupina je proto označena jako skupina „Slabších letišť“ páteřní sítě v roce 2021.



Obrázek 29 – Sestupný graf hodnot průměrného ranku letišť páteřní sítě v roce 2021 rozdělených do skupin dle důležitosti

Pro přehlednější porovnání s předcházejícími ročníky byla vytvořena tabulka letišť páteřní sítě, obsahující jednu tabulku pro každý ročník, ve které jsou letiště rozděleny podle skupin, začínajících barevným polem podle barvy, kterou byly ohraničeny v jednotlivých grafech. Tuto tabulku lze nalézt vzhledem k její velikosti nalézt v příloze č.8 na konci této práce.

Toto porovnání začne opět samotným rozložením letišť páteřní sítě ve skupinách. Z porovnání tabulek je patrné, že trend který byl zdůrazněn při porovnání roků 2019 a 2020 ohledně rozkládání konektivity mezi více letišti v páteřní síti, pokračoval také v roce 2021, když se letiště KAUS (Austin-Bergstrom International Airport) přesunulo ze skupiny slabších letišť, ve které se nacházelo jak v roce 2019, tak v roce 2020 do skupiny nejsilnějších letišť. Tento trend





Ize tedy vnímat jako pozitivní především proto, že se byznys letectví začalo více rozšiřovat také na letiště, které se v předcházejících ročnících nemusely zdát tak důležité oproti ostatním členům páteřní sítě, čímž dochází ke stále větší expanzi tohoto odvětví a využívání jeho plného potenciálu.

Při podrobnějším rozebrání skupin nejsilnějších letišť je patrné, že se kromě rozšiřování o další členy tato skupina moc za 3 roky nehýbala a páteřní síť má tudíž velice pevný nejsilnější základ, který se postupem času ještě víc prohluboval. Za zmínku zde stojí opět první dvě příčky, kde v roce 2021 došlo k opětovnému vrácení letiště KTEB na první místo a získání lehce vyšších hodnot, oproti druhému letišti KDAL. Při prohlednutí těchto dvou letišť napříč v práci zkoumaným časovým obdobím a hodnot ranků, kterých dosahovaly oproti ostatní členům páteřní sítě, lze tyto dvě letiště označit za nejdůležitější letiště z pohledu konektivity byznys letecké sítě v USA.

Při porovnání druhé skupiny „Neutrálních letišť“ napříč zkoumaným časovým obdobím je patrné, že si tato skupina zachovala stejná letiště, jako v roce 2020, pouze se záměnou jejich pořadí důležitosti v této skupině. Letiště KPWK a KBNA si tedy zachovaly svůj „neutrální“ status, do kterého se dostala v pandemickém roce 2020 a pokračovaly v něm i v roce 2021 a lze je tedy určit jako letiště s průměrnou důležitostí v páteřní síti, které ani během dvou let nezměnily své postavení. Nejzajímavější charakteristikou, kterou členové této „neutrální“ skupiny disponují je, že jsou to letiště bez známého aerolinkového provozu. Za jejich vysokým umístěním a oblíbeností mezi letišti páteřní sítě je možné označit tento fundament, díky kterému se byznys letectví stává takto oblíbeným.

Poslední skupinou, kterou je možné napříč časovým obdobím porovnat je skupina „Slabších letišť“, ve které se pořadí rok od roku měnilo. Vzhledem k této skutečnosti není možné určit tzv. stabilní nejslabší článek této skupiny napříč zkoumaným časovým obdobím, což osobně považuji za dobrou zprávu, protože tím opět nedochází k postupnému zamítání některých lokací a poptávka se i v této části páteřní sítě neustále mění. Za zmínku posunu v této skupině v celém zkoumaném časovém období však stojí letiště KFXE (Fort Lauderdale Executive Airport) a KSLC (Salt Lake City International Airport), která se v roce 2019 nacházela v druhé polovině této skupiny. Během pandemického roku 2020 se však tato letiště pohybovala podobně jako letiště KAUS (které se nakonec i posunulo v roce 2021 do nejsilnější skupiny), do popředí této skupiny, ve kterém zůstalo i v roce 2021 s postupným navyšováním jejich průměrného ranku. Lze tedy předpokládat, že i za těmito letišti si uživatelé našli během pandemie určitý fundament, který trval i po velkém rozmachu této domény a jejich důležitost



bude podobně jako u KAUS postupně narůstat s možným přesunem do nejsilnější skupiny páteřní sítě.

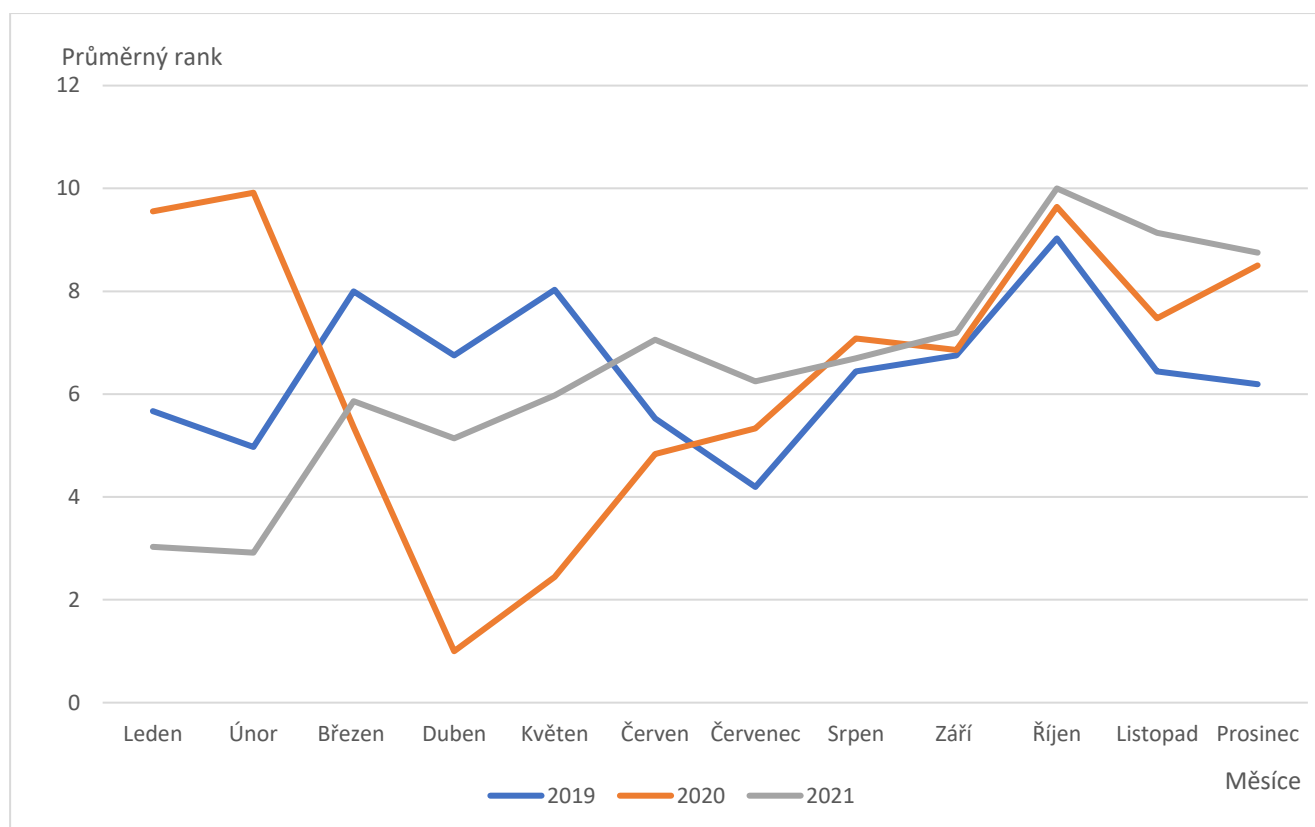
Touto podkapitolou je ukončena kapitola analýzy páteřní sítě. V následující kapitole bude provedena diskuse a porovnání výsledků této práce s dostupnými výsledky, které byly představeny v literární rešerši, anebo s jinými veřejně dostupnými zdroji.

## 4. Diskuse

Jak již bylo nastíněno na konci minulé kapitoly, v diskusi budou porovnávány výsledky analýzy konektivity páteřní sítě této práce s výsledky prací ostatních autorů. Vzhledem k jedinečnosti této práce je však možné porovnat výsledky pouze se statistikami z podkapitol týkající se literární rešerše a jednoho veřejného zdroje. Diskuse bude rozdělena do dvou podkapitol, kdy první bude obsahovat porovnání výsledků analýzy měsíců a druhá výsledků analýzy letišť.

### 4.1 Diskuse nad výsledky analýzy měsíců

Diskuse nad výsledky analýzy měsíců a výsledky z grafu na obrázku č.10 vytvořeného Huntem [31], bude provedena formou porovnání grafů. Pro tento účel byl vytvořen níže přiložený graf na obrázku č.30, což je spojnicový graf zobrazující průběh v této práci zkoumaného období 2019 až 2021. Průběh je sestaven na základě hodnot průměrného ranku, který každý měsíc získal v daném roce.



Obrázek 30 – Grafický průběh analýzy měsíců zkoumaného období této práce na základě hodnoty průměrného ranku



Před samotným porovnáním je nutné zdůraznit, že se jedná o velký rozdíl v porovnávaných metrikách. Mezitím co v grafu na obrázku č.10 je za nejdůležitější měsíc označen měsíc s nejvyšším počtem pohybů, v grafu na obrázku č.30 je za nejdůležitější měsíc považován měsíc s nejčastější koncentrací vysokých hodnot konektivity jednotlivých letišť páteřní sítě vůči měsícům ostatním. Je podstatné taky zmínit, že graf z obrázku č.10 obsahuje data o veškerých pohybech byznys letectví po celém světě. Jak plyne z literární rešerše z kapitoly 1.4, nemusel by tento problém až tak obrovskou roli ve zkrácení výsledků, protože se byznys letectví v USA podílí až na 70% veškerých pohybů, je však ale důležité to zmínit jako limitaci. Poslední limitací může být také fakt, že se v grafu na obrázku č.10 mohou promítnout také lety turbovrtulových letů, u kterých není známo, zdali je graf obsahuje či nikoli. Nejdůležitější události které v průběhu let proběhly by se však přes všechny limitace měly promítnout do obou průběhů. Aby bylo možné tyto dva průběhy přehledněji porovnat, byl vytvořen obrázek, který zobrazuje tyto průběhy pod sebou a bude ho možné nalézt v příloze č.9 .

Z porovnání těchto průběhů je možné potvrdit tři závěry, které byly stanoveny na konci poslední podkapitoly analýzy konektivity měsíců této práce. Prvním takovým závěrem, na kterém se oba průběhy shodují je důležitost měsíce října, který se v letech 2019 a 2020 umístil na předních příčkách obou průběhů a přestože není v grafu č.5 říjen v roce 2021 zobrazen, lze podle trendu očekávat, že i v tomto roce by se umístil první. Říjen lze tedy na základě porovnání dvou různě zpracovaných zdrojů označit jako nejdůležitější měsíc pro byznys letectví, který si svou důležitost držel jak před, při tak i po vypuknutí pandemie a ve kterém by provozovatelé měli počítat se zvýšenou poptávkou.

Druhým závěrem, který v této práci byl stanoven a je z průběhů možné potvrdit, je závěr ohledně nejmenší důležitosti měsíců ledna a února. Ačkoli se vlivem pandemie oba měsíce promítly do obou průběhů jako nejsilnější měsíce v roce 2020, ve zbylých letech 2019 a 2021 se v obou průbězích pohybovaly na nejnižších úrovních a to zejména v roce 2021, kdy se jejich hodnoty jevíly oproti trendu obrovského nárůstu, který byl s největší pravděpodobností takto pokračoval i v grafu na obrázku č.10 až zanedbatelné. Tyto měsíce se tedy mohou pro provozovatele v byznys letectví jevit jako nejméně důležité měsíce pro aktivní udržování celé flotily letadel v chodu a je přes ně možné plánovat jejich delší odstávky, jakými mohou být určité typy údržby.

Poslední závěrem, který je možné si z porovnání potvrdit je dopad pandemie Covid-19 na měsíce duben a květen v roce 2020 a jejich zanedbatelnost v tomto roce. Ačkoli se měsíce nemusely v ostatních letech jevit jako nejsilnější, nejednalo se ani o signifikantně slabé



měsíce. Jejich obrovský rozdíl v roce 2020 oproti ostatním měsícům, který se promítnul do obou průběhů, lze tedy skutečně přisoudit pandemii Covid-19 a toto období označit za nejhorší období pro byznys letectví za celé sledované období, kdy podle grafu z obrázku č.10 se dostaly až na 25-40% hodnoty oproti nejnižším hodnotám z ostatních let.

V další podkapitole bude provedena diskuse nad výsledky analýzy konektivity letišť páteří sítě a výsledky z prací ostatních autorů.

#### 4.2 Diskuse nad výsledky analýzy konektivity letišť páteří sítě

Vzhledem k omezenosti podobně zpracované analýzy či dostupných dat, bude nutné výsledky analýzy letišť páteří sítě této práce, opět porovnávat se statistikami pocházejících z prací jiných autorů. V tomto případě však omezenost zdrojů, se kterými by bylo možné výsledky porovnat, dovoluje pouhé porovnání top desíti v byznys letectví nejméně frekventovanějších letišť v roce 2020, se kterými pracoval portál Statista [17] v grafu na obrázku č.6 a dále top 25 letišť z článku napsaného Gollanem [52], pomocí kterého bude možné porovnat jak rok 2020, tak rok 2021. Pro rok 2019 nebyly získány žádné zdroje, které by diskusi nad výsledky této práce s jinými zdroji umožnily. Před samotným porovnáním je opět potřeba zdůraznit, že výsledky obou zdrojů se kterými bude porovnání provedeno, jsou založeny pouze na statistikách vzletů, nikoli na hodnotě ranku odvíjejícího se od koncentrace konektivity na jednotlivých letištích v daném roce, což může být hlavním důvodem stojícím za případnými rozdíly.

Tabulka 9 – Porovnání top 10 letišť z analýzy páteří sítě letišť této práce v roce 2020 s top 10 z grafu č.4

Top 10 v roce 2020 seřazená podle hodnoty průměrného ranku z analýzy této práce	Top 10 v roce 2020 seřazená podle největší hodnoty počtu pohybů z grafu č.4
KDAL - Dallas Love Field	KTEB - Teterboro Airport
KTEB - Teterboro Airport	KDAL - Dallas Love Field
KPBI - Palm Beach International Airport	KPBI - Palm Beach International Airport
KSDL - Scottsdale Airport	KVNY - Van Nuys Airport
KVNY - Van Nuys Airport	KAPA - Centennial Airport
KAPA - Centennial Airport	KHPN - Westchester County Airport
KHOU - William P.Hobby Airport	KSDL - Scottsdale Airport
KHPN - Westchester County Airport	KPDK - DeKalb-Peachtree Airport
KPDK - DeKalb-Peachtree Airport	KHOU - William P.Hobby Airport
KAPF - Naples Airport	KAPF - Naples Airport

Zelené písmo = shoda v pořadí



Tabulka č.10 obsahuje dvě tabulky, jejichž výsledky budou vůči sobě porovnány. Tabulka v levé části je tabulka sestavená na základě výsledků analýzy letišť páteří sítě v roce 2020 této práce a tabulka v pravé části je tabulka složená z výsledků největších hodnot počtu odletů v grafu z obrázku č.6. Na první pohled je zřejmé, že tyto tabulky obsahují stejné členy, pouze s rozdílem záměny pořadí. První rozdíl je však možné nalézt již na prvních dvou místech. Mezitím co v levé tabulce získalo největší hodnotu ranku letiště KDAL, které se v tomto roce i když velice těsně jako jediné umístilo před letištěm KTEB, podle obrázku č.6 se první umístilo letiště KTEB a to až o celou jednu šestinu počtu odletů. Výsledky se však shodují na třetím místě na kterém se v obou zdrojích umístilo letiště KPBI. Další shoda poté panuje pouze na umístění letiště KAPF na posledním desátém místě. Ostatní letiště jsou zde lehce promíchaná, kdy veškeré shody v pořadí jsou v tabulkách vyznačeny zeleným písmem. Takovéto rozdíly v pořadí lze s velkou pravděpodobností přirovnávat porovnávaným metrikám. Mohlo zde však také dojít k promítnutí rozdílných zdrojů dat, u kterých není ani z druhého zdroje jasné, zdali ve své práci měl k dispozici také data, obsahující pohyby turbovtulových letadel či nikoli.

Tabulka 10 – Porovnání top 25 letišť vycházejících z výsledků analýzy letišť páteří sítě této práce v roce 2020 s top 25 vycházejících z výsledků práce Gollana [52]

Top 25 v roce 2020 seřazená podle hodnoty průměrného ranku z analýzy této práce	Top 25 v roce 2020 seřazená podle největšího počtu pohybů podle Gollana[52]
KDAL - Dallas Love Field	KTEB - Teterboro Airport
KTEB - Teterboro Airport	KDAL - Dallas Love Field
KPBI - Palm Beach International Airport	KPBI - Palm Beach International Airport
KSDL - Scottsdale Airport	KVNY - Van Nuys Airport
KVNY - Van Nuys Airport	KAPA - Centennial Airport
KAPA - Centennial Airport	KHPN - Westchester County Airport
KHOU - William P.Hobby Airport	KSDL - Scottsdale Airport
KHPN - Westchester County Airport	KPDK - DeKalb-Peachtree Airport
KPDK - DeKalb-Peachtree Airport	KHOU - William P.Hobby Airport
KAPF - Naples Airport	KAPF - Naples Airport
KIAD - Dulles Airport	KIAD - Dulles Airport
KOPF - Miami-Opa Locka Executive Airport	KSNA - John Wyne Airport
KSNA - John Wyne Airport	KLAS - Harry Reid Airport
KLAS - Harry Reid Airport	KOPF - Miami-Opa Locka Executive Airport
KMDW - Midway Airport	KSLC - Salt Lake City Airport
KPWK - Chicago Executive Airport	KFXE - Fort Lauderdale Executive Airport
KBNA - Nashville Airport	KPWK - Chicago Executive Airport
KAUS - Austin-Bergstorm Airport	KBNA - Nashville Airport
KFXE - Fort Lauderdale Executive Airport	KMDW - Midway Airport
KSLC - Salt Lake City Airport	KBFI - King County Airport
KBCT - Boca Raton Airport	KBED - Laurence G.Hanscom Field
KASE - Aspen/Pitkin County Airport	N
KFLL - Fort Lauderdale-Hollywood Airport	KAUS - Austin-Bergstorm Airport
KBED - Laurence G.Hanscom Field	KFLL - Fort Lauderdale-Hollywood Airport
KPTK - Oakland County Airport	KSAT - San Antonio Airport

Zelené písmo = shoda v pořadí  
Červené písmo = rozdíl v obsahu tabulky  
N = neznámé letiště



Tabulka č.11 obsahuje dvě zpracované tabulky, kdy tabulka v levé části vychází z výsledků analýzy letišť páteřní sítě této práce v roce 2020 a ta v pravé části z dat o počtu odletů z práce Gollana [52]. Gollanova data byla však původně vytvořena pro rok 2021 se zpětným odvoláním na pořadí v roce 2020, proto se v této tabulce nenachází letiště na 22 pozici a je zde nahrazeno písmenem N. Kromě písmene N se tyto tabulky liší ve dvou (respektive 3) dalších letištích, které mají každé jiné. V případě výsledků této práce se jedná o letiště KBCT, KASE a KPTK a v případě tabulky z Gollanových dat se jedná o letiště KBFI a KSAT (obě tato letiště však páteřní síť této práce vyskytují), kdy jsou všechna tato letiště v tabulkách vyznačena červeným písmem. 22 členů těchto dvou tabulek je však stejných. Co se týká umístění, stejně jako v tabulce č.10 i zde se liší pořadí prvních dvou letišť KDAL a KTEB, které jsou dle Gollanova řazena opět opačně. Od první desítky je umístění výsledných dat této práce a dat Gollana stejné pouze na 11.místě letiště KIAD, kdy veškeré shody v pořadích jsou v tabulkách vyznačeny zeleným písmem. Od 11tého letiště zde shoda nepanuje a všechna data jsou opět umístěna v jiném pořadí.

Závěrem porovnání výsledků roku 2020 s oběma zdroji může být, že za nejdůležitější letiště v páteřní síti lze považovat letiště KTEB a KDAL, která se v obou případech pouze se záměnnou umístila ve všech třech pracích na prvních dvou místech a která se zároveň takto umístila i ve výsledcích této práce pro rok 2019. Za celkovou shodu je zde také možné označit členy páteřní sítě v této práci, které se shodují 100% s top desítkou z obrázku č.6 a v naprosté většině s top 25 z práce Gollana [52], kde jsou případné neshody s jeho obsahem členů stejně umístěny níže v páteřní síti této práce. Za nejdůležitější stát z pohledu shody lze v tomto roce považovat stát Florida, ze kterého se v top 25 této práce a práce Gollana [52] vyskytuje až 5 letišť a to konkrétně KPBI, KAPF, KOPF, KFXE a KFLL.

Posledním porovnáním výsledků je porovnání top 25 letišť vycházejících z výsledků analýzy konektivity letišť páteřní sítě v roce 2021 této práce s top 25 letišť v roce 2021 na základě výsledků Gollana [52]. Pro porovnání byla vytvořena níže přiložená tabulka č.12, kterou tvoří dvě tabulky vytvořené z výše zmíněných výsledků. Rozdíl v obsahu letišť je v levé tabulce v letištích KPTK, KADS a KASE a v pravé tabulce v letištích KSAT, KBFI, KSJC (všechna tato letiště opět pokrývá páteřní síť této práce, pouze se ve výsledné analýze umístili níž), kdy všechny tyto rozdíly jsou vyznačeny jak v levé, tak v pravé tabulce červeným písmem. Jinak se však opět 22 členů v obou případech vyskytuje v top 25. Co se týká shody v pořadí, shodují se pouze letiště KTEB, která se v obou tabulkách objevila na prvním místě, letiště KPDK umístěné na 9tém místě, KAPF na 12ctém a KAUS které se v obou případech nacházelo 15cté. Odsud však všechny shody končí. Za největší rozdíl v umístění lze považovat rozdíl



mezi KDAL a KPBI. Mezitím co se v levé tabulce umístilo KDAL umístilo s 10% rozdílem od KPBI na druhém místě, tak v pravé tabulce se umístilo na druhém místě KPBI a KDAL až v zákrytu opět s prakticky 10% rozdílem v hodnotách. Tento rozdíl by bylo možné opět přisoudit k srovnávání rozdílných metrik ranku, zvýrazňujícího nejčastější koncentraci vysokých hodnot konektivity v daném roce z této práce a celkovému počtu odletů z práce Gollana [52]. Za nejvíce zastoupený stát, jehož členové se nacházejí v obou top 25 tohoto roku lze opět považovat stát Florida, ze kterého se zde vyskytovalo až 5 letišť, které je možné identifikovat pomocí přílohy č.1.

Tabulka 11 – Porovnání top 25 letišť vycházejících z výsledků analýzy páteří sítě letišť této práce v roce 2021 s top 25 vycházejících z výsledků práce Gollana [52]

Top 25 v roce 2021 seřazená podle hodnoty průměrného ranku z analýzy této práce	Top 25 v roce 2021 seřazená podle největšího počtu pohybů podle Gollana[52]
KTEB - Teterboro Airport	KTEB - Teterboro Airport
KDAL - Dallas Love Field	KPBI - Palm Beach International Airport
KHPN - Westchester County Airport	KDAL - Dallas Love Field
KPBI - Palm Beach International Airport	KVNY - Van Nuys Airport
KVNY - Van Nuys Airport	KHPN - Westchester County Airport
KLAS - Harry Reid Airport	KAPA - Centennial Airport
KAPA - Centennial Airport	KLAS - Harry Reid Airport
KHOU - William P.Hobby Airport	KOPF - Miami-Opa Locka Executive Airport
KPDK - DeKalb-Peachtree Airport	KPDK - DeKalb-Peachtree Airport
KOPF - Miami-Opa Locka Executive Airport	KSDL - Scottsdale Airport
KSDL - Scottsdale Airport	KHOU - William P.Hobby Airport
KAPF - Naples Airport	KAPF - Naples Airport
KSNA - John Wyne Airport	KIAD - Dulles Airport
KMDW - Midway Airport	KSNA - John Wyne Airport
KAUS - Austin-Bergstorm Airport	KAUS - Austin-Bergstorm Airport
KIAD - Dulles Airport	KSLC - Salt Lake City Airport
KBNA - Nashville Airport	KMDW - Midway Airport
KPWK - Chicago Executive Airport	KFXE - Fort Lauderdale Executive Airport
KFXE - Fort Lauderdale Executive Airport	KBNA - Nashville Airport
KSLC - Salt Lake City Airport	KBED - Laurence G.Hanscom Field
KBED - Laurence G.Hanscom Field	KPWK - Chicago Executive Airport
KPTK - Oakland County Airport	KFLL - Fort Lauderdale-Hollywood Airport
KFLL - Fort Lauderdale-Hollywood Airport	KSAT - San Antonio Airport
KADS - Addison Airport	KBFI - King County Airport
KASE - Aspen/Pitkin County Airport	KSJC - San Jose Airport

Zelené písmo = shoda v pořadí  
Červené písmo = rozdíl v obsahu tabulky  
N = neznámé letiště

Porovnání v této podkapitole lze ukončit se závěrem, že při porovnání se dvěma na sobě nezávislými zdroji mají výsledky této práce, alespoň částečnou shodu v umístění jednotlivých letišť napříč oběma roky. Shoda panovala především ve členech jednotlivých skupin, kdy se





naprostá většina vyskytovala jak v top 10, tak i v top 25 obou let. Letiště které top 25 této práce postrádala se stejně poté nacházela v určené páteřní síti na nižších příčkách. Za nejdůležitější letiště páteřní sítě byznys letectví USA, lze napříč celým zkoumaným obdobím určitě označit letiště KTEB, které se s výjimkou analýzy roku 2020 této práce, vždy umístilo na prvním místě. Ačkoli však nejdůležitější letiště pochází ze státu New York, nejedná se ani zdaleka pro byznys letectví nejdůležitější stát. Tento titul by měl podle výsledků této práce, porovnáními s výsledky práce ostatních autorů patřit státu Florida, ze kterého se v top 25 letišť v letech 2020 a 2021 nacházelo až 5 letišť z celkových 7 nacházejících se v páteřní síti 36 letišť této práce. Zajímavé na těchto 5 letištích je, že až 2 letiště nemají žádný známý aerolinkový provoz a to konkrétně letiště KAPF a KFXE.

Tímto zároveň končí kapitola diskutující nad výsledky této a ostatních prací. Celkové rozdíly v pořadí lze přiřadit různým zdrojům dat, které mohly obsahovat také pohyby i nevyužívanějších turbovrtulových letadel, nebo s největší pravděpodobností rozdíly v porovnávaných metrikách, podle kterých byla pořadí vypracována. Další kapitola se bude již věnovat závěru této práce, jejím limitacím, zhodnocením metodologického postupu a tématy, která by mohly navázat na výsledky této práce.



## Závěr

Tato práce se věnovala byznys letectví a jeho konektivité v USA. Zpracování samotné práce bylo rozděleno na literární rešerši týkající se zkoumané problematiky, vytvoření metodologie sběru dat a jejich zpracování, analýzy konektivity a nakonec diskusí, ve které byly porovnávány výsledky této práce s výsledky prací ostatních autorů. Vzhledem k jedinečnosti této práce, bylo celé zpracování odkázáno především na teorii a praktické metody, využívané k ohodnocení leteckých sítí a konektivity ve velkém dopravním létání, ze kterých bylo nutné vyfiltrovat a následně vybrat nejdůležitější nápomocné body pro zkoumání problematiky, kterou se tato práce zabývala. V práci byla popsána letecká síť byznys letectví v USA jako největší a nejvyužívanější letecká síť založená na modelu Point-to-Point, díky využívání přímých, nepravidelných letů na zakázku bez nutnosti přestupu a to i na letiště s malým, anebo žádným aerolinkovým provozem, kterých se v USA pro tuto doménu nachází až 10 násobně větší využitelný počet oproti letištím, které může využít velká linková doprava. Tento argument potvrzuje také páteční síť, která byla v práci pro tuto doménu určena, kdy až 8 letišť z 36 jsou letiště bez v současnosti známého aerolinkového provozu. Zároveň zde došlo také k zmapování největšího podílu států v této páteční síti, který v USA tvoří letiště pocházející ze státu Florida, Texas a Kalifornie. Colorado, New York a Illinois.

Po zmapování páteční sítě této domény byla provedena analýza, pomocí Friedmanova neparametrického testu, využívaného při statistických testech hypotéz. Kvůli pandemii Covid-19 (která se promítla do v práci zkoumaného časového období), byla analýza páteční sítě provedena jak z pohledu konektivity letišť, tak z pohledu konektivity měsíců. Díky této analýze bylo možné identifikovat období, během kterých pandemie zasáhla byznys letectví nejvíc. Zároveň zde došlo k identifikaci nejsilnějších a nejslabších měsíců tohoto odvětví, které bylo možné také potvrdit při následné diskusi nad výsledky této práce, kde došlo k jejich porovnání s grafickým průběhem počtu pohybů zmíněného v literární rešerši. Z tohoto porovnání bylo potvrzeno, že měsíc říjen je nejsilnějším měsícem této domény a provozovatelé byznys letectví by měli být vždy připraveni na zvýšenou poptávku v tomto měsíci. Za naopak nejslabší měsíce byly označeny měsíce leden a únor, ve kterých by se provozovatelé mohli soustředit na důležité údržby, které by v jiných měsících mohli ovlivnit jejich podnikání. Posledním závěrem, který vyplynul z diskuse nad výsledky analýzy měsíců, bylo potvrzení nejvíce pandemií zasažených měsíců dubna a května v roce 2020, které se oproti ostatním měsícům vykazovaly v obou průbězích až zanedbatelné hodnoty. Lze tedy potvrdit, že v těchto měsících skutečně došlo k největším dopadům pandemie na byznys letectví, ale zároveň že v následujících měsících skutečně došlo k odrazu a opětovnému vzestupu tohoto odvětví letecké dopravy,



které tímto způsobem zvládlo pandemii daleko lépe, než velké dopravní letectví nesoucí si následky pandemie do dnešní doby.

Co se analýzy letišť týče, nebylo možné v práci identifikovat nejslabší článek páteřní sítě, protože se rok od roku měnil. Tento trend byl však v práci vyhodnocen jako pozitivní, protože tím nedocházelo k žádnému postupnému zamítávání jednotlivých členů páteřní sítě. Bylo možné však identifikovat nejsilnější letiště, kterým po provedení diskuse bylo určeno letiště Teterboro ze státu New York. V práci došlo také k identifikaci nejsilnější skupiny letišť páteřní sítě, která se od roku 2019 až do roku 2021 postupně rozrůstala, což bylo vyhodnoceno jako trend rovnoměrnějšího rozkládání konektivity v páteřní síti mezi více letišť. Tento trend byl v práci vnímán jako pozitivní, protože tím dochází k rozvoji byznys letectví ve vícero oblastech, nežli pouze v soustředění v jednom konkrétním státě/oblasti/letišti. Argument opět může podpořit fakt, že se v nejsilnější skupině nikdy nenacházela většina z nejvíc v páteřní síti zastoupených států z Texasu nebo Floridy, ale jednalo se o směsici různých letišť z různých států. V diskusi bylo také potvrzeno, že složení páteřní sítě této práce odpovídá složením top 10 a 25 v letech 2020 a 2021 z jiných zdrojů a páteřní síť tím tedy byla určena správně. Pořadí letišť v těchto letech se však z majoritní většiny neshodovalo s výsledky prací ostatních autorů. Tento rozdíl byl přisouzen problematickému porovnání výsledků založených na rozdílných metrikách anebo rozdílům v datovém zdroji. Za nejdůležitější stát z pohledu konektivity letišť byl v práci označen stát Florida, ze kterého nejenže pocházelo nejvíce letišť nacházejících se v top 25 této a jiných prací, ale zároveň proto, že se v tomto státě nacházelo nejvíce letišť bez pravidelných aerolinkových služeb a i nejvíce letišť v páteřní síti této práce. Mezi přínosy této práce patří především stanovení základu a postupu, pomocí kterého lze zkoumat konektivitu byznys letectví a dále také zmapování byznys letectví na trhu Spojených Států. Praktické přínosy této práce by se mohly promítnout do byznys modelů provozovatelů figurujících v tomto odvětví, kteří by s jejím využitím mohli identifikovat období, na které by měli být nejvíce připraveni anebo taky ne. Případně by se s její pomocí mohli také více zaměřit na letiště páteřní sítě, kde by mohli umístit svá letadla nebo investovat do infrastruktury těchto letišť a přispět tak signifikantně do rozšiřování a kvality služeb nabízených v tomto odvětví.

Hlavní limitací při zpracování této práce je omezenost dat, která se vztahovala pouze na pohyby proudových letounů, čímž sice pokryla majoritní část na tomto trhu využívaných dopravních prostředků, ale zároveň tím přišla o pohyby letounů turbovtulových, které na trhu samostatně zastupují nejvyšší podíl. Práce tak ztratila možnost provést ještě komplexnější analýzu, která by mohla obsahovat více dat a promítnout se případně do samotné páteřní sítě a její měsíční aktivity anebo odemknout více letišť, které nejsou uzpůsobeny na operace proudových letadel. Limitací této práce jsou také nedostatečné zdroje, které by se daly využít



v následné diskusi k porovnání výsledků, či nevhodný formát metriky ze zdrojů dostupných. Tuto limitaci však nebylo možné odstranit zejména díky vysoké ceně, kterou si společnosti za takovéto poskytnutí dat účtují anebo nedostatku obdobně zpracovaných prací na toto téma. Samotné zpoplatnění dat a jejich veřejná nepřístupnost se také dá označit za limitaci a to zejména kvůli obtížnosti jejich získání, která může omezit další prozkoumání této do velké míry nezmapované oblasti na akademické půdě, jak by tomu bez společnosti WINGX bylo i v případě této práce.

Metodologický postup, který byl zvolen při vypracování této práce hodnotím kladně a to především díky splnění ideální definice konektivity plynoucí z využití metody, z diskuse plynoucího správného určení letišť páteřní sítě a analýze, která neprobíhala na pouhém určení nejdůležitějších prvků pomocí identifikace největší konečné hodnoty, ale počítala také s kvantitou těchto hodnot, pomocí které nejdůležitější prvky identifikovala. Výsledky této práce proto vnímám jako komplexní a kvalitní podklad pro budoucí výzkumy a analýzy tohoto odvětví, na který by bylo možné navázat podrobnějším zkoumáním příčin, proč je byznys letectví v této práci zvýrazněných obdobích tak aktivní, jaký přesný důvod vyjma pandemie mohl stát za jeho masivním rozvojem během tohoto sledovaného období, jaký přesně fundament stojí za nejvíce zastoupenými státy, jejichž letiště páteřní síť obsahovala, anebo samotným zmapováním provozu turbovrtulových letadel, který by se mohl lišit od provozu letadel proudových z této práce. Byznys letectví je dle mého názoru stále do velké míry neprozkoumanou oblastí, které bych se nadále chtěl ve svých budoucích pracích na ČVUT a v budoucí kariéře v letectví věnovat.



## Seznam použité literatury

- [1] HERCIK, Jan. Dopravní systémy a jejich regionální rozdíly. In: *Katedra geografie: Přírodovědecká fakulta UP* [online]. [cit. 2022-07-23]. Dostupné z: [https://geografie.upol.cz/soubory/lide/hercik/GEDP/Prednasky/dopravni\\_systemy\\_regionalni\\_rozdily.pdf](https://geografie.upol.cz/soubory/lide/hercik/GEDP/Prednasky/dopravni_systemy_regionalni_rozdily.pdf)
- [2] HERCIK, Jan. Dopravní síť. In: *Katedra geografie: Přírodovědecká fakulta UP* [online]. [cit. 2022-07-23]. Dostupné z: [https://geography.upol.cz/soubory/lide/hercik/GEDP/Prednasky/dopravni\\_sit.pdf](https://geography.upol.cz/soubory/lide/hercik/GEDP/Prednasky/dopravni_sit.pdf)
- [3] JUNEK, Vladimír. *Mezinárodní letecká doprava a její regulace*. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické, 2000. ISBN 80-01-02227-7.
- [4] GUIMERA, Roger a Luís AMARAL. Cartography of complex networks: modules and universal roles. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment* [online]. 2005, **2005**(02) [cit. 2022-07-23]. ISSN 1742-5468. Dostupné z: doi:10.1088/1742-5468/2005/02/P02001
- [5] LORDAN, Oriol, Jose M.SALLAN a Pep SIMO. *Robustness of the air transport network* [online]. **2014**, 155-163 [cit. 2022-07-23]. ISSN 1366-5545. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.tre.2014.05.011>
- [6] KALOČAYOVÁ, Michaela. *Metodologie hodnocení stavu letecké sítě*. 2020. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Bínová Helena.
- [7] KAJTMAN, Jan a Vlastimil MELICHAR. *DEREGULACE A LIBERALIZACE LETECKÉ DOPRAVY* [online]. 12 [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: <https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/67694/Kajtman.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [8] MARADA, Miroslav. Důsledky deregulace letecké dopravy. *Geografické rozhledy*. 2011. Dostupné také z: <https://www.geograficke-rozhledy.cz/archiv/clanek/500/pdf>
- [9] RODRIGUE, Jean-Paul, *Claude COMTOIS a Brian SLIACK*. The geography of transport systems [online]. Fifth edition. New York, NY: Routledge/Taylor & Francis Group, 2020 [cit. 2022-08-05].
- [10] HOLLOWAY, Stephen. *Straight and level: practical airline economics*. 3rd ed. Burlington, VT: Ashgate Pub, 2008. ISBN 9780754672586.



- [11] *Je reálné udělat z letiště hub?* [online]. Praha, 2012 [cit. 2022-08-05]. Dostupné z: [http://www.olbron.cz/cs/telo/clanky/je\\_realne\\_udelat\\_z\\_letiste\\_hub\\_frame.html](http://www.olbron.cz/cs/telo/clanky/je_realne_udelat_z_letiste_hub_frame.html)
- [12] *IBAC Definitions of Business Aviation* [online]. [cit. 2022-07-23]. Dostupné z: <https://www.ebaa.org/app/uploads/2018/01/About-business-aviation-.pdf>
- [13] NBAA. What is Business Aviation?. In: *National Business Aviation Association* [online]. [cit. 2022-07-26]. Dostupné z: <https://nbaa.org/business-aviation/>
- [14] NATIONAL BUSINESS AVIATION ASSOCIATION (NBAA). *NBAA Business Aviation Fact Book: 2021* [online]. 33 [cit. 2022-07-23]. Dostupné z: <https://nbaa.org/business-aviation/nbaa-business-aviation-fact-book/>
- [15] KRANE, David. *The Real World of Business Aviation: A Survey of Companies Using General Aviation Aircraft* [online]. [cit. 2022-07-23]. Dostupné z: <https://nbaa.org/wp-content/uploads/2018/02/Real-World-of-Business-Aviation-2009.pdf>
- [16] *BUSINESS AVIATION FACT BOOK* [online]. 37 [cit. 2022-07-23]. Dostupné z: <https://nbaa.org/wp-content/uploads/2018/01/business-aviation-fact-book.pdf>
- [17] *Business aviation market in the U.S.* [online]. 28 [cit. 2022-07-23]. Dostupné z: <https://www.statista.com/study/52700/business-aviation-market-in-the-us/>
- [18] MALIGHETTI, Paolo, Stefano PALEARI a Renato REDONDI. Connectivity of the European airport network: “Self-help hubbing” and business implications. *Journal of Air Transport Management* [online]. 2008, **14**(2), 53-65 [cit. 2022-07-16]. ISSN 09696997. Dostupné z: doi:10.1016/j.jairtraman.2007.10.003
- [19] ICAO. Connectivity. In: *ICAO* [online]. [cit. 2022-07-26]. Dostupné z: <https://www.icao.int/sustainability/pages/connectivity.aspx>
- [20] HALYLEY, Morphet a Claudia BOTTINI. *Air connectivity: Why it matters and how to support growth* [online]. [cit. 2022-07-23]. Dostupné z: <https://www.pwc.com/gx/en/capital-projects-infrastructure/pdf/pwc-air-connectivity.pdf>
- [21] EGELAND, J. *Defining, Measuring and Improving Air Connectivity* [online]. INTERNATIONAL TRANSPORT FORUM POLICY PAPERS. Paříž, 2018 [cit. 2022-07-23]. ISSN 24108871. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1787/24108871>



- [22] CNBC STAFF. America's Top States for Business 2021. In: *CNBC* [online]. 2021 [cit. 2022-07-26]. Dostupné z: <https://www.cnbc.com/2021/07/13/americas-top-states-for-business.html>
- [23] IATA. *Air Connectivity: Measuring the connections that drive economic growth* [online]. 129 [cit. 2022-07-23]. Dostupné z: <https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/air-connectivity-measuring-the-connections-that-drive-economic-growth/>
- [24] ARVIS, Jean-Francois a Ben SHEPHERD. *The Air Connectivity Index: Measuring Integration in the Global Air Transport Network* [online]. [cit. 2022-07-23]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/228256786\\_The\\_Air\\_Connectivity\\_Index\\_Measuring\\_Integration\\_in\\_the\\_Global\\_Air\\_Transport\\_Network](https://www.researchgate.net/publication/228256786_The_Air_Connectivity_Index_Measuring_Integration_in_the_Global_Air_Transport_Network)
- [25] SUN, Xiaoqian, Sebastian WANDLET a Anming ZHANG. On the degree of synchronization between air transport connectivity and COVID-19 cases at worldwide level. *Transport Policy* [online]. **2021**(105), 115-123 [cit. 2022-07-23]. ISSN 0967-070X. Dostupné z: [doi:https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2021.03.005](https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2021.03.005)
- [26] BROCKMANN, Dirk a Dirk HELBING. The Hidden Geometry of Complex, Network-Driven Contagion Phenomena. *Science* [online]. 2013, **342**(6164), 1337-1342 [cit. 2022-07-16]. ISSN 0036-8075. Dostupné z: [doi:10.1126/science.1245200](https://doi.org/10.1126/science.1245200)
- [27] ZAKI, Ali, Sander VAN BOHEEMEN, Theo BESTEBROER, Albert OSTERHAUS a Ron FOUCHIER. Isolation of a Novel Coronavirus from a Man with Pneumonia in Saudi Arabia. *New England Journal of Medicine* [online]. 2012, **367**(19), 1814-1820 [cit. 2022-07-16]. ISSN **0028-4793**. Dostupné z: [doi:10.1056/NEJMoa1211721](https://doi.org/10.1056/NEJMoa1211721)
- [28] BOGOCH, Isaac, Maria CREATORE, Martin CETRON et al. Assessment of the potential for international dissemination of Ebola virus via commercial air travel during the 2014 west African outbreak. *The Lancet* [online]. 2015, 385(9962), **29-35** [cit. 2022-07-16]. ISSN 01406736. Dostupné z: [doi:10.1016/S0140-6736\(14\)61828-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)61828-6)
- [29] *COVID - 19 RELATED TRAVEL RESTRICTIONS A GLOBAL REVIEW FOR TOURISM: Fourth Report as of 29 May 2020* [online]. 1-24 [cit. 2022-07-23]. Dostupné z: <https://webunwto.s3.eu-west-1.amazonaws.com/s3fs-public/2020-05/TravelRestrictions%20-%2029%20May.pdf>



- [30] DEANE, Steve. *2022 Key Private Jet Industry Statistics: By Region, By Country, By Type* [online]. [cit. 2022-07-23]. Dostupné z: [https://www.stratosjets.com/blog/private-jet-statistics/#111\\_How\\_many\\_private\\_jets\\_are\\_there\\_in\\_the\\_world](https://www.stratosjets.com/blog/private-jet-statistics/#111_How_many_private_jets_are_there_in_the_world)
- [31] HUNT, R. *Business aviation global monitor all regions*. Září 2021. Hamburg, 2021.
- [32] BENEŠ, Karel. *Metodologie a dějiny přírodních věd: (základní přehled)*. V Českých Budějovicích: Teologická fakulta Jihočeské univerzity, 2005. ISBN isbn80-7040-778-6.
- [33] BURGHOUWT, Guillaume. *Airline network development in Europe and its implications for airport planning*. Aldershot, x, 287, 2007. Burlington, VT: Ashgate, 2007. ISBN 0754645061.
- [34] VELDHUIS, Jan. The competitive position of airline networks. *Journal of Air Transport Management* [online]. 1997, **3**(4), 181-188 [cit. 2022-07-16]. ISSN 09696997. Dostupné z: doi:10.1016/S0969-6997(97)86169-8
- [35] NEWMAN, M. a M. GIRVAN. Finding and evaluating community structure in networks. *Physical Review E* [online]. 2004, 69(2) [cit. 2022-07-23]. ISSN 1539-3755. Dostupné z: doi:10.1103/PhysRevE.69.026113
- [36] ACI EUROPE. Air connectivity. In: <https://www.aci-europe.org/> [online]. [cit. 2022-07-25]. Dostupné z: <https://www.aci-europe.org/air-connectivity.html>
- [37] BAVELAS, Alex. Communication Patterns in Task-Oriented Groups. *The Journal of the Acoustical Society of America* [online]. 1950, **22**(6), 725-730 [cit. 2022-07-16]. ISSN 0001-4966. Dostupné z: doi:10.1121/1.1906679
- [38] FREEMAN, Linton C. *Centrality in social networks conceptual clarification* [online]. [cit. 2022-07-23]. ISSN 0378-8733. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.1016/0378-8733(78)90021-7
- [39] GOLBECK, Jennifer. *Analyzing the social web*. First edition. Waltham, MA: Morgan Kaufmann is an imprint of Elsevier, 2013. ISBN 9780124055315.
- [40] OPSAHL, Tore a John SKVORETZ. *Node centrality in weighted networks: Generalizing degree and shortest paths*, *Social Networks* [online]. 2010 [cit. 2022-07-23]. ISSN 0378-8733. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.1016/j.socnet.2010.03.006.





- [41] BURT, Ronald S. *Structural holes: the social structure of competition*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1992. ISBN 067484372X.
- [42] DISNEY, Andrew. *Social network analysis 101: centrality measures explained* [online]. [cit. 2022-07-23]. Dostupné z: <https://cambridge-intelligence.com/keylines-faqs-social-network-analysis/>
- [43] NEWMAN, M. E. J. Analysis of weighted networks. *Physical Review E* [online]. 2004, **70**(5) [cit. 2022-07-23]. ISSN 1539-3755. Dostupné z: doi:10.1103/PhysRevE.70.056131
- [44] BARRAT, A., M. BARTHÉLEMY, R. PASTOR-SATORRAS a A. VESPIGNANI. The architecture of complex weighted networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences* [online]. 2004, **101**(11), 3747-3752 [cit. 2022-07-23]. ISSN 0027-8424. Dostupné z: doi:10.1073/pnas.0400087101
- [45] OPSAHL, Tore a Pietro PANZARASA. *Clustering in weighted networks* [online]. In: . [cit. 2022-07-27]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.socnet.2009.02.002>
- [46] BASTIAN, Mathieu a Mathieu JACOMY. *Gephi: An Open Source Software for Exploring and Manipulating Networks* [online]. 3 [cit. 2022-07-23]. Dostupné z: doi:10.13140/2.1.1341.1520
- [47] DAI, Liang, Ben DERUDDER a Xingjian LIU. Transport network backbone extraction: A comparison of techniques. *Journal of Transport Geography* [online]. 2018, **2018**(69), 271-281 [cit. 2022-07-27]. ISSN 0966-6923. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2018.05.012>
- [48] RADICCHI, Filippo, José RAMASCO a Santo FORTUNATO. Information filtering in complex weighted networks. *Physical Review E* [online]. 2011(4), 1-9 [cit. 2022-07-27]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1103/PhysRevE.83.046101>
- [49] HOLLANDER, Myles, Douglas A. WOLFE a Eric CHICKEN. *Nonparametric Statistical Methods* [online]. Wiley, 2015 [cit. 2022-07-27]. Wiley Series in Probability and Statistics. ISBN 9780470387375. Dostupné z: doi:10.1002/9781119196037
- [50] HAYES, Adam. Bonferroni Test. In: *Investopedia* [online]. [cit. 2022-07-27]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/b/bonferroni-test.asp>
- [51] *Naples Airport* [online]. [cit. 2022-07-29]. Dostupné z: <https://www.flynaples.com/>



---

[52] GOLLAN, Doug. 25 busiest U.S. private jet airports in 2021 all saw big gains. In: *PRIVATE JET CARD COMPARISONS* [online]. [cit. 2022-07-29]. Dostupné z: <https://privatejetcardcomparisons.com/2022/02/09/25-busiest-u-s-private-jet-airports-in-2021-all-saw-big-gains/>



## Přílohy

### Příloha č.1

Tabulka s členy páteřní sítě, jejich státy ze kterých pochází a informací zdali je na nich známý aerolinkový provoz či nikoli.

Letiště	Stát	Aerolinkové služby
KPBI - Palm Beach International Airport	Florida	ANO
KAPF - Naples Airport	Florida	NE
KOPF - Miami-Opa Locka Executive Airport	Florida	ANO
KFLL - Fort Lauderdale-Hollywood International Airport	Florida	ANO
KFXE - Fort Lauderdale Executive Airport	Florida	NE
KBCT - Boca Raton Airport	Florida	NE
KSRQ - Sarasota Bradenton International Airport	Florida	ANO
KDAL - Dallas Love Field Airport	Texas	ANO
KHOU - William P.Hobby Airport	Texas	ANO
KSAT - San Antonio International Airport	Texas	ANO
KAUS - Austin-Bergstorm International Airport	Texas	ANO
KFTW - Fort Worth Meacham International Airport	Texas	NE
KADS - Addison Airport	Texas	NE
KVNY - Van Nuys Airport	Kalifornie	ANO
KSNA - John Wayne Airport	Kalifornie	ANO
KOAK - Oakland International Airport	Kalifornie	ANO
KSJC - Norman Y.Mineta San Jose International Airport	Kalifornie	ANO
KAPA - Centennial Airport	Colorado	ANO
KEGE - Eagle County Regional Airport	Colorado	ANO
KASE - Aspen/Pitkin County Airport	Colorado	ANO
KTEB - Teterboro airport	New York	ANO
KHPN - Westchester County Airport	New York	ANO
KMDW - Midway International Airport	Illinois	ANO
KPWK - Chicago Executive Airport	Illinois	NE
KLAS - Harry Reid International Airport	Nevada	ANO
KSDL - Scottsdale Airport	Arizona	ANO
KIAD - Dulles International Airport	Virginie	ANO
KPDK - DeKalb-Peachtree Airport	Georgie	NE
KSLC - Salt Lake International City Airport	Utah	ANO
KBNA - Nashville Airport	Tennessee	ANO
KBED - Laurence G.Hanscom Field	Massachusetts	NE
KBHM - Birmingham-Shuttlesworth International Airport	Alabama	ANO
KBFI - King County International Airport	Washington	ANO
KPTK - Oakland County International Airport	Michigan	ANO
KCLT - Charlotte Douglas International Airport	Severní Karolína	ANO
KSUS - Spirit of St Louis Airport	Missouri	NE

Florida = Červená výplň bloků; Texas = Zelená výplň bloků; Kalifornie = Modrá výplň bloků;

Colorado = šedá výplň bloků; New York = Oranžová výplň bloků; Illinois = Světle oranžová výplň bloků;

Státy nacházející se v tabulce pouze jednou = Bílá výplň bloků



## Příloha č.2

Tabulka letišť páteřní sítě a jejich měsíčních hodnot konektivity za rok 2019

Id	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
KTEB	3028,50	3156,65	3501,25	3554,84	3908,32	3501,68	3149,83	3205,62	3834,41	3921,70	3813,36	3693,58
KPBI	2296,82	2075,32	2058,39	2016,65	1739,99	1236,88	1117,93	1224,74	1152,96	1633,44	1728,17	1545,46
KDAL	2105,79	1958,67	2094,73	2199,35	2149,54	2142,32	2077,66	2092,92	2240,43	2406,50	2311,71	2182,77
KLAS	2095,24	1934,05	2030,95	1905,02	2165,81	1808,93	1707,46	1713,85	2100,72	2277,97	1984,29	1933,33
KVNY	1851,40	1736,74	1810,34	1758,18	1721,02	1749,13	1770,03	1877,74	1809,60	1828,73	1750,35	1717,42
KHOU	1814,90	1716,30	1819,89	1727,93	1905,68	1737,25	1697,94	1727,88	1704,11	1976,22	1764,18	1702,81
KHPN	1724,83	1738,69	1758,12	1888,45	2138,37	2005,86	1956,59	2018,67	2016,61	2024,82	1875,46	2025,69
KAPF	1704,67	1717,43	1806,63	1587,15	1345,45	822,91	696,87	761,23	739,67	1211,63	1554,71	1606,91
KSDL	1700,52	1677,94	1897,80	1676,16	1549,61	1177,69	1044,11	1121,99	1252,98	1517,52	1646,03	1516,56
KAPA	1639,35	1565,00	1748,56	1572,66	1699,12	1750,49	1698,62	1874,64	1816,03	1714,98	1534,06	1661,49
KIAD	1534,26	1693,15	1933,65	1962,48	2019,86	1948,17	1709,19	1583,67	2018,52	2160,16	1745,50	1757,88
KOPF	1511,06	1542,59	1528,90	1456,22	1265,99	1051,17	1073,01	1170,75	970,22	1209,00	1328,10	1607,12
KPKD	1473,97	1524,41	1614,81	1591,92	1739,91	1558,25	1517,66	1668,00	1683,62	1835,95	1636,70	1619,98
KMDW	1376,46	1375,98	1574,74	1726,10	2048,58	2042,73	1923,35	2017,02	1975,93	2002,10	1831,43	1631,65
KSLC	1296,89	1204,89	1284,12	798,14	822,46	922,27	1013,27	945,91	906,30	870,61	820,12	1063,15
KSNA	1266,03	1251,46	1459,82	1277,19	1337,41	1393,02	1415,22	1537,23	1410,73	1494,98	1257,55	1231,85
KOAK	1233,74	1094,30	1152,47	1098,23	1158,46	1127,51	1070,83	1118,89	1389,15	1123,44	1122,70	1142,21
KBNA	1213,18	1244,97	1373,76	1469,92	1435,85	1351,32	1285,72	1401,59	1497,27	1586,01	1577,06	1336,82
KSJC	1181,65	1050,10	1143,22	1102,08	1153,14	1072,94	1041,31	1076,73	1082,40	1163,54	1113,79	1011,52
KFLL	1176,40	1117,41	1306,15	1145,32	1008,90	746,19	795,16	846,52	809,44	1035,45	1066,29	1203,73
KEGE	1146,30	1163,99	1170,48	509,58	333,20	672,61	1013,71	976,69	756,05	413,87	410,95	1045,47
KSAT	1144,28	1097,38	1198,39	1230,00	1150,13	1105,74	1070,99	1113,54	1161,66	1202,00	1129,50	1072,71
KFXE	1134,04	1077,12	1234,49	1142,25	1035,07	939,85	878,92	919,80	857,30	957,46	1050,19	1157,57
KASE	1114,99	977,35	1106,63	503,44	326,95	999,00	1476,51	1303,93	997,24	537,49	368,91	965,62
KBED	1106,68	1108,81	1196,00	1175,86	1306,73	1252,24	1036,89	1124,46	1151,48	1431,77	1324,19	1207,99
KAUS	1078,52	1086,50	1265,10	1248,74	1240,83	1083,46	997,32	1103,11	1302,64	1449,70	1421,43	1134,09
KBHM	1050,45	1123,91	1085,96	1285,01	1189,26	1098,24	1130,09	1122,95	1096,88	1273,97	1179,15	1052,53
KBCT	1015,49	1227,13	1425,75	1114,25	879,49	662,17	661,86	738,07	642,53	847,05	1099,78	1434,75
KPWK	1001,42	1006,22	1183,19	1200,88	1305,56	1281,03	1314,30	1363,00	1300,71	1328,78	1213,45	1122,09
KFTW	943,38	935,01	1034,57	1031,92	1042,40	1006,00	996,49	1001,70	1053,92	1150,03	1007,95	1040,02
KBFI	940,06	948,80	1030,31	988,55	1168,59	1117,49	1139,75	1268,99	1261,58	1139,60	1083,89	1059,19
KPTK	939,57	918,46	1048,03	1069,21	1200,44	1151,90	1128,74	1192,46	1053,52	1146,01	1055,00	1054,36
KADS	933,17	880,33	978,24	1055,66	1007,37	915,24	946,68	1043,56	1042,63	1146,62	963,09	979,97
KSRQ	903,83	942,95	1090,23	918,93	805,87	742,08	581,72	633,81	575,93	802,07	864,03	892,00
KCLT	876,78	1087,54	1095,43	1011,83	1098,32	1023,17	956,59	1019,61	1080,77	1158,66	1028,89	1016,53
KSUS	844,69	883,50	966,63	995,58	1024,57	1019,11	1023,54	1068,99	999,69	1154,08	980,67	993,46



## Příloha č.3

Tabulka letišť páteřní sítě a jejich měsíčních hodnot konektivity v roce 2020

Id	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
KTEB	3014,17	3158,85	2613,90	601,24	1192,69	1577,24	1653,28	1815,40	1960,53	2171,57	2032,03	2226,54
KPBI	1878,65	2122,84	1921,87	762,30	1483,71	1779,33	1261,53	1129,63	1214,25	1769,53	2081,45	1934,84
KDAL	1890,59	1952,43	1609,10	774,98	1314,18	1724,24	1817,91	2069,72	2104,51	2238,32	2125,02	2101,38
KLAS	2074,35	1856,92	1325,44	313,13	566,64	1116,57	1178,35	1203,46	1216,51	1365,66	1292,01	1154,37
KVNY	1677,08	1660,68	1410,69	510,23	911,02	1359,93	1554,44	1719,24	1596,59	1749,06	1620,50	1603,04
KHOU	1619,21	1669,51	1289,52	575,87	1048,11	1396,42	1309,65	1342,90	1365,42	1659,65	1529,57	1529,95
KHPN	1757,96	1730,58	1459,43	379,10	590,20	1437,57	1441,81	1590,90	1539,32	1680,87	1537,23	1743,35
KAPF	1683,09	1775,86	1634,92	790,34	1369,21	1293,81	950,57	813,60	914,29	1535,81	1711,56	1971,86
KSDL	1812,78	1705,91	1478,29	796,52	1362,31	1369,48	1162,10	1212,45	1338,56	1738,88	1796,62	1780,24
KAPA	1524,69	1457,38	1245,22	591,40	1056,03	1550,66	1657,74	1848,50	1654,98	1741,44	1429,94	1587,19
KIAD	1508,19	1655,58	1322,42	467,50	783,33	1077,37	1226,14	1324,94	1302,95	1312,42	1260,78	1295,48
KOPF	1493,43	1678,84	1223,71	489,65	848,78	1191,10	1011,15	1016,30	1034,47	1285,28	1365,17	1737,64
KPDK	1472,39	1408,96	1105,65	546,23	928,02	1307,38	1340,35	1363,01	1497,74	1623,71	1448,24	1425,99
KMDW	1332,19	1485,75	1048,97	392,37	731,73	1010,88	1159,43	1176,02	1154,29	1198,78	1111,22	1095,87
KSLC	1285,05	1172,73	923,73	332,94	560,72	912,15	1072,47	1026,00	937,46	961,61	796,43	1220,48
KSNA	1292,22	1253,73	932,41	426,80	814,49	1187,54	1273,49	1373,90	1274,71	1333,79	1181,23	1168,42
KOAK	1124,13	990,25	785,16	270,05	475,67	735,57	789,18	892,72	799,23	856,72	838,74	800,82
KBNA	1203,61	1231,10	1131,12	403,61	737,86	975,83	926,62	972,37	1093,02	1236,29	1122,60	1088,15
KSJC	1107,84	1038,90	734,22	266,98	449,79	764,04	822,45	877,16	838,99	941,83	864,17	729,74
KFLL	1185,75	1128,21	978,98	362,03	643,99	833,70	726,85	796,66	819,00	1038,20	997,70	1182,50
KEGE	1099,43	1116,71	832,97	132,87	340,81	754,82	1110,64	1131,75	949,51	671,16	578,48	1079,98
KSAT	979,78	1048,84	803,96	319,36	610,94	782,36	792,57	856,69	835,08	1063,29	978,23	949,28
KFXE	1101,30	1108,11	950,38	455,49	771,84	937,37	897,10	797,29	816,36	1107,85	1074,64	1232,79
KASE	976,51	1026,99	760,94	93,84	449,51	1047,58	1537,29	1542,13	1251,81	1004,58	590,09	1067,58
KBED	1053,21	1110,51	992,22	351,39	597,06	834,25	826,43	886,24	874,20	965,73	933,40	994,71
KAUS	1094,97	1102,94	865,45	305,44	700,26	927,80	1017,00	1082,64	1041,48	1214,42	1103,66	1159,10
KBHM	904,37	1008,63	756,07	332,66	599,42	778,26	820,71	801,16	897,73	937,03	887,33	842,64
KBCT	1155,29	1103,64	1070,75	419,18	773,07	906,27	743,04	685,16	683,58	994,21	1023,63	1412,50
KPWK	1024,40	1005,14	921,54	387,40	797,82	1077,87	1156,62	1263,73	1219,81	1299,62	1099,10	1189,54
KFTW	889,70	938,20	725,48	348,59	630,50	876,41	804,29	902,97	903,61	936,16	854,84	895,10
KBFI	989,91	1001,05	679,60	329,15	527,83	720,37	837,51	937,31	929,49	929,30	840,70	814,70
KPTK	949,27	906,72	775,79	317,49	592,67	827,12	953,83	1059,11	1020,69	1175,19	988,95	1010,35
KADS	842,11	894,53	681,94	305,96	544,06	839,20	830,37	820,80	881,31	947,95	894,39	875,49
KSRQ	903,19	931,53	931,97	413,22	803,42	863,90	733,10	682,04	677,58	974,80	994,17	1074,88
KCLT	945,26	920,62	734,63	383,75	555,24	731,74	744,70	792,44	837,73	905,07	794,30	862,84
KSUS	902,69	928,51	741,56	371,58	595,69	787,55	774,60	842,99	901,29	925,79	780,35	830,60



## Příloha č.4

Tabulka letišť páteřní sítě a jejich měsíčních hodnot konektivity v roce 2021

Id	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
KTEB	3014,17	3158,85	2613,90	601,24	1192,69	1577,24	1653,28	1815,40	1960,53	2171,57	2032,03	2226,54
KPBI	1878,65	2122,84	1921,87	762,30	1483,71	1779,33	1261,53	1129,63	1214,25	1769,53	2081,45	1934,84
KDAL	1890,59	1952,43	1609,10	774,98	1314,18	1724,24	1817,91	2069,72	2104,51	2238,32	2125,02	2101,38
KLAS	2074,35	1856,92	1325,44	313,13	566,64	1116,57	1178,35	1203,46	1216,51	1365,66	1292,01	1154,37
KVNY	1677,08	1660,68	1410,69	510,23	911,02	1359,93	1554,44	1719,24	1596,59	1749,06	1620,50	1603,04
KHOU	1619,21	1669,51	1289,52	575,87	1048,11	1396,42	1309,65	1342,90	1365,42	1659,65	1529,57	1529,95
KHPN	1757,96	1730,58	1459,43	379,10	590,20	1437,57	1441,81	1590,90	1539,32	1680,87	1537,23	1743,35
KAPF	1683,09	1775,86	1634,92	790,34	1369,21	1293,81	950,57	813,60	914,29	1535,81	1711,56	1971,86
KSDL	1812,78	1705,91	1478,29	796,52	1362,31	1369,48	1162,10	1212,45	1338,56	1738,88	1796,62	1780,24
KAPA	1524,69	1457,38	1245,22	591,40	1056,03	1550,66	1657,74	1848,50	1654,98	1741,44	1429,94	1587,19
KIAD	1508,19	1655,58	1322,42	467,50	783,33	1077,37	1226,14	1324,94	1302,95	1312,42	1260,78	1295,48
KOPF	1493,43	1678,84	1223,71	489,65	848,78	1191,10	1011,15	1016,30	1034,47	1285,28	1365,17	1737,64
KPDK	1472,39	1408,96	1105,65	546,23	928,02	1307,38	1340,35	1363,01	1497,74	1623,71	1448,24	1425,99
KMDW	1332,19	1485,75	1048,97	392,37	731,73	1010,88	1159,43	1176,02	1154,29	1198,78	1111,22	1095,87
KSLC	1285,05	1172,73	923,73	332,94	560,72	912,15	1072,47	1026,00	937,46	961,61	796,43	1220,48
KSNA	1292,22	1253,73	932,41	426,80	814,49	1187,54	1273,49	1373,90	1274,71	1333,79	1181,23	1168,42
KOAK	1124,13	990,25	785,16	270,05	475,67	735,57	789,18	892,72	799,23	856,72	838,74	800,82
KBNA	1203,61	1231,10	1131,12	403,61	737,86	975,83	926,62	972,37	1093,02	1236,29	1122,60	1088,15
KSJC	1107,84	1038,90	734,22	266,98	449,79	764,04	822,45	877,16	838,99	941,83	864,17	729,74
KFLL	1185,75	1128,21	978,98	362,03	643,99	833,70	726,85	796,66	819,00	1038,20	997,70	1182,50
KEGE	1099,43	1116,71	832,97	132,87	340,81	754,82	1110,64	1131,75	949,51	671,16	578,48	1079,98
KSAT	979,78	1048,84	803,96	319,36	610,94	782,36	792,57	856,69	835,08	1063,29	978,23	949,28
KFXE	1101,30	1108,11	950,38	455,49	771,84	937,37	897,10	797,29	816,36	1107,85	1074,64	1232,79
KASE	976,51	1026,99	760,94	93,84	449,51	1047,58	1537,29	1542,13	1251,81	1004,58	590,09	1067,58
KBED	1053,21	1110,51	992,22	351,39	597,06	834,25	826,43	886,24	874,20	965,73	933,40	994,71
KAUS	1094,97	1102,94	865,45	305,44	700,26	927,80	1017,00	1082,64	1041,48	1214,42	1103,66	1159,10
KBHM	904,37	1008,63	756,07	332,66	599,42	778,26	820,71	801,16	897,73	937,03	887,33	842,64
KBCT	1155,29	1103,64	1070,75	419,18	773,07	906,27	743,04	685,16	683,58	994,21	1023,63	1412,50
KPWK	1024,40	1005,14	921,54	387,40	797,82	1077,87	1156,62	1263,73	1219,81	1299,62	1099,10	1189,54
KFTW	889,70	938,20	725,48	348,59	630,50	876,41	804,29	902,97	903,61	936,16	854,84	895,10
KBFI	989,91	1001,05	679,60	329,15	527,83	720,37	837,51	937,31	929,49	929,30	840,70	814,70
KPTK	949,27	906,72	775,79	317,49	592,67	827,12	953,83	1059,11	1020,69	1175,19	988,95	1010,35
KADS	842,11	894,53	681,94	305,96	544,06	839,20	830,37	820,80	881,31	947,95	894,39	875,49
KSRQ	903,19	931,53	931,97	413,22	803,42	863,90	733,10	682,04	677,58	974,80	994,17	1074,88
KCLT	945,26	920,62	734,63	383,75	555,24	731,74	744,70	792,44	837,73	905,07	794,30	862,84
KSUS	902,69	928,51	741,56	371,58	595,69	787,55	774,60	842,99	901,29	925,79	780,35	830,60



## Příloha č.5

Tabulka existence statisticky signifikantních rozdílů mezi letištními páry v roce 2019 rozdělená na čtyři části

### 1.Část

	KTEB	KPBI	KDAL	KLAS	KVNY	KHOU	KHPN	KAPF	KSDL	KAPA	KIAD	KOPF	KPDK	KMDW	KSLC	KSNA	KOAK	KBNA
KTEB	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE	ANO	NE
KPBI	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE	NE	NE
KDAL	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE	ANO	NE
KLAS	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE	ANO	NE
KVNY	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE	NE	NE
KHOU	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE	NE	NE
KHPN	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE	NE	NE
KAPF	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KSDL	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KAPA	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KIAD	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KOPF	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KPDK	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE
KMDW	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE
KSLC	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	ANO	ANO	NE	NE	ANO	X	NE	NE	NE
KSNA	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE
KOAK	ANO	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE
KBNA	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X

### 2.Část

	KTEB	KPBI	KDAL	KLAS	KVNY	KHOU	KHPN	KAPF	KSDL	KAPA	KIAD	KOPF	KPDK	KMDW	KSLC	KSNA	KOAK	KBNA
KSJC	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	NE	NE	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KFLL	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	NE	ANO	NE	NE	ANO	NE	NE	NE	NE
KEGE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE
KSAT	ANO	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KFXE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	ANO	ANO	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE
KASE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE
KBED	ANO	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KAUS	ANO	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KBHM	ANO	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KBCT	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE
KPWK	ANO	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KFTW	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE
KBFI	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KPTK	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	NE	ANO	NE	NE	ANO	NE	NE	NE	NE
KADS	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE
KSRQ	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	NE	ANO	NE	ANO
KCLT	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE
KSUS	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE



### 3. Část

	KSJC	KFLL	KEGE	KSAT	KFXE	KASE	KBED	KAUS	KBHM	KBCT	KPWK	KFTW	KBFI	KPTK	KADS	KSRQ	KCLT	KSUS
KTEB	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
KPBI	NE	NE	ANO	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	ANO	NE	ANO	NE	NE	ANO	ANO	ANO	ANO
KDAL	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
KLAS	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
KVNY	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
KHOU	NE	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
KHPN	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
KAPF	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KSDL	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	ANO	NE	NE
KAPA	NE	NE	ANO	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	ANO	NE	ANO	NE	NE	ANO	ANO	ANO	ANO
KIAD	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
KOPF	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KDPK	NE	NE	ANO	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	ANO	NE	ANO	NE	NE	ANO	ANO	ANO	ANO
KMDW	NE	ANO	ANO	NE	NE	ANO	NE	NE	NE	ANO	NE	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
KSLC	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KSNA	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE	NE
KOAK	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KBNA	ME	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE	NE	NE

### 4. Část

	KSJC	KFLL	KEGE	KSAT	KFXE	KASE	KBED	KAUS	KBHM	KBCT	KPWK	KFTW	KBFI	KPTK	KADS	KSRQ	KCLT	KSUS
KSJC	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KFLL	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KEGE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KSAT	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KFXE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KASE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KBED	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KAUS	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KBHM	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KBCT	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KPWK	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KFTW	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KBFI	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE
KPTK	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE
KADS	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE
KSRQ	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE
KCLT	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE
KSUS	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X





## Příloha č.6

Tabulka existence statisticky signifikantních rozdílů mezi letištními páry v roce 2020 rozdělená na čtyři části.

### 1.Část

	KTEB	KPBI	KDAL	KLAS	KVNY	KHOU	KHPN	KAPF	KSDL	KAPA	KIAD	KOPF	KPDK	KMDW	KSLC	KSNA	KOAK	KBNA
KTEB	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE	ANO	NE
KPBI	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE
KDAL	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE	ANO	NE
KLAS	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KVNY	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE
KHOU	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE
KHPN	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE
KAPF	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE
KSDL	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE
KAPA	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE
KIAD	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE
KOPF	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	ANO	NE
KPDK	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	ANO	NE
KMDW	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	ANO	NE
KSLC	ANO	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE
KSNA	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	ANO	NE
KOAK	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	ANO	X	NE
KBNA	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X

### 2.Část

	KTEB	KPBI	KDAL	KLAS	KVNY	KHOU	KHPN	KAPF	KSDL	KAPA	KIAD	KOPF	KPDK	KMDW	KSLC	KSNA	KOAK	KBNA
KSJC	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE
KFLL	ANO	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KEGE	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KSAT	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KFXE	ANO	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KASE	ANO	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KBED	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	NE	NE	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KAUS	ANO	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KBHM	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE
KBCT	ANO	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KPWK	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KFTW	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE
KBFI	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE
KPTK	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	NE	NE	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KADS	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	NE
KSRQ	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KCLT	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	ANO	NE	NE
KSUS	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	NE



### 3. Část

	KSJC	KFL	KEGE	KSAT	KFXE	KASE	KBED	KAUS	KBHM	KBCT	KPWK	KFTW	KBFI	KPTK	KADS	KSRQ	KCLT	KSUS
KTEB	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
KPBI	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
KDAL	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
KLAS	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE
KVNY	ANO	NE	ANO	ANO	NE	NE	ANO	NE	ANO	NE	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
KHOU	ANO	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	ME	ANO	NE	NE	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	ANO
KHPN	ANO	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	ANO	NE	NE	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	ANO
KAPF	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE	NE	ANO	ANO	NE	ANO	NE	ANO	ANO
KSDL	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	ANO	NE	ANO	NE	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
KAPA	ANO	NE	ANO	ANO	NE	NE	ANO	NE	ANO	NE	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
KIAD	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE	ANO	NE	ANO	ANO
KOPF	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE	ANO	ANO
KPDK	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE	NE	ANO	ANO	NE	ANO	NE	ANO	ANO
KMDW	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KSLC	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KSNA	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE
KOAK	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KBNA	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE

### 4. Část

	KSJC	KFL	KEGE	KSAT	KFXE	KASE	KBED	KAUS	KBHM	KBCT	KPWK	KFTW	KBFI	KPTK	KADS	KSRQ	KCLT	KSUS
KSJC	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KFL	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KEGE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KSAT	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KFXE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KASE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KBED	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KAUS	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KBHM	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KBCT	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KPWK	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KFTW	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KBFI	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE
KPTK	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE
KADS	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE
KSRQ	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE
KCLT	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE
KSUS	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X



## Příloha č.7

Tabulka existence statisticky signifikantních rozdílů mezi letištními páry v roce 2021 rozdělená na čtyři části.

### 1.Část

	KTEB	KPBI	KDAL	KLAS	KVNY	KHOU	KHPN	KAPF	KSDL	KAPA	KIAD	KOPF	KPDK	KMDW	KSLC	KSNA	KOAK	KBNA
KTEB	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE	ANO	NE
KPBI	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE
KDAL	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE	ANO	NE
KLAS	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE
KVNY	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE
KHOU	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE
KHPN	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE	ANO	NE
KAPF	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE
KSDL	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE
KAPA	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE
KIAD	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE
KOPF	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	ANO	NE
KPDK	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	ANO	NE
KMDW	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	ANO	NE
KSLC	ANO	NE	ANO	NE	NE	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE
KSNA	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	ANO	NE
KOAK	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	X	NE
KBNA	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X

### 2.Část

	KTEB	KPBI	KDAL	KLAS	KVNY	KHOU	KHPN	KAPF	KSDL	KAPA	KIAD	KOPF	KPDK	KMDW	KSLC	KSNA	KOAK	KBNA
KSJC	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	ANO	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	NE
KFLL	ANO	ANO	ANO	NE	NE	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KEGE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KSAT	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	NE	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KFXE	ANO	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KASE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KBED	ANO	ANO	ANO	NE	NE	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KAUS	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE
KBHM	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	ANO	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	NE
KBCT	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KPWK	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KFTW	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	ANO	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	NE
KBFI	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	NE
KPTK	ANO	ANO	ANO	NE	NE	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KADS	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KSRQ	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	ANO	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	NE
KCLT	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	ANO	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	NE
KSUS	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	NE



### 3. Část

	KTEB	KPBI	KDAL	KLAS	KVNY	KHOU	KHPN	KAPF	KSDL	KAPA	KIAD	KOPF	KPDK	KMDW	KSLC	KSNA	KOAK	KBNA
KSJC	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	ANO	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	NE
KFLL	ANO	ANO	ANO	NE	NE	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KEGE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KSAT	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	NE	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KFXE	ANO	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KASE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KBED	ANO	ANO	ANO	NE	NE	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KAUS	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO
KBHM	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	ANO	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	NE
KBCT	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KPWK	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KFTW	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	ANO	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	NE
KBFI	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	NE
KPTK	ANO	ANO	ANO	NE	NE	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KADS	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KSRQ	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	ANO	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	NE
KCLT	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	ANO	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	NE
KSUS	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	NE

### 4. Část

	KSJC	KFLL	KEGE	KSAT	KFXE	KASE	KBED	KAUS	KBHM	KBCT	KPWK	KFTW	KBFI	KPTK	KADS	KSRQ	KCLT	KSUS
KSJC	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KFLL	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KEGE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KSAT	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KFXE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KASE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KBED	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KAUS	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KBHM	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KBCT	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KPWK	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KFTW	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE	NE
KBFI	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE	NE
KPTK	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE	NE
KADS	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE	NE
KSRQ	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE	NE
KCLT	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X	NE
KSUS	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	X



## Příloha č.8

Tabulka pro porovnání skupin získaných z analýzy letišť páteřní sítě napříč celým sledovaným obdobím

2019	2020	2021
<b>Skupina nejsilnějších letišť</b>	<b>Skupina nejsilnějších letišť</b>	<b>Skupina nejsilnějších letišť</b>
KTEB	KDAL	KTEB
KDAL	KTEB	KDAL
KLAS	KPBI	KHPN
KHPN	KSDL	KPBI
KIAD	KVNY	KVNY
KVNY	KAPA	KLAS
KHOU	KHOU	KAPA
KMDW	KHPN	KHOU
KAPA	KPDK	KPDK
KPBI	KAPF	KOPF
KPDK	KIAD	KSDL
KSDL	KOPF	KAPF
KBNA	KSNA	KSNA
KSNA	KLAS	KMDW
	KMDW	KAUS
		KIAD
<b>Skupina neutrální letišť</b>	<b>Skupina neutrální letišť</b>	<b>Skupina neutrální letišť</b>
KOPF	KPWK	KBNA
	KBNA	KPWK
<b>Skupina slabších letišť</b>	<b>Skupina slabších letišť</b>	<b>Skupina slabších letišť</b>
KAPF	KAUS	KFXE
KPWK	KFXE	KSLC
KBED	KSLC	KBED
KAUS	KBCT	KPTK
KSAT	KASE	KFLL
KBHM	KFLL	KADS
KOAK	KBED	KASE
KSJC	KPTK	KSAT
KBFI	KSRQ	KBCT
KPTK	KEGE	KEGE
KFLL	KSAT	KSRQ
KFXE	KFTW	KBHM
KSLC	KBHM	KCLT
KBCT	KBFI	KFTW
KCLT	KSJC	KSJC
KASE	KSUS	KSUS
KFTW	KADS	KBFI
KEGE	KOAK	
KSUS		KOAK
KADS		
KSRQ		
	KCLT	

## Příloha č.9

Obrázek zobrazující kombinaci grafu č.5 a grafu č.14 pro jejich přehlednější porovnání v diskusi

