ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní
Ústav letecké dopravy

Vliv covidu-19 na vývoj leteckého provozu a ekonomických veličin

Impact of COVID-19 on the Development of Air Traffic and Economic Variables

Diplomová práce

Studijní program: Technika a technologie v dopravě a spojích
Studijní obor: Provoz a řízení letecké dopravy

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

Bc. David Novotný

Praha 2023

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

K621.....Ústav letecké dopravy

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. David Novotný

Studijní program (obor/specializace) studenta:

navazující magisterské – PL – Provoz a řízení letecké dopravy

Název tématu (česky): **Vliv Covid 19 na vývoj leteckého provozu a ekonomických veličin**

Název tématu (anglicky): Impact Covid 19 on the Development of Air Traffic and Economic Variables

Zásady pro vypracování

Při zpracování diplomové práce se řiďte následujícími pokyny:

- Cílem práce je provést sběr a analýzu dat o leteckém provozu a dalších ekonomických veličinách a vyhodnotit dopad Covid 19 a následné obnovení na letecký provoz a následně na ekonomické veličiny.
- Proveďte rešerši vzájemných vazeb leteckého provozu a ekonomiky regionů.
- Popište vzájemné působení ekonomických a leteckých provozních veličin s dopadem Covidu 19 a následné recovery, identifikujte vzájemné vztahy.
- Proveďte sběr dat potřebných pro provedení analýzy, popište metodiku analýzy, vyberte statistické metody, programové prostředky a vytvořte výpočetní kódy.
- Proveďte analýzu podle metodiky ve všech identifikovaných vztazích.
- Vyhodnoťte dopad Covid19 a následné recovery na vývoj leteckého provozu a vývoj ekonomických veličin.

Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího závěrečné práce

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

Seznam odborné literatury: Owen J., Laroe Ch. - Airline network and the international diffusion of SARS
Czerny A., Fu X., Lei Z. - Post pandemic aviation marker recovery: Experiecnce and lessons from China
Dobruszkes F., Hamme G. - The impact of the current economic crisis on the geography of air traffic volumes an em

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

Datum zadání diplomové práce: **15. července 2022**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce: **30. listopadu 2023**
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

L. S.

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE Fakulta dopravní

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

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

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.

Bc. David Novotný
jméno a podpis studenta

V Praze dne 16. května 2023

Abstrakt

Motivací k vypracování této diplomové práce byly události posledních let. Koronavirová pandemie ochromila leteckou dopravu a mnoho dalších odvětví průmyslu a služeb. V poslední době byla otázka vlivu covidu-19 na letecko-provozní a ekonomické veličiny mnohokrát probírána. V současnosti se nacházíme v období obnovy provozu leteckého odvětví. Zároveň se ekonomické veličiny vzpamatovávají z pandemického šoku. Tato práce nabízí odlišný pohled na odhad vývoje letectví, než jakým je srovnání s posledním předcovidovým rokem 2019. Porovnávání je prováděno regresní analýzou proti předpokládanému trendu předcovidových dat. Dále je v této práci pomocí analýzy závislosti dvou veličin zkoumán vztah mezi vývojem postcovidové letecké dopravy a ekonomických veličin. V práci bylo zjištěno, že obnova letecké dopravy po pandemii by měla v Evropě s pravděpodobností 95 % dosáhnout svého vrcholu v období mezi červencem 2023 a březnem 2024, přičemž úroveň letecké dopravy v Evropě dosáhne intervalu 76,56 % až 86,10 % proti předpokládanému trendu předcovidových dat. Dále byla potvrzena statistická závislost úrovně letecké dopravy a počtu nezaměstnaných obyvatel v zemi. Většina výsledků je v souladu s provedenou rešerší odborné literatury.

Klíčová slova: covid-19, ekonomické veličiny, letecká doprava, obnova letecké dopravy, vliv covidu na leteckou dopravu

Abstract

The motivation for this thesis was the events of recent years. The coronavirus pandemic has paralyzed air transport and many other industries and services. Recently, the issue of the impact of COVID-19 on aviation and economic variables has been discussed a lot. The current situation is that the aviation industry and economic variables are recovering from the experienced pandemic shock. This paper takes a different view of aviation forecasting than the comparison with the latest pre-COVID year 2019. The comparison is made by regression analysis against the projected trend of the pre-COVID data. Furthermore, the relation between post-COVID aviation and economic variables development is investigated in this paper using dependence analysis of two variables. It was found that the post-pandemic air traffic recovery in Europe should reach its peak between July 2023 and March 2024, with 95 % probability. The level of air traffic in Europe should reach 76.56 % to 86.10 % of the projected trend of the pre-COVID data. It was confirmed that the relation between the air traffic level and the country unemployment reached statistical significance. The findings are largely consistent with the literature search conducted.

Keywords: air transport, air transport recovery, COVID-19, economic variables, impact of COVID on air transport

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat mému vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Peterovi Vittekovi Ph.D. za odborné vedení, přínosné poznatky a trpělivý přístup při vypracovávání této práce. Též bych chtěl poděkovat Mgr. Pavlu Provinskému Ph.D. za odborné konzultace a rady při vypracovávání statistické části této práce. Na závěr bych chtěl poděkovat všem, kteří mi poskytli podnětné rady a podporovali mě při vypracovávání této práce a po celou dobu mého studia, především své rodině a přátelům.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem Vliv Covidu 19 a následné obnovy leteckého provozu na ekonomické veličiny vypracoval samostatně a použil k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k diplomové 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).

V Praze dne 27. srpna 2023 .....

Podpis

Obsah

Seznam obrázků **9**

Seznam rovnic **15**

Seznam tabulek **16**

Seznam použitých zkratek **17**

Úvod **19**

1. Analýza současného stavu **21**

1.1. Vliv covidu-19 na leteckou dopravu 22

1.2. Vliv COVID-19 na ekonomické veličiny 24

1.3. Vliv COVID-19 na ostatní druhy dopravy 26

1.4. Zotavení letectví z covidové krize 27

1.5. Vztahy ekonomických a leteckých veličin 32

2. Popis metodiky **35**

3. Sběr dat a popis použitých postupů **37**

3.1. Získání dat 37

3.1.1. Výběr letišť a linek 37

3.1.2. Doplnění potřebných dat PAX 39

3.1.3. Získání potřebných dat ekonomických veličin 41

3.1.4. Získání potřebných dat ostatních druhů dopravy 42

3.2. Popis postupu dle metodiky 42

3.2.1. Odstranění sezónního vlivu 43

3.2.2. Odhad postcovidového vývoje leteckého provozu 45

3.2.3. Analýza závislosti dvou veličin 46

3.2.4. Test vhodnosti regresní přímky 48

4. Provedení analýzy **50**

4.1. Porovnání letecké dopravy s ostatními 50

4.2. Predikce pro vývoj počtu přepravených pasažérů 53
4.2.1. Vývoj na linkách....54
4.2.2. Vývoj na letištích....54
4.3. Porovnání vlivu letecké dopravy na ekonomické veličiny....62
4.3.1. Porovnání letecké dopravy a HDP....62
4.3.2. Porovnání letecké dopravy a nezaměstnanosti....64

5. Diskuse – vyhodnocení obnovy leteckého provozu....68
5.1. Různé druhy dopravy....68
5.2. Obnova letecké dopravy....70
5.2.1. Obnova provozu na letištích....71
5.2.2. Obnova provozu na linkách....76
5.3. Vliv letecké dopravy na ekonomické veličiny....78

Závěr....82

Seznam použité literatury....84

Příloha A – Závislosti vlakové a letecké dopravy....94

Příloha B – Závislosti lodní a letecké dopravy....98

Příloha C – Vývoj na letištích....102

Příloha D – Ukázka kódů použitých v programu MATlab....108

Příloha E – Vývoj na linkách....110

Příloha F – Vývoj letecké dopravy a HDP....113

Příloha G – Vývoj letecké dopravy a nezaměstnanosti....117

Příloha H – Vliv mezi leteckou dopravou a nezaměstnaností....123

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Odhadované scénáře vývoje letecké dopravy vydané organizací EUROCONTROL v roce 2021 - upraveno....30

Obrázek 2 - Vztah mezi leteckou dopravou a ekonomickými veličinami 33

Obrázek 3 - Grafické znázornění metodiky vypracování diplomové práce....35

Obrázek 4 - Výstup funkce fitlm pro lineární regresi v programu MATlab pro letiště Frankfurt a vlakovou dopravu v Německu....53

Obrázek 5 - Graf součtu vyhlazených dat s přidanými regresemi 55

Obrázek 6 - Rozdílový graf....56

Obrázek 7 - Výstup funkce fitlm pro polynomickou regresi druhého stupně v programu MATlab pro letiště Frankfurt 59

Obrázek 8 - Kvartální vývoj počtů přepravených cestujících na letišti Frankfurt a hodnoty HDP pro Nemecko od roku 2014 63

Obrázek 9 - Měsíční vývoj počtů přepravených cestujících na letišti Frankfurt a počtů nezaměstnaných osob v Německu....64

Obrázek 10 - Závislost vlakové dopravy v Německu a letecké dopravy ve Frankfurtu mezi Q1 2020 a Q4 2022....68

Obrázek 11 - Závislost lodní dopravy v Německu a letecké dopravy ve Frankfurtu mezi Q1 2020 a Q4 2022....69

Obrázek 12 - Postcovidový vývoj počtu cestujících na letišti ve Frankfurtu....71

Obrázek 13 - Graf vypočtených vrcholů polynomické regrese postcovidových dat a lineární regrese bezcovidových dat ve stejném čase 74

Obrázek 14 - Procentuální vývoj postcovidových dat oproti bezcovidovému vývoji na vnitrostátních linkách....76

Obrázek 15 - Graf závislosti počtu přepravených pasažérů ve Frankfurtu a počtu nezaměstnaných osob v Německu za období leden 2020 - prosinec 2022.....79

Obrázek 16 - Graf závislosti počtu přepravených pasažérů na jednotlivých letištích a počtu nezaměstnaných osob v dané zemi za období leden 2020 - prosinec 2022 81

Obrázek 17 - Závislost vlakové dopravy v Irsku a letecké dopravy Dublinu mezi Q1 2020 a Q4 2022 94

Obrázek 18 - Závislost vlakové dopravy v Německu a letecké dopravy v Berlíně mezi Q1 2020 a Q4 2022 94

Obrázek 19 - Závislost vlakové dopravy ve Španělsku a letecké dopravy v Madridu mezi Q1 2020 a Q1 2023.....95

Obrázek 20 - Závislost vlakové dopravy ve Španělsku a letecké dopravy v Barceloně mezi Q1 2020 a Q1 2023.....95

Obrázek 21 - Závislost vlakové dopravy ve Francii a letecké dopravy v Paříži mezi Q1 2020 a Q4 2022 96

Obrázek 22 - Závislost vlakové dopravy v Itálii a letecké dopravy v Římě mezi Q1 2020 a Q4 2022 96

Obrázek 23 - Závislost vlakové dopravy v Nizozemsku a letecké dopravy v Amstrdamu mezi Q1 2020 a Q4 2022.....97

Obrázek 24 - Závislost lodní dopravy v Irsku a letecké dopravy v Dublinu mezi Q1 2020 a Q4 2022 98

Obrázek 25 - Závislost lodní dopravy v Německu a letecké dopravy v Berlíně mezi Q1 2020 a Q4 2022 98

Obrázek 26 - Závislost lodní dopravy ve Španělsku a letecké dopravy v Madridu mezi Q1 2020 a Q4 2022 99

Obrázek 27 - Závislost lodní dopravy ve Španělsku a letecké dopravy v Barceloně mezi Q1 2020 a Q4 2022.....99

Obrázek 28 - Závislost lodní dopravy ve Francii a letecké dopravy v Paříži mezi Q1 2020 a Q4 2021 100

Obrázek 29 - Závislost lodní dopravy v Itálii a letecké dopravy v Římě mezi Q1 2020 a Q4 2021 100

Obrázek 30 - Závislost lodní dopravy v Nizozemsku a letecké dopravy v Amstrdamu mezi Q1 2020 a Q4 2022.....101

Obrázek 31 - Postcovidový vývoj počtu cestujících na letišti v Londýně 102

Obrázek 32 - Postcovidový vývoj počtu cestujících na letišti v Dublinu.....102

Obrázek 33 - Postcovidový vývoj počtu cestujících na letišti v Madridu 103

Obrázek 34 - Postcovidový vývoj počtu cestujících na letišti v Barceloně.....103

Obrázek 35 - Postcovidový vývoj počtu cestujících na letišti v Berlíně.....104

Obrázek 36 - Postcovidový vývoj počtu cestujících na letišti v Paříži.....104

Obrázek 37 - Postcovidový vývoj počtu cestujících na letišti v Římě 105

Obrázek 38 - Postcovidový vývoj počtu cestujících na letišti v Amsterdamu.....105

Obrázek 39 - Postcovidový vývoj počtu cestujících na letišti v New Yorku.....106

Obrázek 40 - Postcovidový vývoj počtu cestujících na letišti v Chicagu.....106

Obrázek 41 - Postcovidový vývoj počtu cestujících na letišti v Hong Kongu 107

Obrázek 42 - Kód v programu MATlab pro test polynomické regrese počtu pasažérů na letišti ve Frankfurtu.....108

Obrázek 43 - Kód v programu MATlab pro test regrese mezi počty pasažérů na letišti ve Frankfurtu a počty nezaměstnaných v DEU.....108

Obrázek 44 - Procentuální vývoj postcovidových dat oproti bezcovidovému vývoji na evropských mezinárodních linkách.....110

Obrázek 45 - Procentuální vývoj postcovidových dat oproti bezcovidovému vývoji na evropských mezinárodních linkách 111

Obrázek 46 - Procentuální vývoj postcovidových dat oproti bezcovidovému vývoji na vybraných linkách 112

Obrázek 47 - Kvartální vývoj počtů přepravených cestujících na letišti v Londýně a hodnoty HDP pro Velkou Británii od roku 2014 113

Obrázek 48 - Kvartální vývoj počtů přepravených cestujících na letišti v Dublinu a hodnoty HDP pro Irsko od roku 2014 113

Obrázek 49 - Kvartální vývoj počtů přepravených cestujících na letišti v Madridu a hodnoty HDP pro Španělsko od roku 2014 114

Obrázek 50 - Kvartální vývoj počtů přepravených cestujících na letišti v Barceloně a hodnoty HDP pro Španělsko od roku 2014 114

Obrázek 51 - Kvartální vývoj počtů přepravených cestujících na letišti v Berlíně a hodnoty HDP pro Německo od roku 2014 115

Obrázek 52 - Kvartální vývoj počtů přepravených cestujících na letišti v Paříži a hodnoty HDP pro Francii od roku 2014 115

Obrázek 53 - Kvartální vývoj počtů přepravených cestujících na letišti v Římě a hodnoty HDP pro Itálii od roku 2014 116

Obrázek 54 - Kvartální vývoj počtů přepravených cestujících na letišti v Amsterdamu a hodnoty HDP pro Nizozemsko od roku 2014 116

Obrázek 55 - Měsíční vývoj počtů přepravených cestujících na letišti v Londýně a počtů nezaměstnaných ve Velké Británii 117

Obrázek 56 - Měsíční vývoj počtů přepravených cestujících na letišti v Dublinu a počtů nezaměstnaných v Irsku 117

Obrázek 57 - Měsíční vývoj počtů přepravených cestujících na letišti v Madridu a počtů nezaměstnaných ve Španělsku 118

Obrázek 58 - Měsíční vývoj počtů přepravených cestujících na letišti v Barceloně a počtů nezaměstnaných ve Španělsku 118

Obrázek 59 - Měsíční vývoj počtů přepravených cestujících na letišti v Berlíně a počtů nezaměstnaných v Německu.....119

Obrázek 60 - Měsíční vývoj počtů přepravených cestujících na letišti v Paříži a počtů nezaměstnaných ve Francii.....119

Obrázek 61 - Měsíční vývoj počtů přepravených cestujících na letišti v Římě a počtů nezaměstnaných v Itálii 120

Obrázek 62 - Měsíční vývoj počtů přepravených cestujících na letišti v Amsterdamu a počtů nezaměstnaných v Nizozemsku 120

Obrázek 63 - Měsíční vývoj počtů přepravených cestujících na letišti v New Yorku a počtů nezaměstnaných ve Spojených státech.....121

Obrázek 64 - Měsíční vývoj počtů přepravených cestujících na letišti v Chicagu a počtů nezaměstnaných ve Spojených státech.....121

Obrázek 65 - Měsíční vývoj počtů přepravených cestujících na letišti v Hong Kongu a počtů nezaměstnaných v Hong Kongu.....122

Obrázek 66 - Graf závislosti počtu přepravených pasažérů letištích a počtu nezaměstnaných osob v zemích s více letišti ve výběru za období leden 2020 - prosinec 2022 123

Obrázek 67 - Graf závislosti počtu přepravených pasažérů v Londýně a počtu nezaměstnaných osob ve Velké Británii za období leden 2020 - prosinec 2022 124

Obrázek 68 - Graf závislosti počtu přepravených pasažérů v Dublinu a počtu nezaměstnaných osob v Irsku za období leden 2020 - prosinec 2022.....124

Obrázek 69 - Graf závislosti počtu přepravených pasažérů v Madridu a počtu nezaměstnaných osob ve Španělsku za období leden 2020 - prosinec 2022.....125

Obrázek 70 - Graf závislosti počtu přepravených pasažérů v Barceloně a počtu nezaměstnaných osob ve Španělsku za období leden 2020 - prosinec 2022 125

Obrázek 71 - Graf závislosti počtu přepravených pasažérů v Berlíně a počtu nezaměstnaných osob v Německu za období leden 2020 - prosinec 2022 126

Obrázek 72 - Graf závislosti počtu přepravených pasažérů v Paříži a počtu nezaměstnaných osob ve Francii za období leden 2020 - prosinec 2022.....126

Obrázek 73 - Graf závislosti počtu přepravených pasažérů v Římě a počtu nezaměstnaných osob v Itálii za období leden 2020 - prosinec 2022.....127

Obrázek 74 - Graf závislosti počtu přepravených pasažérů v Amsterdamu a počtu nezaměstnaných osob v Nizozemsku za období leden 2020 - prosinec 2022 127

Obrázek 75 - Graf závislosti počtu přepravených pasažérů v New Yorku a počtu nezaměstnaných osob ve Spojených státech za období leden 2020 - prosinec 2022.....128

Obrázek 76 - Graf závislosti počtu přepravených pasažérů v Chicagu a počtu nezaměstnaných osob ve Spojených státech za období leden 2020 - prosinec 2022 128

Obrázek 77 - Graf závislosti počtu přepravených pasažérů v Hong Kongu a počtu nezaměstnaných osob v Hong Kongu za období leden 2020 - prosinec 2022.....129

Seznam rovnic

(1) Rovnice lineární regrese 44

(2) Rovnice mezí intervalového odhadu 46

(3) Rovnice lineární regrese s dosazenými koeficienty pro data letecké dopravy.....51

(4) Rovnice lineární regrese s dosazenými koeficienty pro data vlakové dopravy.....51

(5) Rovnice lineární regrese s dosazenými koeficienty pro data lodní dopravy 51

(6) Rovnice kvadratické regrese 55

(7) Rovnice pro výpočet vrcholu paraboly.....57

(8) Rovnice pro výpočet průsečíku kvadratické a lineární křivky 59

(9) Rovnice pro výpočet průsečíku kvadratické a lineární křivky s dosazenými hodnotami 59

(10) Rovnice pro výpočet průsečíku dvou přímek 61

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Vypočtené hodnoty vrcholů polynomických regresí.....72

Tabulka 2 - porovnání obnovy provozu na letištích oproti roku 2019 74

Seznam použitých zkratek

A340	Airbus 340 – ICAO kód
A380	Airbus 380 – ICAO kód
ADP	Aéroports de Paris
AMS	Letiště Amsterdam Schiphol
	Amsterdam Airport Schiphol
B747	Boeing 747 – ICAO kód
BCN	Letiště Barcelona-El Prat
	Josep Tarradellas Barcelona-El Prat Airport
BER	Letiště Berlín Brandenburg
	Berlin Brandenburg Airport Willy Brandt
CDG	Letiště Paříž Charles de Gaulle
	Paris Charles de Gaulle Airport
DEU	Spolková republika Německo
DUB	Letiště Dublin
	Dublin Airport
EU	Evropská unie
ESP	Španělské království
FCO	Mezinárodní letiště Řím Fiumicino, “Leonardo da Vinci”
	Rome-Fiumicino International Airport “Leonardo da Vinci”
FR	Francouzská republika
FRA	Letiště Frankfurt nad Mohanem
	Frankfurt/Main Airport
GBR	Spojené království Velké Británie a Severního Irska
HDP	Hrubý domácí produkt
HK	Hong Kong (země)
HKG	Letiště Hong Kong
	Hong Kong International Airport
IATA	Mezinárodní asociace leteckých přepravců
	International Air Transport Association
ICAO	Mezinárodní organizace pro civilní letectví
	International Civil Aviation Organization
IRL	Irská republika
ITA	Italská republika

JFK	Mezinárodní letiště Johna F. Kennedyho
	John F. Kennedy International Airport
LHR	Letiště Londýn Heathrow
	London Heathrow Airport
MAD	Mezinárodní letiště Adolfa Suáreze, Madrid-Barajas
	Adolfo Suárez Madrid-Barajas Airport
MERS	Blízkovýchodní dýchací syndrom
	Middle East Respiratory Syndrome Coronovirus
MICE	Meetings, Incentives, Conferencing, Exhibitions
NLD	Nizozemské království
ORD	Letiště Chicago
	O'Hare International Airport
OSN	Organizace spojených národů
	United Nations
PAX	Pasažéři
PEK	Letiště Peking
	Beijing Capital International Airport
SARS	Těžký akutní respirační syndrom
	Severe Acute Respiratory Syndrome
TXL	Letiště Berlín Tegel
	Berlin Tegel "Otto Lilienthal" Airport
UNCTAD	Konference OSN o obchodu a rozvoji
	United Nations Conference on Trade and Development
USA	Spojené státy americké
USD	Americký dolar
WHO	Světová zdravotnická organizace
	World Health Organization

Úvod

Letecká doprava je velice zranitelná vnějšími faktory. Ovlivňují ji ropné krize, přírodní katastrofy, ozbrojené konflikty, teroristické útoky, hospodářské recese a epidemie nemocí. Mezi roky 2000 a 2019 toto odvětví zasáhlo již mnoho krizí. Mezi ty nejvýznamnější patří zcela nepochybně teroristické útoky v roce 2001, ekonomická krize v letech 2007-2008, výbuch sopky Eyjafjallajökull na Islandu v roce 2010 a do roku 2019 zatím největší epidemie nemocí, kterými byly těžký akutní respirační syndrom (SARS) v letech 2002-2003 a následně blízkovýchodní dýchací syndrom (MERS), který se začal šířit od roku 2012.

Na přelomu let 2019 a 2020 se však objevila nová nákaza, která znamenala jednu z největších výzev, se kterou se dosud muselo odvětví letecké dopravy potýkat. Tato nemoc se rozšířila takovou rychlostí a silou, že celý svět a samozřejmě i leteckou dopravu úplně ochromila. Touto nákazou byl covid-19. Jeho následky jsou v mnoha odvětvích průmyslu i služeb včetně letectví patrné dodnes.

Je pochopitelné, že cestovní ruch byl zpočátku významným pomocníkem při šíření epidemie. Už od středověku probíhalo šíření nemocí nejrychleji podél významných obchodních cest ať už po zemi, tak i přes Středozemní moře. Po vynalezení železniční přepravy to byla právě ona, která od 19. století přispívala k rychlejšímu šíření velkých epidemií. Stejně tak se není čemu divit, že v dnešní době tuto pomyslnou štafetu převzala doprava letecká, díky svému masovému využití a možnosti rychle se dostat z jednoho konce planety na druhý.

Tato diplomová práce je zaměřená na provedení výzkumu vlivu pandemie covidu-19 a následné obnovy leteckého provozu na ekonomické veličiny. Jejím cílem je zhodnotit jak samotný proces obnovy letecké dopravy po skončení pandemie, tak i vliv letecko-provozních veličin na ekonomické ukazatele. Motivací pro výběr tohoto tématu a této problematiky byl zájem posoudit, jak se bude v budoucnu vyvíjet letecká doprava, která se vzpamatovává z covidové krize, a jaký vliv měla celá tato situace na ekonomiku zemí, jejíž nepochybnou součástí letecká doprava je.

První kapitola se zaměřuje na to, jak onemocnění COVID-19 ovlivnilo nejen leteckou dopravu, ale i ekonomické veličiny a další dopravní odvětví. Jsou zde rozebírány kroky, které musely společnosti působící v letectví podniknout v rámci vypořádání se s nastalou krizí. Zároveň jsou v této části popsány vztahy mezi leteckou dopravou a ekonomickými veličinami jako takovými.

Ve druhé kapitole je popsána veškerá metodika, podle které je tato práce vypracována. Třetí kapitola popisuje získávání a sběr dat a také postupy, které jsou později použity v samotné statistické části této práce. Tato část se nachází ve čtvrté kapitole. V poslední páté kapitole je provedena diskuse ohledně všech výsledků, kterých bylo ve statistické části dosaženo, a ohledně faktorů, které mohly celou analýzu ovlivnit.

1. Analýza současného stavu

Letecká doprava zažívala před začátkem roku 2020 velice rychlý nárůst. Mnohé letecké společnosti rozšiřovaly své flotily o nové stroje, rozvětvovaly sítě provozovaných linek a spousta letišť upravovala svou infrastrukturu, aby navýšily svou kapacitu. V článku na webovém portálu Airlines.iata.org z roku 2016 [1] bylo uvedeno, že Mezinárodní asociace leteckých dopravců (IATA) [2] předpovídá, že se celosvětové počty přepravených pasažérů pomocí letecké dopravy do roku 2035 téměř zdvojnásobí, a to z počtu 3,8 miliardy za rok na 7,2 miliardy. Největším tahounem nárůstu byl asijsko-pacifický region, který za uvedenou dobu devatenácti let bude zdrojem více než poloviny nově přepravených pasažérů. Ovšem i řada evropských letišť trhala své každoroční rekordy v počtu odbavených cestujících. Dle Dubeho a spol. [3] odhadovala IATA ještě v lednu roku 2020 pro celý zbytek roku nárůst osobokilometrů o 4,1 % a počtu tunokilometrů o 2,0 % oproti předchozímu roku.

Podle dat dostupných v databázi Eurostatu [4] všech 10 evropských letišť, ktera za rok 2019 přepravila nejvíce cestujících, zaznamenala svůj rekordní rok. Hned u 4 letišť byla překonána hranice 70 miliónů pasažérů a nejvytíženější letiště v Evropě, kterým je dlouhodobě letiště Heathrow v Londýně, již druhý rok po sobě pokořilo dokonce hodnotu 80 miliónů přepravených osob. Rekordní rok zaznamenalo i pražské Letiště Václava Havla. V roce 2019 se umístilo na 30. příčce evropského žebříčku s konečným počtem cestujících, který vůbec poprvé přesahoval 17 milionů a 800 tisíc.

Ovšem již koncem roku 2019 se z čínského města Wu-chan začala šířit do okolních regionů v Číně neznámá nákaza, která byla způsobena zcela novým typem koronaviru. Světová zdravotnická organizace (WHO) jej později pojmenovala jako SARS-CoV-2 a nemoc, kterou způsobuje jako covid-19. Počátek vývoje této nemoci byl převzat z časové osy uvedené na webu Rady Evropské Unie [5]. Tato nákaza se počátkem roku 2020 velice rychle rozšířila nejprve do oblasti jihovýchodní Asie a poté i do celého světa. Na počátku března se již nákaza rozšířila i do Evropy. Nejprve postihla Itálii a z té postupovala dále do Evropy takovou silou, že mnoho zemí začalo zavádět speciální opatření proti jejímu šíření. Uzavíraly se hranice, zaváděla se pravidla pro pohyb venku a cestování pomocí městské hromadné dopravy a další karanténní opatření. Také bylo nařízeno testování osob.

Před vypuknutím nákazy covid-19 byla podle asociace IATA nejhorší epidemií, která postihla naši planetu, ale i z hlediska na leteckou dopravu epidemie SARS, která se rozšířila na přelomu let 2002 a 2003. Ta podle Bowena a Laroe [6] zasáhla nejméně 26 zemí. Nejvíce

postihla oblast jihovýchodní Asie v čele s Čínou a Hong Kongem. Již tehdy se zjistilo, že významný vliv na šíření má letecká přeprava osob. WHO okamžitě vydala do té doby nejpřísnější cestovní doporučení v historii. Jednotlivé země sice k těmto doporučením přistoupily odlišně, ovšem díky výrazným omezením letecké dopravy a nařízením karanténních opatření v nejvíce postižených oblastech se šíření této nemoci podařilo zastavit sedm měsíců po jejím vypuknutí. V červenci roku 2003 tak mohla WHO prohlásit epidemii SARS za celosvětově potlačenou. I tak ale podle Czernyho a spol. [7] ještě pár měsíců po tomto prohlášení trvalo, než se zasažený letecký svět plně zotavil.

1.1. Vliv covidu-19 na leteckou dopravu

Ještě před začátkem pandemie se zabývala letecká doprava problémy spojenými s kapacitou, lidským kapitálem a změnou klimatu. Ovšem s příchodem koronaviru tyto problémy rázem zmizely. Jak ve svých pracích uvádějí S. V. Gundmunsson a spol. [8] nebo Boosten a Alcaraz [9], měla všechna proticovidová opatření rozsáhlé dopady nejen na odvětví letecké dopravy jako takové, ale na mnoho dalších odvětví. Mnoho společností a firem se najednou z vysoce růstového vývoje letecké dopravy ocitlo v režimu přežití.

Vlivem všech opatření spojených především s uzavřením hranic, případně zavedením povinných karanténních opatření při vstupu do jednotlivých zemí, se najednou objem provedených letů a přepravených pasažérů v rámci mezinárodní dopravy smrsknul na minimum. Většina pasažérů, kterou tvoří turisté a volnočasoví cestovatelé, najednou nemohla dále cestovat. A snížil se i počet obchodních cestujících, kteří místo služebních cest a meetingů začali mnohem více využívat online schůzky pomocí platforem jako jsou například MS Teams a další. Zpočátku mnoho leteckých společností létalo i s téměř prázdnými letadly, pod heslem: „Využij svůj slot, nebo o něj přijdeš!“, což popisují Dobruszkes a Hamme [10]. Ti se zabývali dopady ekonomických krizí na letectví. Těmito kroky se aerolinie snažily udržet si své lukrativní letištní sloty. Pro mnohé bylo drobnou útěchou využití své flotily v rámci vnitrostátních letů, ovšem mnoho států nejen v Evropě není dostatečně velkých na to, aby se v nich dala vytvořit a provozovat dostatečná síť vnitrostátních letů.

Mnoho společností muselo výrazně omezit svůj provoz. Objem letecké dopravy tak náhle během pár měsíců klesl dokonce na úroveň jednotek procent provozu v předchozím roce 2019. Čím dál více letadel zůstalo zaparkováno na letištích, ze kterých se stávala obrovská parkoviště. Letecké společnosti se musely uchýlit k opatřením, aby toto těžké období finančně

přežily. Vracely letadla, která měla půjčená od leasingových společností, aby nemusely platit jejich vysoké nájmy, případně prodávaly ta, která přímo vlastnily. Také mnoho společností urychlilo vyřazování starších a méně ekonomicky výhodných letadel, kterými byly především veliké stroje jako Boeing 747-400 nebo Airbus 340. Tato letadla již nebyla pro aerolinie tolik výhodná jako dřív. Novější stroje s efektivnějšími motory, jako jsou například Boeing 787 nebo Airbus 350, jsou sice menší, ale oproti zmíněným typům jsou již stavěny z lehčích materiálů a pomocí modernějších technologií. Dosahují tedy mnohem nižší spotřeby paliva, a tudíž i ekonomičtějšího provozu než větší čtyřmotorové stroje. Mnoho společností oznámilo již před vypuknutím pandemie, že tyto stroje začnou postupně vyřazovat ze svých flotil. Nástup pandemie ovšem celý proces urychlil. Podle článku na webu CNN Travel [11] proběhl poslední let Boeingu 747 společnosti British Airways v říjnu 2020, což je mnohem dříve, než bylo plánováno. BBC [12] ve svém článku uvádějí, že k úplnému vyřazení mělo původně dojít až v roce 2024. Obdobně reagovaly například nizozemské aerolinie KLM, které své jumbo jety vyřadily v březnu roku 2021, ačkoliv v provozu nebyly již od počátku pandemie. Taktéž Lufthansa, která se mimo vyřazení některých svých B747, A340 rozhodla i pro vyřazení několika úzkotrupých letadel pro středně dlouhé tratě typu Airbus 320. Kompletní seznam vyřazených strojů této německé společnosti je uveden v článku od Marka Caswella [13] na webu Business Travel.

Společnosti dokonce postupně začaly vyřazovat i své relativně mladé stroje typu Airbus 380. Ty sice jsou novější než zmiňovaná jumba společně s A340, ale i ony jsou vzhledem ke své velikosti a čtyřem motorům mnohem méně efektivní nežli menší dvoumotorové stroje. I ty vlivem pandemie zamířily na odstavná letiště a vypadalo to, že i je čeká předčasný odchod do penze.

Omezení linek a zmenšování flotil leteckých společností mělo také za následek, že letecké společnosti měly najednou nadbytek zaměstnanců. Své zaměstnance tak musely začít propouštět. V lepším případě byli zaměstnanci pouze nuceni si vzít neplacené volno na neurčito. Tento problém se ovšem netýkal pouze aerolinií. Nadbytek pracovníků vlivem snížení provozu náhle zaznamenala i letiště a všechny firmy zainteresované do letecké dopravy.

Boosten a Alcaraz [9] popisují, že v různých regionech byly samozřejmě reakce na přicházející krizi a její dopady různé. Většinou díky rozdílným přístupům jednotlivých vlád k zaváděním proticovidových opatření a samozřejmě i díky odlišné geografii každého z regionů. Jak již bylo zmíněno dříve, řada evropských států není dostatečně velká na to, aby v nich bylo možné provozovat síť vnitrostátních linek. Velice podobně na tom byly i regiony Afriky a Blízkého

východu. Naopak podle Dubeho a spol. [3] využilo mnoho společností ve Spojených státech amerických (USA) silnou vnitrostátní síť linek, což jim pomohlo zvládnout následky pandemie lépe než ostatním leteckým společnostem. Obdobně na tom byly i společnosti v Čínské lidové republice, které pro krizovou dobu využily síť mezi více než 200 čínskými letišti a také celý zbytek asijsko-pacifické oblasti. Czerny a spol. [7] ve své studii uvádějí, že na konci července 2020 se čínský domácí trh zotavil na 70-80 % úrovně před pandemií. Naopak mezinárodní doprava z Číny trpěla v pozdějších letech více než jinde na světě díky její přísnější nulové covidové politice a také díky novým ohniskům nakažených koncem roku 2022.

Oproti letecké přepravě cestujících nebyl nákladní segment tolik postižen. Podle studie od Dubeho [14], zůstaly nákladní operace po celou dobu pandemie převážně v kladných číslech. Jak uvedli Czerny a spol. [7], byl úvodní propad způsoben především výrazným omezením osobní přepravy, jelikož k přepravě téměř 50 % nákladu se využívalo břišních nákladových prostorů pasažérských letů. Na to však společnosti provozující přepravu carga reagovaly navýšením nasazených letadel určených pouze pro přepravu nákladu, případně rychlým upravováním pasažérských letadel na nákladní. V další studii od Suau-Sancheze a spol. (2020) [15] je popisováno, že absence výraznějšího propadu nákladní letecké dopravy byla pravděpodobně způsobena rostoucím významem elektronického obchodu v rámci karanténních opatření, a také samozřejmě zvýšeným počtem letů distribujících zdravotnické pomůcky pro boj s nákazou. A byť by se dalo v mnohých případech uvažovat o odklonu od leteckých dodávek k silniční dopravě, stále je nutné zvažovat mnohé výjimky v několika klíčových odvětvích, jakými jsou farmaceutický průmysl anebo třeba technologie a zboží podléhající rychlé zkáze.

Z důvodů menšího výkyvu propadu a mnohem rychlejšímu návratu nákladní dopravy na původní úroveň před rozšířením pandemie koronaviru se tato práce nebude zabývat nákladní dopravou, ale bude zkoumat vliv onemocnění COVID-19 na osobní přepravu.

1.2. Vliv COVID-19 na ekonomické veličiny

Jak ve své práci z roku 2022 zmiňuje K. Dube [14], hraje letecký průmysl ústřední roli v globální ekonomice, protože funguje jako prostředek obchodu, průmyslu a spolupráce. Podle Salesiho a spol. [16] byl nárůst cestovního ruchu, který probíhal ještě na přelomu let 2019 a 2020, z velké části tažen růstem leteckého průmyslu a leteckých spojení. Další studie od Alsumairiho

a Tsui [17] uvádí, že je silný letecký průmysl jako takový obecně prospěšný pro ekonomické vyhlídky země nebo regionu.

S nástupem pandemie ovšem úroveň letecké dopravy spadla na jednotky procent svých předchozích čísel a cestovní ruch se otřásl v základech. Omezení pohybu osob, uzavírání hranic a další opatření, vydaná na základě snahy snížit rychlost šíření pandemie, však negativně ovlivnily prakticky celý sektor služeb. V problémech se rázem ocitl maloobchod, pohostinství, zábavní a dopravní odvětví. Výrazně se pro všechny země zkomplikoval dovoz a vývoz zboží, o čemž ve své studií píší Akbulaev a spol. [18]. V jejich práci je také uvedeno, že kriticky byla zasažena také výroba. Zejména elektronický průmysl se ocitl v problémech, jelikož je jeho převážná výrobní kapacita umístěna v Číně, ve které pandemie propukla a která se tak řadila mezi nejvíce postižené země světa. Mnoho továren muselo snížit či úplně uzavřít své provozy. Problémy také vznikaly v dodavatelských řetězcích, jelikož některé součástky není potřeba jen vyrobit, ale také je dostat na montážní linky. Díky uzavírání jednotlivých zemí a regionů tak vznikl logistický problém.

Dle Fana a spol. [19] omezování provozů nejen ve výrobním průmyslu přineslo i další problém, kterým byl nárůst nezaměstnanosti. Samozřejmě byla mnohem více zasažena odvětví s větší pravděpodobností, že budou muset uzavřít své provozy, jak již bylo zmíněno. Mnoho firem muselo začít propouštět své zaměstnance, případně je nutit vybírat si neplacené volno, ať už z kapacitních nebo finančních důvodů. U některých společností se těmto krokům podařilo předejít zavedením takzvaného homeoffice, neboli práce z domova, ovšem ne všude byl tento přístup možný. Akbulaev a spol. [18] pak předpovídají, že i když se situace začne postupně vracet k normálu, nezaměstnanost bude klesat pomaleji, z důvodu toho, že některé firmy zkrátka nepřežily danou situaci a musely tak své působení ukončit.

Touto tematikou se zabývaly také Zamfir a Iordache [20], které uvedly, že přijatá opatření k uzavření provozu donutila vlády přijmout mnohá ekonomická rozhodnutí k odškodnění zaměstnanců, kteří přišli o práci, nebo společností, které omezily či uzavřely svou činnost. V krátkodobém horizontu se tyto kroky projevily i na vývoji hrubého domácího produktu (HDP) daných zemí a regionů. Ve studii od Königa a Winklera [21] se píše, že povinný odstup vynucovaný vládami a propad světového obchodu byly důležitým faktorem vývoje HDP v první polovině roku 2020. Stejný názor pak zastávají Gagnon a spol. [22], kteří navíc dodávají, že oproti očekávání měla na pokles HDP pouze nepatrný vliv zvýšená úmrtnost související s rychlým šířením v té době neznámé nemoci. Naopak několikrát zdůrazňují, že klíčovými faktory poklesu HDP v první polovině roku 2020 a jeho následný růst v druhé polovině téhož

roku byly přísnost výlukových opatření v jednotlivých zemích a propad či růst globálního dovozu a vývozu.

1.3. Vliv COVID-19 na ostatní druhy dopravy

Onemocnění COVID-19 samozřejmě nezasáhlo pouze leteckou dopravu. Výrazně ovlivněny byly prakticky všechny druhy přepravy. Moriarty a spol. [23] uvádějí, že námořní cestovní ruch byl zasažen podobně jako komerční letectví. Případy Covidu-19 byly mezi cestujícími a členy posádek výletních lodí hlášeny po celém světě, od Jokohamy v Japonsku, přes Korfu v Řecku, až po australské Sydney. Podle této studie by mohly být dopady na lodní přepravu trvalejší než u jiných odvětví. Kromě restriktivních opatření by se prý mohly projevit i psychologické účinky, kde by cestující byli méně nakloněni cestování na velkých přeplněných lodích. Již v průběhu března roku 2020 byl podle Depellegrina a spol. [24] pozastaven provoz ve většině evropských výletních terminálů, a to nejen ve Středomoří, ale i v severních částech světadílu. Provozu námořních terminálů se navíc výrazně dotkla i národní opatření, která byla v jednotlivých státech zaváděna, stejně jak tomu bylo v případě omezení provozu mnoha letišť. Tato opatření se týkala nalodění a vylodění posádky, uvalení karantén, a dokonce i uvalování zákazů vstupu do přístavů a doplňování paliva.

Co se týče námořní nákladní přepravy, tak i přesto, že i ta po vypuknutí pandemie poklesla, ve srovnání se segmentem výletních plaveb se nejedná o nijak zásadní propad. Konference OSN o obchodu a rozvoji (UNCTAD), což je odborná organizace spadající pod Organizaci spojených národů (OSN), řešící otázky hospodářské a národní spolupráce, uvádí ve svém posudku z roku 2017 [25], že 80 % celosvětového obchodu z hlediska objemu a až 70 % jeho celkové hodnoty projde námořními přístavy po celém světě a následně je přepravováno na palubách nákladních lodí. Millefiori a spol. [26] pak ve své práci uvádí, že i když nákladní letecká doprava počátkem krize klesla výrazně pod úroveň roku 2019, jelikož tvoří pouze malou část celosvětové nákladní dopravy, tak nemusel by tento pokles znamenat výrazné snížení mobility zboží. Ovšem oproti letecké dopravě je v námořním segmentu výrazně omezená časová možnost přepravy zboží rychle podléhajícímu zkáze.

Co se týče železničního segmentu dopravy, tak samozřejmě ani ten nebyl ušetřen. Armand Veveris [27], který zkoumal vývoj vlakové dopravy v Lotyšsku, ve své práci zmiňuje, že v porovnání s ostatními druhy dopravy utrpěla železnice relativně méně. V Lotyšsku úroveň vlakové dopravy spadla maximálně na 60 % oproti roku 2019. Oproti letectví zažívala přeprava

pasažérů pomocí vlaků pokles úrovně i v roce 2021, ve kterém bylo naměřeno zmíněné minimum. V tomto období se naopak letecká doprava začala již pomalu zotavovat, ovšem následná obnova provozu kolejové přepravy byla od roku 2022 mnohem rychlejší. Podle dat z Lotyšského statistického úřadu [28] se pak úroveň železniční přepravy v pobaltských státech vrátila v roce 2022 na úroveň 90-98 % oproti roku 2019. Veveris, který ve své studii mimo jiné porovnával železniční data z databáze Eurostatu [4] pro celou Evropu, také poukázal na to, že jak v procesu úpadku železniční dopravy vlivem pandemie tak i v následné obnově provozu hraje nemalou roli i jaký region či země jsou vzájemně srovnávány. Stejně jak tomu je i v odvětví leteckém.

1.4. Zotavení letectví z covidové krize

Svět byl pandemií nejhůře zasažen v roce 2020. Zotavování z covidového šoku začalo sice již v druhé polovině téhož roku, ovšem vlivem dalších vln v zimním období mezi lety 2020 a 2021 můžeme říct, že finální obnova začala až během první poloviny roku 2021. Některá odvětví se již dokázala plně vzpamatovat v průběhu pár měsíců, ovšem u některých oborů, jakým je například letectví, se o úplném zotavení nedá se stoprocentní jistotou mluvit ani v současné chvíli.

Na některých letištích se již provoz dokázal vrátit na úroveň roku 2019, která slouží jako výchozí hodnota, z níž vychází celkový dopad onemocnění Covidu-19. Například podle zprávy od Tourism Review z dubna letošního roku [29], španělská letiště v rámci sítě Aena (tato síť zahrnuje například letiště Adolfa Suáreze Madrid-Barajas, Josep Tarradellas Barcelona-El Prat, Málaga-Costa del Sol a další) již dosáhla v prvním čtvrtletí letošního roku úrovně roku 2019 ve stejném období. V součtu se jednalo dokonce o 1,6 % více než před vypuknutím krize.

Ne všechna letiště již ale dokázala dosáhnout na původní metu. Skupina Aéroports de Paris (ADP) ve zprávě pro červen 2023 [30] uvedla, že pařížská letiště (Charles de Gaulle a Orly) společně dosáhla na 90 % počtu přepravených pasažérů oproti roku 2019. Web společnosti Fraport [31], která spravuje největší německé letiště ve Frankfurtu, ale i mnoho dalších v Evropě a po celém světě hlásí úroveň 75 % před pandemií. Pro srovnání je stejné procento uvedeno i v článku na stránkách Zdopravy.cz [32]. Ten pojednává o počtech přepravených cestujících na největším českém letišti Václava Havla v Praze za první polovinu letošního roku, které také dosáhly hodnoty 75 % oproti roku 2019. Z toho vyplývá, že míra obnovení také

hodně závisí na regionu, ve kterém obnovu dopravy zkoumáme. V některých destinacích probíhá zotavování pomaleji v důsledku mnoha různých faktorů, jako je například rozdílná politika zemí, ale především různý přístup k přijímání a rozvolňovaní proticovidových opatření.

Zároveň také hodně záleží i na typu letecké společnosti. Jak už jsem zmiňoval v kapitole 1.1. nákladní doprava takový šok, jaký postihl pasažérský segment, nezažila. Stejně tak se odlišně vyvíjela i obnova podle různých druhů v odvětví osobní přepravy. Podle Dubeho [14] se nízkonákladové společnosti zotavily k 8. srpnu 2022 na úroveň 91 % oproti roku 2019. Dopadly tak lépe než regionální dopravci, kteří zaostávali oproti předcovidovému období o 21 %, a i lépe než dopravci provozující hlavní linky. Ti se dostali na úroveň 80 % čísel z roku 2019, tedy jen o jedno procento více než zmiňovaní dopravci regionální. K tomu mohl přispět i fakt, že se pasažéři uchylovali spíše k levnějším nabídkám cestování, aby odlehčili rodinným rozpočtům, které byly mnohdy zatíženy covidovou krizí.

Možnost ušetřit ovšem není jedinou příčinnou menšího zájmu cestujících o přepravu vzduchem. Podle Czernyho a spol. [7] to může být způsobeno také celkovými obavami lidí z létání. Odkazují se na průzkum IATA z roku 2020 [33], ve kterém je uvedeno, že 58 % respondentů na otázky spojené s leteckou dopravou uvedlo, že se letecké dopravě vyhýbají, a 33 % odpovědělo, že se jí vyhnou i v budoucnu, aby snížili riziko nákazy. Hlavní obavy podle účastníků průzkumu jsou následující:

- Pobyt v přeplněném autobuse nebo vlaku na cestě k letadlu
- Čekání ve frontě na odbavení, bezpečnostní nebo hraniční kontrole a při nástupu do letadla
- Používání toalet na letištích i v letadle
- Obava, že v letadle bude vedle nich sedět někdo nakažený
- Přenos vzduchem uvnitř uzavřeného letadla

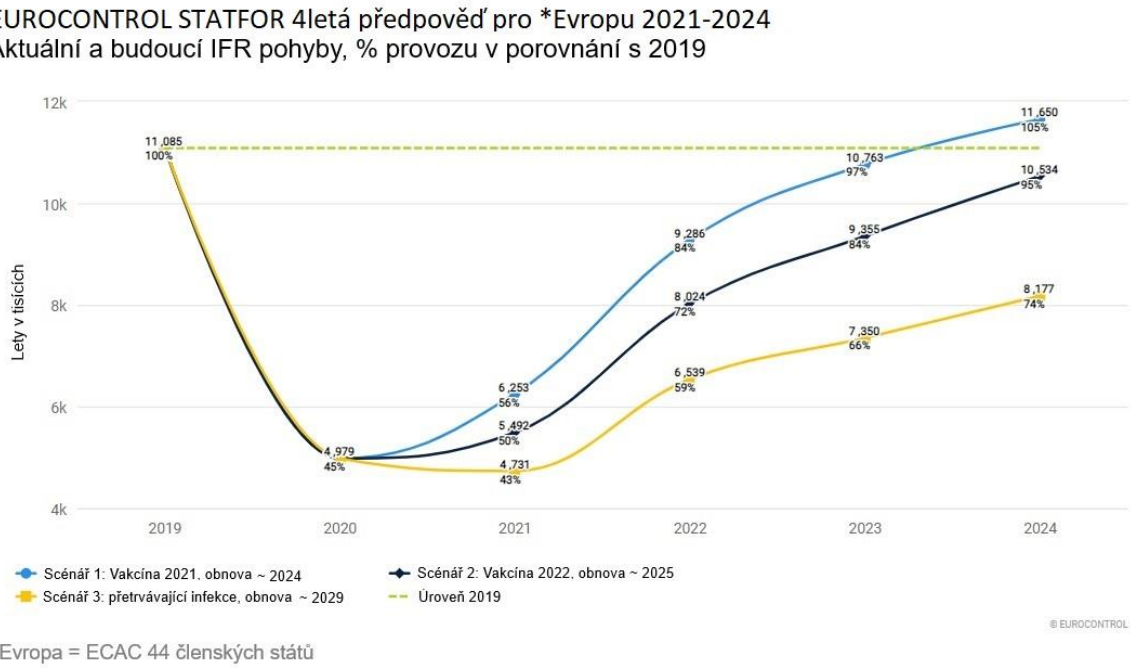
Klasičtí a regionální dopravci se také museli ve velkém potýkat s úbytkem pasažérů z řad obchodních cestujících. Covidová krize změnila v mnohém chování lidí a také firem a veliká část pracovních schůzek, při kterých nebylo potřeba osobní setkání, se přesunula na různé meetingové platformy. Spousta konferencí, meetingů a jiných schůzek se najednou odehrává online, aniž by zaměstnanci opustili vlastní kancelář. Navíc mnoho firem musí zcela jistě snižovat své rozpočty a podle Tikhonova a spol. [34] se tak bude velice často dít právě snížením nákladů na cestování a marketing v případě, že bude možné danou záležitost vyřídit online. I tak se podle studie od Suau-Sancheze a spol. [15] dá očekávat, že k oživení

služebních cest za účelem udržení vztahů s klienty a poskytovateli služeb postupně dojde. Podstatně déle by se mělo zotavovat cestování spojené s MICE (Meetings, Incentives, Conferencing, Exhibitions) i za předpokladu, že velikost vysílaných týmů na tyto akce může být menší, než před covidem. V rámci zmíněné studie Suau-Sancheze probíhaly rozhovory s vybranými vedoucími pracovníky z oblasti letecké dopravy. Někteří z nich tvrdili, že i snížení počtu služebních cest o 5-10 % by mohlo stačit k výraznému dopadu na letecké společnosti, jelikož tento typ cestujících generuje vysoké výnosy. A zatímco služební cesty jsou většinou nutností, v případě poptávky volnočasových cestujících ohledně letů může velmi často rozhodnout fakt, jestli se v některých lokalitách stále nevyskytují zdravotní rizika spojená s nákazou nemocí covid-19.

Jak už bylo dříve zmíněno, hodně společností bylo v rámci krize nuceno vyřadit značnou část své flotily. Většinou se jednalo o starší velké čtyřmotorové stroje. U některých již započal proces sešrotování, ale mnoho z nich bylo pouze uskladněno na odstavných plochách letišť. Poslední dobou však společnosti reagují na strmý nárůst poptávky zákazníků a některé se tak rozhodly znovu aktivovat své velkokapacitní dálková letadla. Ve většině případů se jedná o novější z původně vyřazených strojů typu A380. Oznámení o obnovení například uvedla společnost Lufthansa [35] v červnu loňského roku. Podobně postupovaly také například britské British Airways, Qatar Airways nebo australský Qantas. S těmito kroky ovšem souvisí další problémy. První z těchto problémů se týká nutnosti provést rozsáhlé technické kontroly odstavených strojů před jejich návratem do provozu. Druhý problém se týká zaměstnanců. Je potřeba znovu proškolit veliké množství zaměstnanců. Navíc mnoho společností bylo v rámci krize nuceno propustit velké množství svých často velmi zkušených pracovníků. Mnozí z těchto zaměstnanců si našli práci v jiných hospodářských odvětvích s lepšími pracovními podmínkami a s jistotou zaměstnání. To má při procesu obnovování cestovního ruchu a letectví silný negativní vliv. Celá situace vede k nedostatku kvalifikovaného personálu, a to nejen v Evropě, ale třeba také v USA. Například mezinárodní letiště Heathrow v Londýně bylo z důvodu nedostatku pracovníků pro odbavení pasažérů a letadel nuceno zavést limit počtu cestujících za den. Tento limit byl stanoven na 100 000 osob denně. Omezení bylo zavedeno od července roku 2022 a mělo původně platit jen do konce srpna, ale bylo několikrát prodlouženo až do října téhož roku. O celé této události informoval nejen web samotného letiště [36], ale například také časopis Forbes [37] prostřednictvím článku na svém webu. Ten navíc v článku uvádí, že podobná opatření byla zavedena také na dalších evropských letištích, jako například na londýnském Gatwicku, ve Frankfurtu nebo na amsterdamském Schipholu. Na mnoha letištích tato opatření způsobila obrovský počet zpožděných nebo dokonce

zrušených letů. Forbes dále uvádí, že ve Spojených státech amerických se tato zpoždění pohybovala okolo 20 %. Na mezinárodním letišti v Denveru ve státě Colorado to bylo dokonce více než 36 %.

Jedním z posledních faktorů, který by na letectví v postcovidovém vývoji mohl mít vliv, je skutečnost, že s ohledem na klimatické požadavky vydala v květnu letošního roku francouzská vláda zákaz vnitrostátních letů, které lze nahradit jiným způsobem dopravy, pokud toto náhradní spojení netrvá déle než dvě a půl hodiny. I španělská Iberia již rozšiřuje nabídku svých letů o kombinaci s vlakem a stejně tak postupují i nizozemské KLM. Tuto zprávu publikoval webový portál CBS News [38].



Obrázek 1 - Odhadované scénáře vývoje letecké dopravy vydané organizací EUROCONTROL v roce 2021 [39] - upraveno

Každopádně podle predikce od organizace EUROCONTROL vydané již v květnu roku 2021 [39] by se měly počty pasažérů vrátit nad úroveň roku 2019 v roce 2024. V jeho predikcích je počítáno s několika scénáři na základě rozšíření očkování v Evropě. První scénář byl nejvíce optimistický a uváděl plnou obnovu do konce již zmiňovaného roku 2024. Nejvíce pesimický odhad počítá s pomalým šíření vakcín a s obnovou nejdříve v roce 2029. Prostřední a nejreálnější predikce počítá s dostatečným rozšířením vakcín do poloviny roku 2022 a úplné obnově na předcovidová čísla v roce 2025. Vývoj všech tří predikcí EUROCONTROLu je vidět na obrázku 1. Tehdejší generální ředitel celé organizace se k tomu vyjádřil následovně:

„Situace zůstává pro evropské letectví velmi náročná. Míříme do léta 2021 a většina omezení stále platí navzdory povzbudivému pokroku na frontě očkování. Takže zatímco očekáváme nárůst letního provozu, náš nejpravděpodobnější střednědobý scénář počítá s koordinovaným zrušením omezení do 1. čtvrtletí 2022 mezi regiony, což usnadňuje cestování na dlouhé vzdálenosti. Pravděpodobně budeme mít kolem 50 % provozu v roce 2019 po celý rok 2021 (5,5 milionu letů). Do konce příštího roku se provoz vzpamatuje pouze na 72 % úrovně z roku 2019 a do roku 2025 se vrátí téměř k tomu, kde jsme byli před pandemií.“ (Eamonn Brennan, Generální ředitel EUROCONTROL v roce 2021) [39]

Svou predikci poté na jaře roku 2022 vydala i asociace IATA [40]. I v ní se počítá s obnovou na původní úroveň do roku 2024. V tomto roce je dle zmíněné zprávy odhadováno, že celkový počet pasažérů dosáhne hranice 4 miliard, čímž překročí čísla před pandemií Covidu-19. Celkově se jedná o 103 % oproti roku 2019. Pokud by byl brán v úvahu pouze počet mezinárodních cestujících, ten bude na úrovni 92 % a přes hranici sta procent by se měl přehoupnout v roce 2025. I zde se k celé situaci vyjádřil generální ředitel asociace IATA. K celé predikci řekl následující:

„Trajektorie obnovy počtu cestujících z COVID-19 nebyla variantou omicron změněna. Lidé chtějí cestovat. A když se cestovní omezení zruší, vrátí se do nebe. K dosažení normálního stavu je ještě dlouhá cesta, ale prognóza vývoje počtu cestujících dává dobrý důvod k optimismu.“ (Willie Walsh, generální ředitel IATA) [40].

IATA také v této predikci zopakovala své výzvy, aby byly odstraněny všechny cestovní překážky (karantény a testování) pro osoby, které jsou plně očkované vakcínou schválenou od WHO, nebo aby bylo urychleno uvolňování cestovních omezení s vědomím, že cestovatelé již nepředstavují větší riziko pro šíření nemoci, než jaké existuje v běžné populaci.

Na webu Re-open EU [41], který spadá přímo pod webový portál Evropské unie (EU), je uvedeno, že cestovní opatření, která byla zavedená z důvodu kontroly šíření nemoci covid-19, byla již v EU zrušena a že znovuotevření EU bylo ukončeno ke dni 1. července letošního roku. Dokonce i v Číně, kde se ještě na podzim loňského roku objevovala nová ohniska nákazy, byla již podle webu Business Info [42] konečně zrušena většina restriktivních opatření. Počet případů klesl a čínská vláda tak upustila od politiky nulové tolerance. Postupně byly zrušeny karantény, které bylo nutné podstoupit po příletu do země, je obnoveno vydávání všech typů víz a koncem dubna již pro cestu do této země stačilo pouze prokázání se negativním antigenním testem a zdravotním prohlášením.

Na závěr této kapitoly je nutné uvést, že na obnovu letecké dopravy nemají vliv jen faktory, které jsou v této práci zmíněny a popsány důkladněji. Jistou měrou, ať už větší nebo menší, ovlivňuje vývoj celého odvětví i mnoho jiných faktorů, jakými jsou například i vývoj ceny pohonných hmot nebo třeba již rok a půl trvající válečný konflikt na Ukrajině.

Také je potřeba zmínit, že zatímco ohledně úrovně obnovy letecké dopravy hovoří všechny výše zmiňované studie a zprávy v této kapitole o srovnání s posledním rokem před vypuknutím pandemie onemocnění covid-19, já jsem se rozhodl v této práci postupovat odlišně a případné predikce budu porovnávat s předpokládaným vývojem, pokud by ke covidové krizi nedošlo. Tedy s předpokládaným trendem vývoje zohledňujícím více posledních let před rozšířením nákazy.

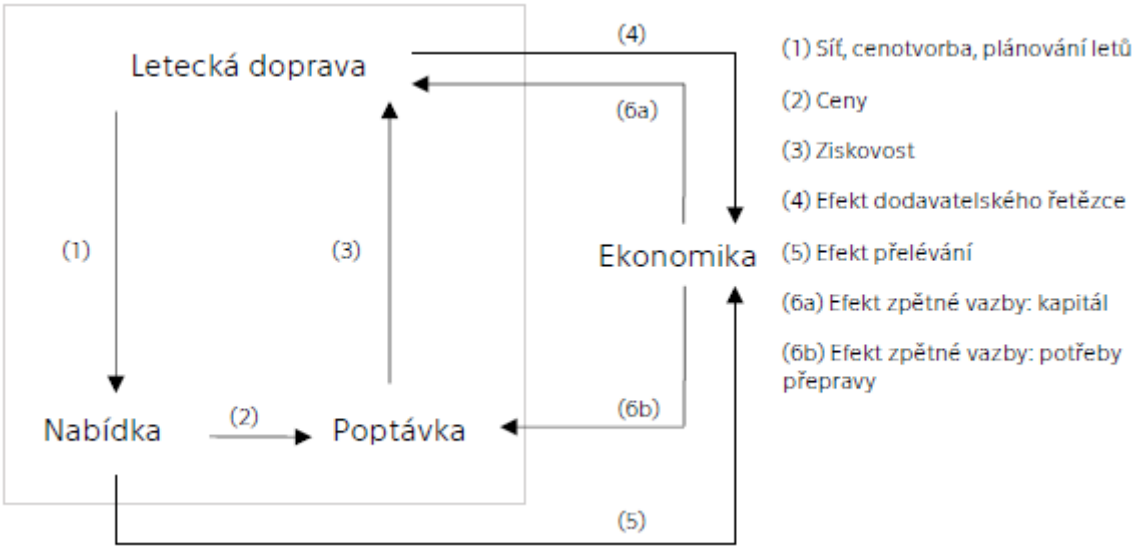
1.5. Vztahy ekonomických a leteckých veličin

Asi nejlépe shrnuli vztah mezi letectvím a ekonomikou Zhang a Graham [43]. Ti ve své studii uvedli, že příčinné vazby mezi ekonomikou a letectvím lze obtížně pozorovat. Na jedné straně letecký průmysl přepravuje cestující a náklad po celém světě. Tím usnadňuje přístup k trhům, zaměstnanosti, zdrojům, pracovní síle, znalostem a technologiím. To může vést k hospodářskému růstu. Naopak hospodářský úspěch zvyšuje poptávku po letecké dopravě ať už té osobní nebo v nákladní. Letecká doprava tak může být nejen příčinou hospodářské výkonnosti, ale i jeho důsledkem.

Vzájemných vztahů mezi letecko-provozními veličinami existuje obrovské množství a není reálné, aby se tato práce věnovala všem těmto vazbám. Proto bude tato práce zaměřená na dvě ekonomické veličiny, kterými jsou hrubý domácí produkt a nezaměstnanost. Tyto dvě veličiny byly vybrány především z důvodu snadnější dostupnosti zdrojových dat a také kvůli většímu množství studií, které se touto problematikou zabývají, a díky kterým je tak možné danou problematiku lépe prostudovat.

Na obrázku 2 je znázorněn model vztahů mezi leteckou dopravou a ekonomickým rozvojem příslušného regionu. Autory tohoto diagramu jsou Zhang a Graham [43]. Upravená verze přeložená do Českého jazyka je převzata z práce Viktorie Urbanové [44]. V modelu je znázorněn cyklus vzájemných vazeb s čísly (1) – (3), které vyjadřují dynamiku uvnitř leteckého systému. Zbylé vazby ukazují interakce mezi ekonomikou a leteckým systémem jako celkem. Vazba číslo (4) znázorňuje zaměstnanost a výdaje v leteckém průmyslu. Tato vazba se dělí na dopady přímé (z činností přímo související s provozem), nepřímé (z činností souvisejícími

s dodavatelskými službami) a indukované (zahrnuté výdaje domácností osob, přímo nebo nepřímo zaměstnaných v leteckém průmyslu). V součtu se nazývají „dopady na dodavatelský řetězec“. Vazba číslo (5) nazvaná „efekt přelévání“ se týká zvyšování cestovního ruchu, zvyšování produktivity společností a usnadňování světového obchodu tím, že umožňuje rozšíření investic a nabídky pracovních sil do mnoha zemí a regionů. Vazby číslo (6) ukazují zpětnou vazbu. Růst ekonomiky má také efekt na investice do letectví, například rozšiřování infrastruktury (6a). Expanze obchodu dále navyšuje poptávku po letecké dopravě za dalšími obchodními příležitostmi (6b). Moje práce se zaměřuje na vazby číslo (4) a (5).



Obrázek 2 - Vztah mezi leteckou dopravou a ekonomickými veličinami [44]

Podle Shearda [45] má velikost letiště pozitivní vliv na počet firem, počet obyvatel, míru zaměstnanosti a HDP v oblasti, kde se nachází. Ve zprávě Mezinárodní organizace pro civilní letectví (ICAO) [46], na kterou navazuje metodologická studie od Vitteka a spol. [47], se píše, že letectví v roce 2019 vyprodukovalo 37 miliónů pracovních míst v oblasti související s cestovním ruchem. Toto číslo odpovídá přibližně 1 % tehdejšího celosvětového HDP. O rok dříve se jednalo dokonce o 44,8 milionů pozic. K celosvětovému HDP to tehdy přispělo více než 1000 miliardami amerických dolarů (USD), což tehdy pokrylo 1,2 % celkové hodnoty.

Už Brueckner se v roce 2003 [48] zaměřil na souvislosti mezi leteckou dopravou a zaměstnaností v metropolitních oblastech. Podle něj je letecká doprava důležitým faktorem hospodářského rozvoje měst. Vyšší počet leteckých spojení usnadňuje osobní kontakt s podniky v jiných destinacích, což přivádí do metropolitních oblastí nové firmy a podporuje to tak zaměstnanost v těchto lokalitách. Brueckerovy empirické výsledky dále ukazují, že nárůst

letecké dopravy v dané oblasti o 10 % vede přibližně k 1 % nárůstu zaměstnanosti. Ovšem také uvádí, že tento jev se týká pouze odvětví souvisejících se službami. Co se týče průmyslu a výroby, zde už tento vztah neplatí.

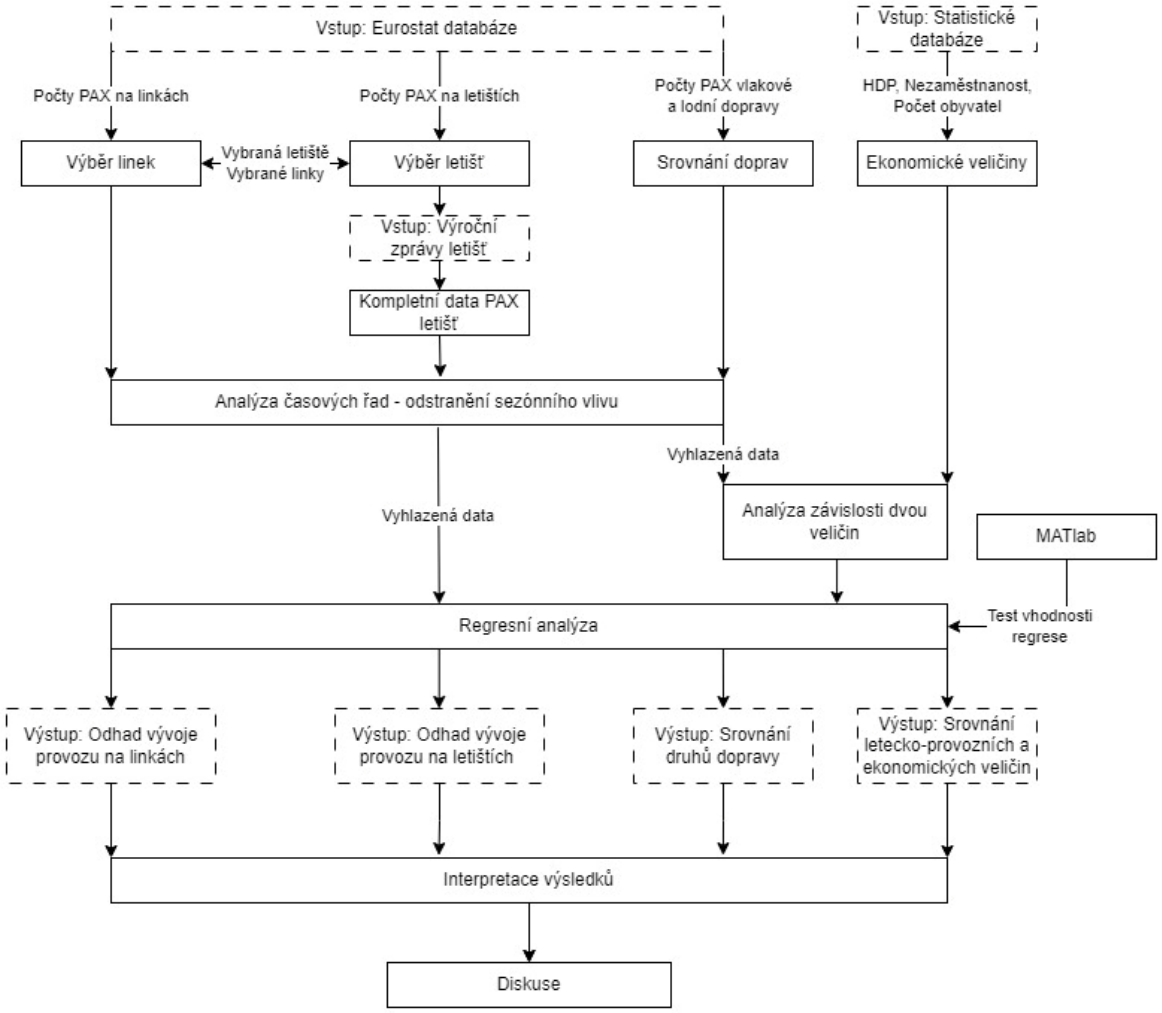
Závěry Brueckner [48] rozšířil i Green [49] o několik let později. Oba ve svých pracích zkoumají určité faktory ovlivňující vztah mezi provozem letiště a zaměstnaností metropolitní oblasti, ve které se dané letiště nachází. Mezi tyto faktory patří například velikost metropolitní oblasti, počet obyvatel a vzdálenost letiště od centra této oblasti. Dalšími důležitými faktory jsou blízkost jiných letišť či uzlovost letiště, tedy zdali se jedná o velký přestupní uzel nebo zdali na daném letišti cestující svou cestu začínají nebo končí. Oba také mezi faktory zahrnuli klimatické podmínky regionu nebo průměrné vzdělání jeho obyvatel, ale i mnoho dalších faktorů.

Na tyto výzkumy navázal i Sheard [45], který zjistil, že nárůst letecké dopravy o 10 % v oblasti s jedním milionem obyvatel vytvoří přibližně 1 660 nových pracovních pozic. K tomuto výsledku také dodává, že na každé pracovní místo vytvořené provozem letiště připadá 6 pracovních míst vytvořených v jiných odvětvích místní ekonomiky. To vede nejen ke zvyšování zaměstnanosti stávajících obyvatel, ale zároveň to vyvolává stahování obyvatel z jiných oblastí za novými pracovními nabídkami. S migrací ovšem vyvstává další otázka, jak je ovlivněna zaměstnanost na celostátní úrovni, jelikož zlepšení v okolí daného letiště může mít díky migraci obyvatel z jiných oblastí negativní vliv na zaměstnanost v jiných místech.

Posledním faktorem, který ovlivňuje vztah mezi ekonomikou a letectvím jsou hospodářské krize. Dobruszkes a Hamme [10] se zabývají hospodářskou recesí, která propukla v USA v roce 2007. Podle nich se jednalo o nejintenzivnější a nejdramatičtější krizi od 30. let minulého století. V roce 2007 byla zasažena téměř všechna hospodářská odvětví po celém světě. Výjimkou nebyl ani letecký průmysl, který na začátku roku 2009 zaznamenal svůj nejnižší bod. Počet cest v ekonomické třídě poklesl o 9 %, ovšem v prémiových třídách se jednalo o 25 %, tedy o pokles o celou čtvrtinu úrovně před krizí.

2. Popis metodiky

Cílem této práce je provést sběr a analýzu dat o leteckém provozu a dalších ekonomických veličinách. Následně vyhodnotit dopad covidu-19 na letecký provoz a ekonomické veličiny a jejich pozdější obnovu. V této kapitole je popsána metodika predikce obnovy úrovně letecké dopravy a následně porovnání vlivu letectví na ekonomické veličiny. Grafické znázornění metodického zpracování této diplomové práce se nachází na obrázku číslo 3.



Obrázek 3 - Grafické znázornění metodiky vypracování diplomové práce

Soupis aktuálních vědeckých studií, zabývajících se přístupem k řešené problematice dopadů vlivu na letecko-provozní veličiny, je proveden v první kapitole této diplomové práce s názvem „Analýza současného stavu“. Kapitola se s využitím odborných zdrojů zabývá dopady pandemie na leteckou dopravu, ekonomické veličiny a také na ostatní druhy přepravy. Dále

jsou zde také posuzovány vztahy mezi leteckým odvětvím a ekonomikou. Na základě této analýzy jsou v této práci řešeny dvě hlavní problematiky: obnova počtu přepravených cestujících na letištích a linkách a porovnání vztahu mezi leteckou dopravou a ekonomickými veličinami.

Hlavním zdrojem dat se stala databáze Eurostat [4]. Letiště a linky byly vybrány heuristicky na základě těchto dat. V původním výběru bylo 13 letišť a 22 linek. Ekonomická data byla dohledána pomocí různých statistických databází.

Analýza samotná je rozdělena na několik samostatných částí. V její první části je porovnáván vývoj postcovidového leteckého odvětví s ostatními druhy dopravy. Tato část je do této práce zařazena především pro porovnání a pochopení souvislostí ve vztahu k vývoji po pandemii covidu-19. Hlavní částí je predikce postcovidového vývoje počtu pasažérů na vybraných letištích a linkách a odhadnutí bodu opětovné obnovy úrovně letecké dopravy. K tomu je využita analýza časových řad, konkrétně odstranění sezónního vlivu, a následně je aplikována regresní analýza. Na závěr této části je aplikován postup testu vhodnosti zvolené regrese pomocí programu MATlab.

Poslední částí analýzy je vyhodnocení vlivu mezi leteckou dopravou a ekonomickými veličinami. Je zde porovnáván vývoj počtu cestujících na vybraných letištích s hodnotou HDP a počty nezaměstnaných v zemích, kde se zkoumaná letiště nacházejí. Pro tuto část je nejprve důležitá analýza závislosti dvou veličin a následně je znovu použita regresní analýza a testy vhodnosti zvolených regresních křivek.

3. Sběr dat a popis použitých postupů

V této kapitole je popsána příprava před samotnou analytickou částí, která se nachází v kapitole číslo 4. Je potřeba najít všechna potřebná data, vybrat letiště a linky. Dále jsou zde podrobněji popsány postupy, které jsou poté přímo aplikovány v průběhu samotné analýzy.

3.1. Získání dat

Nejprve bylo nutné vybrat letiště a linky, které budou zkoumány a se kterými bude celá analýza provedena. K těmto letištím a linkám je potřeba dohledat potřebná data o počtech pasažérů. Dále je nutné získat i další data, která jsou potřebná pro vypracování vybraných analytických metod a postupů.

V postupu této části může nastat problém, že nebude možné dohledat potřebná data v dostatečném množství, případně, že se je nepodaří nalézt vůbec. Ke kvalitnímu provedení analýzy je zapotřebí co nejvíce dat. V ideálním případě by se mělo podařit získat data s časovou frekvencí po jednotlivých měsících. I s kvartálními údaji by se ještě dalo pracovat, i když už by to mohlo znamenat snížení kvality některých výsledků a případné přehlédnutí některých důležitých detailů. Pokud by byla k dispozici pouze roční data, je to bohužel pro kvalitní provedení analýzy nedostatečné.

Dále by bylo vhodné, aby všechna získaná data měla stejný rozsah, aby nedošlo ke zkreslení výsledků. K zajištění dostatečného počtu dat bylo zvoleno období pro úvodní části analýzy, pro které byla data hledána, od začátku roku 2000. Více než dvacetileté období by mělo být dostatečné pro získání vysokého počtu dat a tím pádem i podrobnější a přesnější analýzu. Co se týče koncového období použitých dat, bylo by vhodné, kdyby opět všechny datové řady končily stejným obdobím. V ideálním případě v období, které je co nejbližší datu vypracování samotné analýzy této práce.

3.1.1. Výběr letišť a linek

Nejprve byly na webovém portálu Eurostatu [4] vyhledána data o měsíčním počtu pasažérů na evropských letištích. V této práci je prováděn základní výzkum, a proto byl vybrán pro začátek menší počet letišť. Ze souboru „avia-paoa“, který byl naposledy aktualizován 28.6.2023, bylo následně vybráno pět evropských letišť. Výběr probíhal na základě součtu

měsíčních počtů přepravených pasažérů neboli PAX za určité období. Tímto obdobím bylo zvolen interval mezi lednem 2004 a prosincem 2019. Vybraná letiště představují nejvíce vytížené aerodromy v Evropě, co se počtu cestujících týče.

Vybraná letiště, která za posuzované období přepravila nejvíce pasažérů, jsou následující: Londýn Heathrow (LHR), Paříž Charles de Gaulle (CDG), Frankfurt nad Mohanem (FRA), Amsterdam Schiphol (AMS) a Mezinárodní letiště Adolfa Suáreze, Madrid-Bajaras (MAD). Následně bylo pro každé z těchto letišť vybráno jeho nejvytíženější spojení v rámci Evropy. Tato data byla opět získána z webu Eurostatu [4], tentokráte ovšem ze souboru „avia-par“. Vybraná spojení jsou pro jednotlivá letiště následující: LHR-DUB, CDG-FCO, FRA-TXL, AMS-LHR a MAD-BCN. Letiště, která jsou součástí vybraných spojení, ale nejsou v původní pětici, byla následně také zařazena do výběru. Jedná se o 4 následující letiště: Letiště Dublin (DUB), Mezinárodní letiště Řím-Fiumicino, „Leonardo da Vinci“ (FCO), Berlín-Tegel (TXL) a Barcelona-El Prat (BCN). Ve výběru evropských letišť se tedy nyní nachází 9 letišť.

U leteckého spojení FRA-TXL ovšem nastal problém. Ten se týkal letiště v Berlíně, jelikož letiště Tegel bylo společně s dalším berlínským letištěm Schönefeld v říjnu roku 2020 uzavřeno. V té době již ale bylo v Berlíně otevřeno nově vybudované letiště Berlín-Brandenburg (BER). Toto letiště předpokládám jako nástupnické namísto obou uzavřených letišť. Data pro Berlín od listopadu roku 2020 jsou brána z letiště nového. Tato skutečnost by mohla hrát roli při následném zpracování dat a projevit se ve formě zkreslení výsledků. Už jen fakt, že letiště Brandenburg není nástupnickým letištěm pouze za letiště Tegel, ale hned za dvě různá letiště, by mohl hrát velikou roli. Spojením objemu cestujících z obou uzavřených letišť na letišti BER by totiž měla být k dispozici mírně odlišná data, než kdyby byly počty cestujících převzaty pouze z původního zkoumaného letiště TXL.

Pro letecká spojení mimo Evropu byla použita pouze tři nejvíce vytížená letiště v Evropě, tedy letiště v Londýně, Paříži a ve Frankfurtu. U nich byly určeny jejich nejvytíženější linky do USA a do Asie. Pro směr na americký kontinent se jedná pro letiště LHR a CDG o Mezinárodní letiště Johna F. Kennedyho v New Yorku (JFK) a pro letiště FRA je tímto letištěm chicagské O'Hare (ORD). Směrem do Asie pak jako nejvytíženější spojení vyšlo Mezinárodní letiště v Hong Kongu (HKG) pro LHR a CDG a Pekingské mezinárodní letiště (PEK) pro FRA. Následně bylo rozhodnuto, že průzkum linek na zmíněná letiště v USA a Asii bude proveden pro všechna tři vybraná evropská letiště. Vznikly tedy čtyři trojice linek, a sice pro všechna tři letiště LHR, CDG a FRA na letiště JFK, ORD, PEK a HKG. I tato čtyři letiště byla zahrnuta do zbylého předchozího výběru a budou k nim dohledány potřebné informace. Linky v rámci

Evropy budou zkoumány v obou směrech. Pro transkontinentální linky je ovšem z databáze Eurostatu dostupný vždy pouze směr z Evropy. Tyto linky budou tedy posuzovány pouze jednosměrně.

Ve výběru letišť pro analýzu se tedy aktuálně nachází 13 letišť, přičemž 9 letišť se nachází v Evropě. Americký a asijský kontinent je zastoupen po 2 letištích.

3.1.2. Doplnění potřebných dat PAX

Z již zmíněného souboru „avia_paoa“ byla získána všechna data počtu pasažérů na jednotlivých vybraných letištích od ledna roku 2000 po nejaktuálnější měsíc v roce 2023 (pokud tato data byla k dispozici). Jelikož ale v této databázi nebyla pro všechna letiště dostupná data až po rok 2023, bylo potřeba doplnit zbývající data i z jiných zdrojů. Většinou se podařilo najít výroční nebo měsíčních zprávy, které byly vydávané příslušným letištěm nebo společností provozující dané letiště, tedy na webových portálech Heathrow Our Company [50], Fraport [31], Corporate Berlin [51], Group ADP [52], Aeroporti di Roma [53] a Royal Schiphol Group [54]. To umožnilo u většiny letišť doplnit příslušné počty přepravených pasažérů i za několik dalších měsíců dosud neskončeného roku 2023. Pouze pro letiště v Dublinu, Madridu a v Barceloně nebyl pokus o najití dat v potřebné formě, tedy za jednotlivé měsíce, pomocí výročních zpráv úspěšný, a proto byla u těchto letišť využita pouze data získaná z databáze Eurostatu.

Pro data z neevropských letišť již ovšem nebyla možnost tuto databázi využít, a to z toho důvodu, že se v této databázi prostě nenacházejí. Pro tato letiště se tedy musely počty přepravených pasažérů také dohledávat pomocí výročních zpráv. Data pro letiště v Hong Kongu byla uvedena na webových stránkách samotného letiště [55], pro letiště Johna F. Kennedyho jsou získána z webového portálu Port Authority NY NJ [56] a data pro letiště v Chicagu jsou poté opět z výročních zpráv na webovém portálu chicagských letišť FlyChicago [57].

Počet pasažérů na letišti HKG byl původně uveden v milionech zaokrouhlených na tři desetinná místa, a tak bylo nutné je nejprve vynásobit jedním milionem, aby byla převedena do řádu jednotek. Z tohoto důvodu mohou být následující výsledky pro Hong Kong mírně zkreslené oproti ostatním letištím, jelikož se jedná o jediné letiště, pro které jsou dostupná data zaokrouhlena na celé tisíce. Toto zkreslení by ale nemělo být tak výrazné, aby to znemožnilo s těmito daty nadále pracovat.

Pro letiště v Pekingu nebyla potřebná data ohledně měsíčního počtu pasažérů nalezena. Webové portály, disponující daty v rozsahu, který by byl potřebný pro tuto práci, jsou bohužel všechny placené. Volně dostupné výroční zprávy onoho letiště byly nalezeny na webovém portálu Who's Who [58]. Z těchto zpráv se sice podařilo získat roční počty pasažérů, ovšem tato data nejsou pro následující postup dostačující. Jejich počet je pro provedení důkladné analýzy příliž nízký. Výsledná analýza tak bude muset být provedena bez tohoto letiště.

Kombinací zmíněných zdrojů byla získána potřebná data pro téměř všechna letiště. U některých letišť sice chybí několik dat v průběhu prvních let datového výběru, tedy od začátku roku 2000, přičemž u každého letiště se počet těchto chybějících dat různí, ovšem s jistotou je možné říct, že od ledna roku 2004 jsou pro tuto práci k dispozici počty přepravených pasažérů za jednotlivé měsíce pro všechna letiště. Výjimku tvoří pouze již zmiňovaný Peking. Pro koncovou část sledovaného období je k dispozici nejméně dat pro letiště v Dublinu, kde potřebná data končí prosincem roku 2022. Pro ostatní letiště se podařilo získat poslední data v rozmezí března a června roku 2023.

Stejná situace je i ohledně vybraných letištních dvojic. Pro vyhledání dat vybraných letištních párů bylo využito pouze databáze Eurostat [4] a souboru „Avia_par". Zde v počátku výběru jsou dokonce data k dispozici i pro linky z evropských letišť do Pekingu. Pro evropské páry byla získána čísla přepravených pasažérů mezi těmito letišti pro oba směry alespoň do konce roku 2022. Výjimku tvoří letiště tvořící pár s londýnským Heathrow. Tato data pro lety směrem z Londýna bohužel od roku 2021 nejsou k dispozici. Pro tyto páry (LHR-DUB a AMS-LHR) jsou tedy k dispozici čísla pouze v jednom směru. Velice špatná byla situace s hledáním dat na neevropská letiště v rámci výběru. Tradičně již chyběly počty cestujících z Londýna. U linek do USA se podařilo dohledat alespoň data pro zbylá dvě evropská letiště, ačkoliv pro linku CDG-ORD chybí kompletní data za rok 2020. Těžko říct, jestli v tomto roce neexistovalo přímé spojení mezi těmito letišti nebo jen nejsou data k dispozici.

Pro letištní páry spojující evropská letiště s asijskými dopadl výsledek hledání nejhůře. Tato čísla se podařilo dohledat přinejlepším do konce roku 2020. V některých případech dokonce ani to ne. Tento počet dat pro analýzu postcovidového vývoje není bohužel dostatečný a asijská letiště tak budou muset být z analýzy linek vyřazena, stejně tak i linky obsluhované z letiště Heathrow.

Další zarážející fakt je, že data pro některé evropské páry jsou naprosto identická pro oba směry. Dle mého názoru není možné, aby se tato čísla naprosto shodovala v obou směrech,

a navíc v každém měsíci. Čísla mohou být velice podobná, avšak naprostá shoda ve mně vyvolává podezření na chybovost dat, a to už z prostého důvodu, že ne každý cestující musí pro cestu tam a zpět využít totožný způsob dopravy nebo cestovat zpět po stejné trase. Někteří lidé mohou pro jednu z cest, ať už tam anebo zpátky, zvolit například železnici spojující obě města anebo mohou zpět letět s využitím přestupu na jiném letišti, než přes které původně přiletěli. Z tohoto důvodu bude část analýzy prováděna pouze na datech pro jeden směr příslušné linky.

Výsledkem sběru dat přepravených pasažérů je, že z původního výběru letišť, kterých bylo 13, se konečný počet snížil na 12. Z výběru 17 linek pak vlivem nízkého počtu dat a naprosté shodě dat na evropských linkách zůstalo pouze 9 letištních párů.

3.1.3. Získání potřebných dat ekonomických veličin

Jak již bylo psáno dříve, bylo rozhodnuto, že vliv letecké dopravy na ekonomické veličiny bude posuzován u veličin hrubého domácího produktu a nezaměstnanosti. Data byla v tomto případě hledána pro jednotlivé země za pomoci statistických databází.

Pro Velkou Británii se podařilo najít hodnoty HDP na webovém portálu Office for National Statistics [59]. Tato data jsou uvedena v milionech liber a jejich časovou jednotkou je jeden kvartál. Pro ostatní země Evropské Unie posloužil web FRED Economic Data [60]. I tato data jsou za jednotlivé kvartály, ovšem jejich jednotkou jsou miliony euro. Pro neevropské země se bohužel nepodařilo sehnat data v potřebném rozsahu. Byla nalezena sice data o výši HDP za jednotlivé roky, ovšem těch opět není dostatečný počet na kvalitní provedení analytické části a následné posouzení závislostí. Potřeba by byly hodnoty alespoň za jednotlivé kvartály. Všechna získaná data jsou v rozsahu od začátku roku 2000 po první čtvrtletí 2023.

Hledání dat počtů nezaměstnaných osob bylo mnohem více úspěšné. Nejen že se na webovém portálu CEIC data [61] podařilo získat data všech zemí, tedy pouze s výjimkou Čínské lidové republiky, ale tato data jsou navíc uvedena měsíčně, což poskytuje lepší možnost prozkoumat vzájemné vztahy mezi počtem přepravených pasažérů na jednotlivých letištích a počtem nezaměstnaných v dané zemi. Jediné Irsko mělo na zmíněném webovém portálu dostupná pouze kvartální data. V jeho případě se však podařilo čísla v potřebném rozsahu dohledat pomocí webu Statista [62]. V tomto případě jsou všechna data k dispozici od ledna 2000 po duben 2023.

Aby se s počty nezaměstnaných v jednotlivých zemích lépe pracovalo a bylo možné je lépe porovnávat i mezi sebou navzájem, byly v následujících krocích převedeny na společné jednotky, a to počet nezaměstnaných na 100 000 obyvatel země. Pro tento účel bylo potřeba najít počty obyvatel v jednotlivých zemích. Jelikož se dá předpokládat, že statistické sčítání lidu neprobíhá častěji než jednou ročně, je v tomto případě roční frekvence dostačující. Navíc pro samotnou část postcovidové analýzy bude potřeba pouze rozsah let 2020–2023. Vše potřebné se podařilo najít na webu World Bank [63].

3.1.4. Získání potřebných dat ostatních druhů dopravy

Pro tuto orientační část analýzy bylo potřeba získat data přepravených cestujících pro jiná dopravní odvětví, než je to letecké. Zde bylo opět vše vyřešeno pomocí webového portálu Eurostatu [4], kde byla nalezena potřebná kvartální data pro vlakovou dopravu ze souboru „rail_pa“ a pro dopravu lodní ze souboru „mar_pa“.

Data pro tuto část se bohužel opět podařilo sehnat pouze pro evropské země. Počty přepravených cestujících pomocí vlakové dopravy byly k dispozici od prvního čtvrtletí roku 2004. Pro Nizozemsko dokonce až od posledního kvartálu téhož roku. Proto bude pro sjednocení dat úvodní část analýzy vztahující se k železniční dopravě prováděna až od prvního kvartálu roku 2005. Konečnou část analýzy, která se naopak bude vztahovat k postcovidovým datům, bude možné provést do prvního čtvrtletí letošního roku. Výjimku zde tvoří Velká Británie, pro kterou byla získána data pouze po třetí kvartál roku 2020. Pro lodní dopravu již byla úvodní čísla k dispozici od začátku roku 2000. Dohledání dat ke konci časové řady už bylo bohužel méně úspěšné než pro vlakovou dopravu. Pouze čtyři země měly k dispozici kompletní čísla alespoň po konec roku 2022. U Francie a Itálie končí získaná data o jeden rok dříve a data pro Velkou Británii jsou opět k dispozici pouze do poloviny roku 2020.

3.2. Popis postupu dle metodiky

Po získání všech potřebných dat bylo možné začít se samotnou analýzou. Celá analytická část bude rozdělena na několik částí. První část je zaměřena na rozdílnost postcovidového vývoje mezi různými druhy dopravy. Druhá část bude zaměřena na data k vybraným letištím samotným. V této části bude odhadnuta doba, kdy by v postcovidové době mělo dojít k návratu na úroveň přepravených cestujících v případě bezcovidového vývoje. Následně bude provedena analýza vývoje počtu přepravy cestujících na jednotlivých linkách identifikovaných

v bodě 3.1.1. Poslední části analýzy bude zaměřena na vztah mezi počtem přepravených pasažérů a vývojem ekonomických veličin. Hlavní část této práce bude provedena v programu MS Excel. Pro každou část bude vytvořen samostatný soubor, ve kterém bude analýza prováděna.

Jak bylo popsáno v bodech výše, pro některé části statistiky se nepodařilo získat potřebná data, a proto bude potřeba tyto části buď upravit, nebo zcela vynechat. Kterých částí se to konkrétně týká a jaké přesně budou provedeny úpravy, bude zmíněno na úvod každé části samotné analýzy.

Následující postup bude dělen z pohledu jednotlivých použitých metod. Čtvrtá kapitola, která se věnuje provedení samotné analýzy, pak bude opět dělena podle jednotlivých oblastí, na které se daná část zaměřuje.

3.2.1. Odstranění sezónního vlivu

Tento krok je potřeba vykonat pro data vztahující se k počtům cestujících, ať už na samotných letištích nebo na linkách nebo i ve vlakové a lodní dopravě. Jelikož je ve všech třech druzích dopravy velice silný sezónní vliv a v určité měsíce (většinou v letním období, ovšem závisí to i na poloze daného letiště nebo země) se létá více než v jiných, je potřeba nejprve tuto sezónnost odstranit. Pokud by byl tento krok přeskočen, nebylo by možné určit, zda byl daný vývoj počtu pasažérů způsoben působením vnějšího faktoru nebo jen rozdílností počtu pasažérů v jednotlivých obdobích roku. V postcovidových datech by tak mohl být přehlédnut vliv určitých covidových opatření a omezení, který by mohl být zaměněn za méně vytížený měsíc v roce.

Pro zbavení se sezónnosti bude aplikován postup uvedený v učebnici „Analýza časových řad“ od I. Křivého z roku 2012 [64]. Na úvod je potřeba přiřadit každému časovému úseku pořadové číslo, které znázorňuje jeho časové pořadí ve sledovaném období. V případě kvartální frekvence dat je tímto časovým úsekem jednotlivé čtvrtletí. První kvartál roku 2000 má číslo jedna, první kvartál roku 2003 pak číslo 13 a tak dále až po první čtvrtletí roku 2023 s pořadovým číslem 93. Obdobně se bude postupovat u měsíční frekvence. Leden roku 2000 bude mít pořadové číslo 1, leden roku 2001 pak číslo 13 a tak dále až po prosinec roku 2026 s pořadovým číslem 324. Reálná data končí nejpozději v červnu roku 2023 s pořadovým číslem 282. Pořadová čísla až do roku 2026 byla vybrána pro následující predikci vývoje počtu

přepravených cestujících s ohledem na predikce EUROCONTROL a IATA, které jsou popsané v bodě 1.4.

V dalším kroku je nutné pokračovat pouze s daty před začátkem covidové pandemie, tedy do konce roku 2019. Tato data je potřeba proložit lineární regresí. Pro získání koeficientů regresní přímky pro každý druh dopravy zvlášť bude použit příkaz LINREGRESE. Ten po zadání hodnot časové řady coby hodnot na ose y a pořadového čísla měsíce pro osu x vypočte koeficienty A a B. Ty jsou poté dosazeny do následující rovnice číslo 1 společně s pořadovým číslem kvartálu nebo měsíce jako proměnnou X.

$$Y = A * X + B \qquad (1)$$

Z této rovnice je získána proměnná Y, což je hodnota regrese ve čtvrtletí nebo měsíci X. Po vypočtení této rovnice pro všechny časové úseky je získána regresní přímka. Následně budou data počtu pasažérů vydělena získanou hodnotou regrese pro příslušné období. Pro každou hodnotu je tak získán jakýsi podílový koeficient, jež se pohybuje okolo hodnoty 1. Z tohoto koeficientu je poté vypočítán průměrný koeficient pro každý kvartál nebo měsíc kalendářního roku. Jedná se o průměrnou hodnotu všech dat za jednotlivé kvartály či měsíce, tedy součet hodnot koeficientů pro všechna stejná časová období vydělený jejich počtem. Analogicky bude postupováno u ostatních čtvrtletí nebo měsíců. Konkrétně to znamená, že například budou sečteny všechny hodnoty podílového koeficientu pro první kvartály a poté bude tento součet podělen jejich počtem. Následně už zbývá udělat poslední krok pro vyhlazení původních dat, a to podělit původní data, včetně dat po roce 2019, jednotlivými průměrnými koeficienty. Tímto postupem jsou získána data s odstraněným sezónním vlivem pro všechny zkoumané druhy dopravy.

Další část práce se bude týkat pouze vyhlazených postcovidových dat. Všechny veličiny je potřeba převést na společné jednotky. Nejvhodnější jednotkou bude pro všechny druhy dopravy jejich procentuální úroveň postcovidového vývoje oproti odhadu předpokládaného bezcovidového vývoje. Jelikož postcovidová data zahrnují období, kdy počty pasažérů klesají a naopak stoupají, a tato dvě období nejsou v jednom grafu rozeznatelná, a přitom by se při porovnání výsledků mohla navzájem ovlivňovat, budou data nejprve rozdělena na část, kdy letecká doprava má vlivem covidu klesající tendenci, a na část, kdy naopak roste vlivem obnovení provozu. Předělovým bodem bude určen kvartál, ve kterém dojde k přechodu mezi klesáním a růstem.

Poté budou vytvořeny 2 grafy pro každé letiště. Tyto grafy budou rozděleny podle druhu dopravy, která je porovnávána s leteckým odvětvím. V grafech budou vidět jak období klesání, tak i období růstu. Jednotlivé body budou mezi sebou spojeny linií určující časový průběh od začátku pandemie po konce dat. Následně budou tyto grafy porovnány a vyhodnoceny.

3.2.2. Odhad postcovidového vývoje leteckého provozu

Cílem této analytické části je určit, ve kterém období dojde k obnově leteckého provozu, který byl výrazně utlumen vlivem covidové pandemie především na začátku roku 2020. Jak je zmíněno v první kapitole této diplomové práce, porovnání úrovně obnovy provozu na vybraných letištích a linkách nebude prováděno oproti roku 2019, jak je to prováděno ve všech dostupných pramenech. V této práci bude provoz po začátku pandemie porovnáván s úrovní, na kterou by se letecká doprava podle předpokladů dostala, pokud by žádná koronavirová krize nenastala. Tento odhad bude zastoupen trendem předcovidových dat. Tento účel splňují lineární regrese, které byly vypočteny podle postupu popsaného v předchozím bodě 3.2.1.

Analýza bude prováděna zvlášť pro část se samotnými letišti a také pro jednotlivé linky mezi nimi. Dá se předpokládat, že postup bude pro obě části stejný nebo přinejmenším velice podobný. Výsledkem této části by měl být odhad, kdy a v jakém rozsahu dojde k úplné obnově letecké dopravy pro počet přepravených cestujících na vybraných letištích a linkách.

Prvním krokem je určení okamžiku započetí obnovy letecké dopravy. Jedná se o měsíc nebo kvartál, od kdy je patrné, že zkoumaný druh dopravy začíná opět narůstat. Tato část dat bude opět proložena regresní křivkou. V tuto chvíli ještě není úplně možné říct, zdali bude vhodné použít lineární regresi nebo nějakou jinou, například regresi polynomickou. To bude záviset na tvaru vyhlazených dat, jestli porostou přibližně lineárně nebo jestli se rychlost nárůstu počtu pasažérů bude postupně zvyšovat či naopak snižovat. Vhodnost zvolené regrese bude následně zkontrolována. Použitá metoda kontroly vhodnosti regresní křivky je popsaná v bodě 3.2.4.

Na závěr bude porovnán vývoj jednotlivých regresí postcovidového vývoje počtu přepravených pasažérů s předpokládaným vývojem, pokud by nenastala covidová krize. Pro obě regresní křivky bude nejprve dopočítán jejich vývoj až do prosince roku 2026, čímž bude získán přesnější odhad jejich vývoje. Porovnáním rovnic obou regresních křivek bude vypočten průsečík obou regresí. Tento průsečík značí bod obnovy úrovně letecké dopravy. Z výsledných časových bodů, kdy k obnově letecké dopravy dojde, bude udělán intervalový odhad. Tímto

odhadem se určí interval, ve kterém by mělo dojít k obnově provozu na jednotlivých letištích. K vypočtení intervalového odhadu bude využita následující rovnice číslo 2:

$$m_{1,2} = \bar{x} \pm \frac{s}{\sqrt{n}} \times q \qquad (2)$$

kde $\bar{x}$ značí průměr, s značí směrodatnou odchylku, n je počet hodnot a q je kvantil, což je hodnota určité pravděpodobnosti chyby, s jakou je prováděn odhad intervalu. Přesný postup provádění tohoto odhadu je popsán na webu cit.vfu.cz [65].

3.2.3. Analýza závislosti dvou veličin

Tato část je prováděna pro srovnání různých druhů dopravy, a především pro část porovnání letecko-provozních a ekonomických veličin. V této části je cílem porovnat vývoj zkoumaných veličin během covidové pandemie a nalézt případnou korelaci. Je možné, že některé veličiny spolu nebudou mít žádnou souvislost. To by se patrně projevilo odlišným vývojem křivek těchto veličin vykreslených do grafu. V takovém případě by nebyla potřeba další analýza.

Pokud tomu tak nebude a vývoj křivek bude skutečně podobný, bude provedena následně analýza postcovidové části dat. V takovém případě bude potřeba si všechny jednotlivé veličiny převést na společné jednotky pro všechny země. V případě HDP by takovou jednotkou bylo HDP na obyvatele. Také by bylo potřeba tuto hodnotu převést na společnou měnu. Jelikož je Velká Británie jedinou zemí, pro kterou byla dostupná data v librách, bude nejjednodušší její hodnoty převést na eura, čímž bude sjednocena měna pro všechny země.

Obdobně bude postupováno i u počtu nezaměstnaných. Jednotlivé hodnoty budou převedeny na společnou jednotku, kterou bude počet nezaměstnaných na 100 000 obyvatel. K tomuto kroku jsou k dispozici počty obyvatel v jednotlivých zemích.

Poslední veličinou, kterou je potřeba převést na stejnou jednotku, jsou počty cestujících v jednotlivých odvětvích dopravy. Určení společné jednotky pro tuto veličinu je poněkud horší, jelikož některá čísla se pohybují v řádech milionů a některá jsou pouze v řádech desítek tisíc. Nakonec bude nejlepší volbou převést jednotlivé měsíční nebo kvartální hodnoty na procentní úroveň odhadovaného vývoje, pokud by nenastala covidová pandemie. Následně budou hodnoty pro období od začátku covidu, tedy od ledna roku 2020 respektive prvního kvartálu stejného roku, poděleny hodnotou bezcovidového trendu ve stejném čase a poté vynásobeny

hodnotou 100. Tím bude získáno procento postcovidového vývoje oproti vývoji bezcovidovému.

Na závěr budou vložena takto získaná data pro všechna letiště do bodových grafů, kdy na osu X budou vykresleny hodnoty HDP, nezaměstnaní a lodní nebo vlaková doprava. Na osu Y budou zaneseny procentuální počty přepravených pasažérů v letecké dopravě. Všechny jednotlivé veličiny budou proloženy vhodnými regresními křivkami a jednotlivé body budou spojeny chronologicky od počátku krize po současnost. Výsledné grafy budou následně porovnány.

Poslední částí této analýzy bude statistický test závislosti. Tato část bude provedena v programu MATlab R2023a společně s testy vhodnosti zvolených regresních přímek, které jsou popsané v následujícím bodě.

Nejprve je potřeba načíst potřebná data pomocí příkazu „readtable“. Pro porovnání vývoje bude použit stejný rozsah dat jako u vytváření regrese. Z načtených dat budou vytvořeny potřebné proměnné, například vektor FRA jako počet pasažérů letiště Frankfurt o velikosti jednoho sloupce a počtu řádků shodných s počtem měsíčních, respektive kvartálních dat.

K otestování statistické závislosti slouží tři testy. Prvním testem je podle učebního textu na webu staff.utia.cas.cz [66] test Pearsonův. Tento test je vhodný pro lineární data a je u něj vyžadováno normální rozdělení obou datových řad.

„Normální rozdělení pravděpodobnosti (normal probability distribution) je spojité rozdělení pravděpodobnosti, které popisuje celou řadu veličin, jejichž hodnoty se symetricky shlukují kolem střední hodnoty a vytvářejí tak charakteristický tvar hustoty pravděpodobnosti, která je známá také pod pojmem Gaussova křivka.“ Portal.matematickabiologie.cz [67]

Druhým testem je podle webu cit.vfu.cz [68] Spearmanův test, který je vhodný pro prostou křivku, tedy takovou, která buď pouze stoupá, nebo pouze klesá. U tohoto testu není potřeba provádět test normality. Posledním testem je F-test, který se používá pro všechny zbylé případy, není-li možné využít předchozích dvou testů. I tento test je popsán na příslušné stránce webu cit.vfu.cz [69].

Podle tvaru dat a předpokládaného druhu regrese bude zvolen příslušný test. Pokud by byl zvolen Pearsonův test, bude potřeba nejprve otestovat normalitu jednotlivých dat. Do testu normality budou dosazeny příslušné proměnné pro X a Y. Z výstupních proměnných bude potřeba sledovat hodnoty *pnormx* a *pnormy.* U tohoto testu je takzvaná nulová hypotéza neboli

H0 taková, že data mají normální rozdělení. Aby bylo možné hypotézu zamítnout, musely by proměnné *pnormx* a *pnormy* vyjít velice malé. Obecně se testy dělají na určité hladině významnosti.

„Hladina významnosti je pravděpodobnost, že se zamítne nulová hypotéza, ačkoliv ona platí. Pochopitelně se tato hodnota volí velmi malá, jak již bylo řečeno, nejčastěji 0,05 nebo 0,01.“ Homel.vsb.cz [70]

Hodnota 0,05 odpovídá hladině významnosti 5 %, která se užívá nejběžněji. Pro zamítnutí nulové hypotézy by tedy musely výsledné p-hodnoty vyjít menší. Pokud budou výsledné hodnoty *pnormx* a *pnormy* vyšší, je možné dále pokračovat s Pearsonovým testem. Pokud ovšem budou nižší, bude potřeba přejít na test Spearmanův. U těchto testů je posuzována výstupní hodnota *pnez*, která bude porovnána s nulovou hypotézou. Ta v tomto případě zní, že data jsou nezávislá. Jelikož v této práci, a především v části, ve které bude porovnávána letecká doprava a ekonomické veličiny, je posuzována vzájemná závislost těchto veličin, je v takovémto případě nutné, aby data vyšla jako závislá, tudíž, aby hodnota *pnez* vyšla menší nežli zmíněných 5 %. Tímto by byla prokázána statistická závislost dat. Pokud by tomu tak nebylobylo by potřeba případně změnit hladinu významnosti, na které budou daná data posuzována. Například na hodnotu hladiny významnosti 10 %.

3.2.4. Test vhodnosti regresní přímky

Všechny výsledky analytické části budou záviset na správném zvolení vhodných regresních křivek. Především u těch, které se budou týkat odhadu obnovy letecké dopravy, budou zvolenou regresní křivkou silně ovlivněny. Je tedy potřeba jejich vhodnost zkontrolovat. Testem vhodnosti regrese by se mělo zabránit chybnému vyhodnocení regrese. Tato část bude prováděna společně se statistickými testy závislosti dat.

K samotnému výpočtu vhodnosti zvolené regresní křivky bude použita funkce *fitlm*, která kromě jiného uvádí i p-hodnoty pro hypotézy, že regresní koeficient, ať už jde o absolutní, lineární nebo kvadratický, by měl být roven 0. Je důležité posoudit výslednou p-hodnotu především u neabsolutních koeficientů regrese. V rámci jednoho skriptu bude zapsán test pro lineární i kvadratickou regresi zároveň, aby nebylo nutné jeden test spouštět dvakrát.

Pro každý model bude získán výsledek v podobě tabulky, ze které je nejdůležitější sloupec označen pValue. Tento sloupec obsahuje potřebné p-hodnoty. Pokud budou tyto výsledné

hodnoty menší než 5 %, bude možné zamítnout původní nulovou hypotézu a říci, že je zvolená regrese na hladině významnosti 5 % vhodná.

Všechny příkazy z této části i z části předchozí jsou popsány v příloze D.

4. Provedení analýzy

V této kapitole budou aplikovány postupy, které jsou uvedeny v předchozí kapitole v bodě 3.2. na konkrétních datech popsaných v bodě 3.1. Jelikož postup všech částí této analýzy bude totožný pro všechna letiště, bude v každé části prezentován pouze postup a výsledky pro jedno konkrétní letiště. Byl vybrán německý Frankfurt. Výsledky pro ostatní letiště budou následně porovnávány v diskusi.

4.1. Porovnání letecké dopravy s ostatními

V této podkapitole je prováděno srovnání vývoje různých druhů dopravy od počátku covidové pandemie. Pro tento účel jsou k dispozici kvartální data pro železniční a lodní dopravu souhrnně pro každý evropský stát, ve kterém se nachází posuzovaná letiště. Pro státy mimo Evropu se nepodařilo získat dostatečné množství potřebných dat. Ani pro Velkou Británii nebyla k dispozici data v takovém množství, aby mohla být analýza provedena. A proto bude tato část analýzy provedena pouze pro oblast kontinentální Evropy. Počátek získaných dat vlakové dopravy u všech letišť se nachází v prvním kvartálu roku 2004. U dopravy lodní pak všechna data začínají v prvním čtvrtletí roku 2000. Konečná data se pohybují mezi 4. čtvrtletím roku 2022 a prvním kvartálem 2023. Výjimku tvoří data pro lodní dopravu ve Francii a v Itálii, která končí s rokem 2021. To může vést ke zhoršení kvality výsledků analýzy.

Nejprve byla všechna data načtena do jednoho souboru. S každým letištěm bylo pracováno zvlášť na samostatných listech v daném souboru. Poté byly vývoje všech druhů dopravy porovnány proti sobě pomocí dvou grafů, kde byly vedle sebe vykresleny počty přepravených cestujících na letišti ve Frankfurtu a počty pasažérů přepravených pomocí vlakové nebo lodní dopravy v Německu.

U všech druhů dopravy byl patrný pokles počtu cestujících po vypuknutí pandemie. Navíc bylo možné vidět, že všechny druhy dopravy jsou ovlivněny jistou sezónností. U dopravy pomocí vlaku nebyl tento sezónní vliv patrný tolik, ovšem u dopravy po vodě je ze všech tří způsobů přepravy nejvíce viditelný. Z tohoto důvodu bylo nejprve nutné získaná data o tuto sezónnost vyhladit. Aplikován byl postup, který je popsaný ve třetí kapitole.

Další postup byl totožný pro všechny druhy dopravy. V první fázi analýzy bylo pracováno pouze s daty před covidovou pandemií, tedy od počátku dat do konce roku 2019. Tento rozsah

byl vybrán pro přesnější vyhlazení sezónního vlivu. Pomocí funkce LINREGRESE byly dopočítány koeficienty regresní přímky původních dat ve zmíněném rozsahu. Správnost výsledků této funkce bylo možné si ověřit ve vykresleném grafu původních dat pomocí funkce *lineární spojnice trendu* a následném zobrazení její rovnice. Koeficienty zobrazené rovnice byly shodné s vypočtenými hodnotami. Tyto koeficienty byly následně dosazeny do rovnice (1) a vznikly tak 3 rovnice v následujících tvarech:

$$Y = 74\,962{,}81 * X + 10\,800\,976 \qquad (3)$$

$$Y = 3\,634{,}11 * X + 448\,894{,}45 \qquad (4)$$

$$Y = 3{,}31 * X + 4\,970{,}57 \qquad (5)$$

Rovnice (3) je pro výpočet regrese letecké dopravy, (4) slouží pro vlakovou dopravu a (5) vyjadřuje dopravu lodní.

Z těchto rovnic byl následně dopočítán celý průběh regrese postupným dosazením jednotlivých pořadových čísel kvartálů na místo X. Pomocí těchto dopočítaných hodnot byl získán podílový koeficient a z něj průměrné koeficienty pro jednotlivé kvartály. Těmito koeficienty byla nakonec vydělena původní data, čímž byla získána data vyhlazená o sezónní vliv. Tato data byla následně zanesena do grafu.

V další fázi bylo potřeba pracovat naopak pouze s postcovidovými daty. Ta by měla být porovnávána s trendem vývoje dat před začátkem covidu. Tento trend ukazující, jak by se jednotlivé druhy dopravy podle předpokladu vyvíjely, kdyby nenastal Covid, je zastoupen právě vypočtenou regresní přímkou. Ovšem po posouzení původních dat bylo rozhodnuto, že tímto trendem nebude původně vytvořená regresní přímka od počátku dat, ale křivka nově vytvořená s počátkem v pozdější době. Počátek nové regresní křivky byl zvolen do počátku roku 2014. Důvodem pro tento krok bylo, že po tomto roce se velice často měnil průběh vývoje a regresní křivka vytvořená od tohoto bodu je velice často hodně odlišná od té původní. Postup pro výpočet nové regresní přímky byl naprosto stejný, jako při výpočtech regrese původní.

Následně bylo nutné si všechna data převést na společné jednotky. Pro všechny druhy dopravy byla zvolena jednotka procentuální úrovně postcovidové části dat oproti předpokládanému bezcovidovému vývoji. Ten je nově zastoupen právě vypočtenou regresí z dat mezi lety 2014 a 2019. Podílem vyhlazených dat a regresních křivek a poté vynásobením hodnotou 100 byly získány požadované procentuální hodnoty.

Aby bylo možné lépe porovnat rozdílnost všech druhů doprav v postcovidovém období, byla data rozdělena na dvě menší části. První z nich je období, kdy počty pasažérů klesají vlivem pandemie a omezování provozu. Druhou částí pak je opětovný růst těchto veličin. Jako předělový bod mezi těmito částmi byl určen kvartál, který je prvním kvartálem, od kterého můžeme říci, že nastal postcovidový růst letecké dopravy. Tímto předělovým kvartálem je poslední čtvrtletí v roce 2020 pro letiště nacházející se ve Francii a ve Španělsku. Těmito letišti jsou CDG, MAD a BCN. Pro ostatní letiště a země tento bod zlomu nastává o kvartál později, tedy v prvním čtvrtletí v roce 2021.

Byly vytvořeny grafy na obrázcích 5 a 6, které se nacházejí v 5. kapitole této práce. Každý graf znázorňuje srovnání procentuálního vývoje počtu přepravených pasažérů na letišti ve Frankfurtu s jinými druhy dopravy v Německu. Byly do něj zaneseny obě části, jak klesající, tak i rostoucí. Jednotlivé body byly proloženy lineární regresí a následně byly všechny propojeny čarou v chronologickém pořadí.

V poslední fázi této části byly provedeny testy nezávislosti veličin a také test vhodnosti regrese v programu MATlab. Jelikož zvolenou regresí je regrese lineární, je na místě předpoklad, že by nejvhodnějším testem byl Pearsonův test, ovšem pro ten je nejprve nutné posoudit normalitu dat. P-hodnoty pro testy normality mezi letištěm ve Frankfurtu a vlakovou dopravou v Německu vyšly vyšší, než ve třetí kapitole popisovaná hladina významnosti 5 %. Tím se potvrdila normalita dat a je tedy možné použít Pearsonův test. Pro porovnání s lodní dopravou však jedna z hodnot vyšla nižší, a proto musela být nulová hypotéza testu o normalitě dat zamítnuta. V tomto případě byl následně použit test Spearmanův. Toto byla jediná výjimka, kdy se nepotvrdila normalita dat. Pro všechna ostatní zkoumaná letiště byla již normalita dat potvrzena a bylo tedy možné pro test nezávislosti použít Pearsonův test.

Pro testy nezávislosti vyšla p-hodnota téměř ve všech případech menší než 5 %, čímž byla prokázána statistická závislost posuzovaných dat. Jedinými případy, kdy závislost nebyla prokázána, byl vztah letecké a lodní dopravy ve Francii a v Itálii. V obou případech to ovšem nejspíše bylo způsobeno nižším počtem dat lodní dopravy v těchto zemích.

Na závěr této fáze byl proveden samotný test vhodnosti regrese. Jako výstup tohoto testu byla získána tabulka, jejíž ukázka pro regresi mezi pasažéry na letišti ve Frankfurtu a cestujícími vlakem v Německu je na obrázku číslo 4.

```
model1 =
Linear regression model:
    y ~ 1 + x1

Estimated Coefficients:
                   Estimate      SE       tStat       pValue
                   ________    ______    _______    _________

    (Intercept)     -29.48     10.893    -2.7062     0.035282
    x1              1.1006     0.1536     7.1653    0.00037301


Number of observations: 8, Error degrees of freedom: 6
Root Mean Squared Error: 7.18
R-squared: 0.895,  Adjusted R-Squared: 0.878
F-statistic vs. constant model: 51.3, p-value = 0.000373
```

Obrázek 4 - Výstup funkce fitlm pro lineární regresi v programu MATlab pro letiště Frankfurt a vlakovou dopravu v Německu

Z výstupní tabulky jsou potřebné především 2 sloupce. První je sloupec s názvem „Estimate“. V něm se nacházejí vypočítané hodnoty koeficientů posuzované regrese. Druhým a nejvíce důležitým sloupcem je sloupec s označením „pValue“. Ohledně této hodnoty bylo již v této práci psáno v části 3.2.4. Na obrázku č 4. je možné vidět, že p-hodnoty obou koeficientů vyšly menší než požadované hodnota, a proto tedy můžeme říct, že zvolená lineární regrese pro vztah mezi počtem pasažérů na letišti ve Frankfurtu a počtem cestujících vlakovou dopravou v Německu je vhodná.

4.2. Predikce pro vývoj počtu přepravených pasažérů

Účelem této podkapitoly je predikovat budoucí vývoj přepravených počtů cestujících na vybraných letištích a na linkách mezi nimi. Jak už bylo psáno ve třetí kapitole, byl pro téměř všechna letiště nalezen dostatečný počet dat. Výjimku tvořilo letiště v Pekingu, pro které se podařilo dohledat pouze data s roční frekvencí, což není dostatečné. Z tohoto důvodu je v následujícím postupu toto letiště vynecháno. Počátečním měsícem pro analýzu byl zvolen leden 2004. Od tohoto měsíce jsou k dispozici data pro všechna letiště.

Co se týče počtu pasažérů na jednotlivých linkách, tak jsou k dispozici data mezi evropskými letišti. Jak už bylo zmíněno v bodě 3.1.2, byla tato data z neznámých důvodů často totožná pro oba směry linky, což vyvolává otázky ohledně správnosti dat. Analýza tedy bude provedena vždy pouze pro jeden směr. Dále budou muset být z analýzy vyřazeny všechny letištní páry zahrnující asijská letiště a londýnské Heathrow, a to opět z důvodu nízkého počtu dat v období po vypuknutí pandemie.

Do samostatných listů byla načtena data pro letiště ve Frankfurtu a příslušnou linku Frankfurt-Berlín. Načtená data obsahují následující údaje: rozepsané měsíce, jejich pořadová čísla a počty přepravených pasažérů za jednotlivé měsíce. Jako první krok byla data zanesena do grafu.

4.2.1. Vývoj na linkách

Po vizuální stránce bylo patrné, že vývoj počtu pasažérů na letištích vypadal pro všechna letiště velmi podobně, zatímco vývoje přepravených cestujících na jednotlivých linkách se ve svém průběhu poměrně výrazně lišily. Když byly zmíněné grafy proloženy lineárními přímkami trendu, bylo vidět, že u některých linek, například LHR-DUB nebo MAD-BCN, měla tato přímka dokonce sestupnou tendenci. Z tohoto důvodu bylo rozhodnuto, že pro odhad vývoje na jednotlivých linkách bude použita jiná metoda, než která je popisována v rámci bodu 3.2.2.

Zvolený postup se zakládal především na vizuální podobě vývoje při porovnávání jednotlivých vykreslených linek. Pro tento krok bylo nejprve nutné si všechna data linek převést na stejné jednotky. V první fázi bylo ale nejprve nutné se opět zbavit sezónnosti dat. Tato fáze se zatím ještě nelišila od postupu popisovaného ve třetí kapitole. V dalším kroku pak byla ještě dopočítána regrese pro data mezi roky 2014 a 2019. Důvod tohoto kroku je popsán v rámci bodu 4.1.

Od tohoto okamžiku se již postup oproti původně popisovanému a plánovanému liší. V další fázi již byla používána jen data postcovidová. Pro převedení na společné jednotky bylo opět rozhodnuto využít procentuální vývoj dat oproti předpokládanému bezcovidovému vývoji. Procenta pro jednotlivé měsíce byla dopočítána.

Nakonec byl do grafu zanesen časový vývoj vypočítaných procentuálních hodnot. Celkově byly vytvořeny čtyři grafy, které byly rozděleny podle typu zkoumaných linek. Tyto grafy je možné vidět v rámci páté kapitoly a v příloze E.

4.2.2. Vývoj na letištích

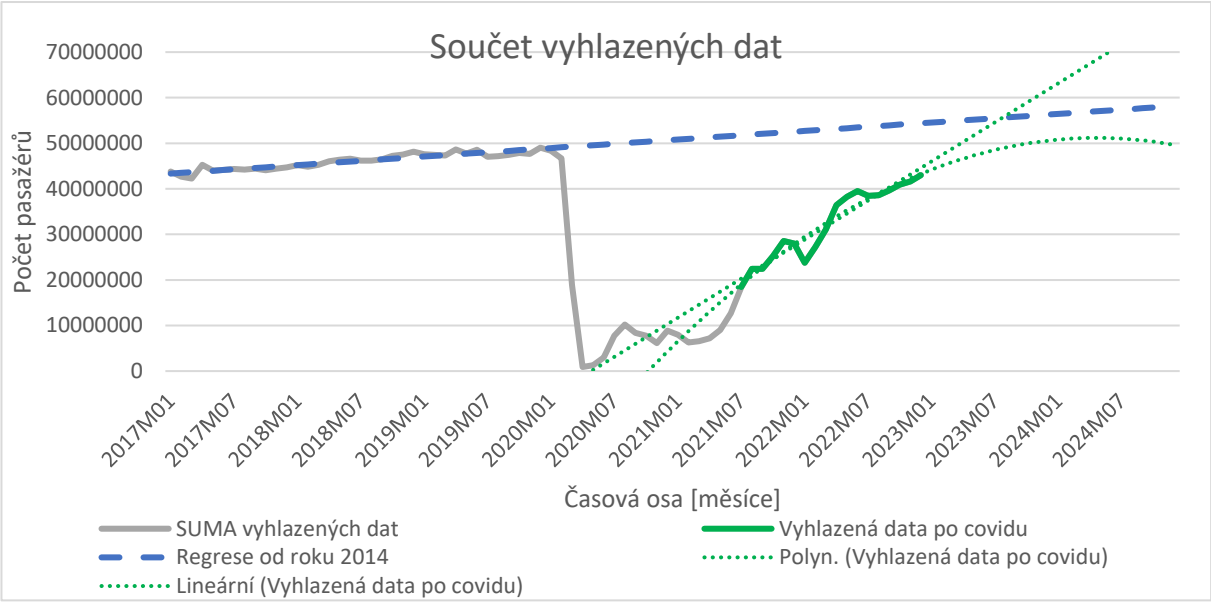
V úvodní části této fáze byl postup nejprve shodný s postupem vyhodnocování vývoje na jednotlivých linkách. Nejprve byl vyhlazena data o sezónní vliv a dopočítána regrese od roku 2014. V další fázi už se však postup oproti předchozí části odlišuje. Vyhlazená data pro postcovidovou část byla nejprve zanesena do grafu, ze kterého bylo patrné, že rychlost

nárůstu přepravených pasažérů v době po covidu začala v posledních měsících klesat. Bylo zapotřebí se tedy nejprve pokusit určit vývoj této křivky a nejvyšší rychlost jejího nárůstu. V této fázi bylo pracováno se všemi letišti dohromady. Byla vypočítána suma vyhlazených dat pro všechna letiště. Jelikož kompletní data pro všechna letiště byla pouze v období mezi lednem 2004 a prosincem 2022, bylo v této části použito pouze toto období. Vypočítané hodnoty byly následně zaneseny do grafu. Z tohoto součtu byla ještě vyloučena letiště v Hong Kongu a v Chicagu, jelikož ta se svými vývoji trochu lišila od ostatních letišť, což by mohlo výrazně ovlivnit získaný výsledek. Poté byla pro takto vzniklou křivku opět vytvořena regresní přímka ze součtu dat od roku 2014 do roku 2019.

Následně byla vzata pouze sečtená postcovidová data, která byla zanesena do grafu. Z těchto dat byl určen bod, ve kterém je již možné bezpečně říct, že pro křivku součtu vyhlazených dat i pro každou křivku letiště zvlášť již začal opětovný nárůst pasažérů. Tímto bodem byl určen červenec v roce 2021. Jelikož je patrné, že se vývoj křivky mění, bylo tentokrát rozhodnuto proložit data kvadratickou regresí namísto lineární. Opět byly pomocí příkazu *LINREGRESE* určeny koeficienty následující rovnice, tentokrát ovšem pro výpočet paraboly:

$$Y = A * X^2 + B * X + C \qquad (6)$$

kde hledanými koeficienty jsou „A, B a C“.



Obrázek 5 - Graf součtu vyhlazených dat s přidanými regresemi

Do grafu na obrázku číslo 5 pak byla vynesena sečtená postcovidová data. Pomocí funkce *spojnice trendu* byla znázorněna zvolená polynomická regrese pro vybraná data od července

2021. Je patrné, že právě od července 2021 už počty pasažérů nijak zvlášť neklesají. Proto byl zvolen jako počátek obnovy růstu postcovidových dat pro všechna letiště. Data od tohoto měsíce, na který je následně prováděna analýza, jsou v tomto grafu zvýrazněna zelenou barvou. Pro porovnání byla do grafu zanesena i lineární regrese a také regrese předcovidových dat od roku 2014, která je vykreslena modrou přerušovanou čarou a znázorňuje předpokládaný bezcovidový vývoj.

Z grafu je patrné, že vzniklá parabola neproťala vytvořenou regresi z předcovidového období. Naopak od určitého bodu se opět začínají její hodnoty snižovat. Byl tedy učiněn pokus určení bodu nejvyššího nárůstu této křivky. K tomu byl použit rozdílový graf, tedy takový, že od vybraných dat postcovidového období byla vždy odečtena hodnota z předcházejícího měsíce. Při vykreslování bylo očekáváno, že vznikne graf přibližně odpovídají tvaru kopce. V bodě vrcholu takto vzniklého grafu by se dalo říci, že v tomto období je nárůst obnovy počtu pasažérů po covidu nejvyšší. Vykreslení tohoto grafu je vidět na obrázku č.6. Jak je z tohoto obrázku patrné, původní předpoklad tvaru rozdílového grafu nevyšel. Graf bohužel vypadá úplně jinak, a tak byl následně tento směr analýzy opuštěn.

Obrázek 6 - Rozdílový graf

Dalším krokem byla práce s daty pro jednotlivá letiště zvlášť. Byla vypočítána polynomická regrese podle postupu popsaného výše z dat začínajících v červenci roku 2021. Byla tak získána parabola pro všechna letiště ve výběru. Vrchol této paraboly se nachází přibližně v období, ve kterém končila dostupná data. Polynomická regrese ovšem ani v tomto případě neproťala lineární regresi z předcovidových dat počítanou od roku 2014. V mnohých případech dokonce neproťala ani původně počítanou regresi od počátku dat, která má většinou mírnější

průběh. Jedinými výjimkami ve vývoji paraboly byly letiště HKG a ORD, ale už dříve bylo popisováno, že tato letiště mají celkově mírně odlišný průběh počtu přepravených cestujících než ostatní.

Tato letiště byla tedy pro další postup vyřazena. Stejně tak bylo vyřazeno i letiště JFK, jelikož se jedná o jediné zbývající letiště, které se nenachází v Evropě. Tímto krokem vznikl čistě evropský výběr letišť, se kterým bude pracováno i nadále.

Vrcholy vzniklých parabol by se daly považovat za bod, kdy došlo k ukončení obnovy letecké dopravy z covidového šoku. Bylo rozhodnuto pro každé letiště vypočítat souřadnice vrcholu paraboly, aby se určilo, ve kterém bodě k tomuto ukončení dojde. K tomu byl využit následující vzorec:

$$V = \left[-\frac{B}{2A}; C - \frac{B^2}{4A}\right] \qquad (7)$$

Kde koeficienty A, B a C odpovídají koeficientům z rovnic jednotlivých parabol.

Pro každou parabolu byla získána nezaokrouhlená hodnota, odpovídající pořadovému číslu určitého měsíce, ve kterém by mělo dojít k nejvyššímu přiblížení postcovidového vývoje s tím bezcovidovým. Druhá vypočtená hodnota odpovídá odhadovanému počtu pasažérů v tomto měsíci. Z porovnání hodnot pasažérů lineární a polynomické regrese bylo následně určeno odhadované procento značící úroveň, na kterou se dané letiště maximálně vrátí s ohledem na vývoj pasažérů, pokud by nenastala covidová pandemie. Pro letiště ve Frankfurtu vrchol paraboly vyšel na souřadnicích 289,71 a 5 092 568,83. Tyto hodnoty znamenají, že pro letiště ve Frankfurtu dojde k odhadovanému ukončení obnovy v průběhu měsíce s pořadovým číslem 290, což odpovídá únoru roku 2024. A ve vypočteném okamžiku bude odhadovaný počet přepravených cestujících za tento měsíc přibližně o 100 000 cestujících vyšší než hodnota 5 milionů.

Vypočtené vrcholy parabol i hodnoty odpovídající lineární regresi ve stejném čase byla pro všechna letiště zanesena do tabulky číslo 1, která je součástí kapitoly číslo 5. Do této tabulky byla zároveň zapsána vypočítaná procenta, jakých vrcholy vzhledem k bezcovidovému vývoji dosáhly. Z tabulky byl následně vykreslen graf, který je možné vidět na obrázku číslo 13 v páté kapitole.

Pro vypočítané hodnoty času i procent byly následně pomocí funkcí *PRŮMĚR* a *SMODCH* vypočítány aritmetický průměr a směrodatná odchylka jednotlivých veličin. Získaná průměrná

hodnota pro pořadové číslo měsíce vyšla 287,27 a pro procenta obnovení letecké dopravy pak 81,33 %. Směrodatné odchylky potom vyšly 5,79 pro pořadové číslo měsíce a 7,3 pro procenta. I tyto hodnoty jsou zapsány do tabulky 1.

Následně byly ze získaných hodnot průměrů a směrodatných odchylek vypočítány meze intervalového odhadu. Pro hodnoty, které byly pro tuto část k dispozici, je předpokládáno normální rozdělení, a proto byla k jeho výpočtu zvolena rovnice číslo 2 uvedená v bodě 3.2.2. Za průměr a směrodatné odchylky byly dosazeny vypočtené hodnoty. Jako n byl dosazen počet hodnot. V tomto případě číslo 9, jelikož byl tento odhad prováděn pouze pro letiště z evropské oblasti.

Vynásobením podílu směrodatné odchylky a odmocniny z počtu dat konkrétním kvantilem by měl být získán intervalový odhad o určité pravděpodobnosti. V tomto případě byl zvolen kvantil o hodnotě 1,96, která byla nalezena jako tabulková hodnota pro 97,5% interval normovaného normálního rozdělení. Díky tomuto kroku byl získán oboustranný intervalový odhad s pravděpodobností 95 %.

Intervalový odhad pro období, kdy dojde k ukončení obnovy letecké dopravy na letištích byl vypočítán jako interval mezi 283,49 a 291,06. Po zaokrouhlení na čísla 283 a 291 odpovídají tato čísla časovému období mezí měsíci červencem v roce 2023 a březnem v roce 2024. Pro procento obnovení letecké dopravy vyšly meze intervalového odhadu mezi 76,56 % a 86,10 %.

V případě vyřazených letišť z výběru, která se nacházejí mimo Evropu, byly pouze dopočítány hodnoty, kterých tato letiště podle predikce dosáhnou oproti předpokládanému bezcovidovému vývoji. Z důvodu malého počtu těchto letišť ve výběru však již nelze provádět predikci pro větší oblast. Letištěm, které by mělo mít podle předpovědi nejvíce podobný vývoj s těmi evropskými je newyorské letiště JFK. Vypočtením vrcholu paraboly podle vzorce (7) bylo zjištěno, že ukončení obnovy by mělo nastat v říjnu letošního roku, přičemž úroveň počtu pasažérů by měla dosáhnout oproti té bezcovidové hodnoty 92,28 %. Podobný parabolický průběh by mělo mít také ještě Chicagské O'Hare. U tohoto letiště je už ale regresní parabola mnohem více zploštělá. Výpočet vrcholu paraboly, a tedy obnovy provozu, pro něj vyšel až v průběhu května v roce 2031. V tomto měsíci dosáhne letiště na úroveň 75,87 % oproti trendu vývoje před covidem.

Posledním letištěm je letiště v Hong Kongu. Zde je již průběh zcela odlišný oproti všem ostatním letištím a to i z toho důvodu, že v této oblasti trvaly problémy s onemocněním covid-19 mnohem déle, než tomu bylo například v Evropě. Ve skutečnosti začaly počty

cestujících odbavených na tomto letišti růst až kolem poloviny roku 2022. Výpočet byl i v tomto případě proveden na stejné rozmezí dat, tedy od poloviny roku 2021 a výsledkem byla obrácená parabola. Je potřeba dodat, že pokud byly pro odhad použita data až od poloviny roku 2022, nebyl výsledek nijak výrazně odlišný. Vrchol paraboly se nachází okolo nuly a křivka s přibývajícím časem už jen roste. V takovémto případě je jasné, že odhadovaný vývoj musí v určitém čase protnout přímku odhadovaného bezcovidového vývoje. Pro výpočet tohoto časového údaje byly položeny do rovnosti rovnice pro regresní parabolu postcovidových dat a rovnice pro regresní přímku dat před covidem. Výsledkem je rovnice v následujícím tvaru:

$$a_c * X^2 + b_c * X + c_c = a_b * X + b_b \qquad (8)$$

kde koeficienty s indexem *c* značí data covidové regrese a koeficienty s indexem *b* znamenají bezcovidovou regresi. Po dosazení všech koeficientů byla získána následující rovnice:

$$13\,240{,}54 * X^2 - 7\,016\,657{,}9 * X + 929\,548\,495{,}29 = \\ = 11\,898{,}13 * X + 3\,420\,054{,}95 \qquad (9)$$

Z této rovnice pak bylo následně dopočítáno, že předpokládaný průběh obnovy na provozu na letišti v Hong Kongu dosáhne úrovně předpokládaného bezcovidového vývoje v průběhu měsíce s pořadovým číslem 288, které je přiřazeno prosinci roku 2023.

```
model2 =
Linear regression model:
    y ~ 1 + x1 + x1^2

Estimated Coefficients:
                   Estimate         SE        tStat      pValue
                  __________    _________    _______    ________

    (Intercept)   -2.3345e+08   1.2577e+08   -1.8562    0.077507
    x1             1.6468e+06    9.303e+05    1.7702     0.09122
    x1^2              -2842.1       1719.5   -1.6529     0.11323


Number of observations: 24, Error degrees of freedom: 21
Root Mean Squared Error: 3.6e+05
R-squared: 0.838,  Adjusted R-Squared: 0.822
F-statistic vs. constant model: 54.2, p-value = 5.08e-09
```

Obrázek 7 - Výstup funkce fitlm pro polynomickou regresi druhého stupně v programu MATlab pro letiště Frankfurt

Na závěr této části už pouze zbývá provést test vhodnosti regresí, aby byla jistota, že byly regresní křivky zvoleny správně. Ukázka celého kódu použitého v programu MATlab je vidět

na obrázku 42 v příloze D. V tomto případě nebylo nutné testovat závislost jednotlivých dat. Pokud by tato potřeba ovšem byla, byl by v tomto případě zvolen Spearmanův test nezávislosti. Tento test by byl zvolen, jelikož je posuzována kvadratická regrese a ne lineární. Pomocí funkce *fitlm* byly provedeny testy lineární i parabolické regrese. Tabulka výstupu pro polynomickou regresi pro letiště ve Frankfurtu je ukázána na obrázku číslo 7.

Na tomto obrázku je vidět, že výsledné p-hodnoty polynomické regrese vývoje postcovidového počtu přepravených cestujících pro letiště ve Frankfurtu jsou bohužel vyšší než požadovaná hodnota 0,05. Pokud by byly nižší, bylo by možné nulovou hypotézu o nevhodnosti daného koeficientu zamítnout a prohlásit, že je zvolená regrese vhodná. V tomto případě však získané p-hodnoty leží v rozmezí 0,07 – 0,12, což odpovídá hladinám významnosti 7-12 %. Můžeme tedy buď říci, že zvolená regresní křivka není pravděpodobně vhodně zvolená, nebo můžeme zvýšit hladinu významnosti s okomentováním, že výsledek na vyšší hladině významnosti může být méně přesný.

Velmi podobný výsledek p-hodnot vyšel ještě u letišť v Barceloně a v Římě. Nejhůře vyšly hodnoty pro letiště v Berlíně, kde p-hodnoty ležely v rozmezí 0,23-0,27. V tomto případě je již procento poměrně vysoké, ovšem ani tak nemůžeme zcela s jistotou tvrdit, že by nebyla zvolená kvadratická regresní křivka vhodná. Je totiž velmi pravděpodobné, že pokud bychom za nějaký čas přidali další měsíční počty pasažérů, celá regresní křivka by nám mírně změnila svůj tvar a najednou by mohl výsledek vyjít lépe. Naopak u letišť v Londýně, Dublinu, Madridu, Paříži a v Amsterdamu již vyšly p-hodnoty dostatečně malé, abychom mohli s jistotou říct, že zvolená regrese je pro tato letiště vhodná.

Co se týče mimoevropských letišť, pak výsledná p-hodnota vyšla vyšší než potřebných 5 % pouze u letiště ORD. U obou ostatních, tedy u JFK i u HKG, která mají zcela jiný průběh polynomické regrese než ostatní letiště, byly tyto hodnoty dostatečně nízké.

P-hodnoty pro model zkoumající vhodnost lineárních regresí již vyšly pro všechna letiště příznivě. Proto bylo rozhodnuto, že bude dopočítán také předpokládaný vývoj, pokud by obnova leteckého provozu probíhala lineárně. V MS Excel byly opět pomocí funkce *LINREGRESE* vypočítány koeficienty regresní přímky pro postcovidová data ve stejném rozsahu, jako tomu bylo v případě regrese kvadratické. Tato přímka již v určitém bodu protíná přímku odhadovaného bezcovidového vývoje, a proto je možné určit bod, ve kterém k tomuto překřížení dojde. Po dosazení koeficientů do lineární postcovidové křivky byla tato její rovnice

vložena do rovnosti s rovnicí regresní přímky předcovidových dat od roku 2014. Byla získána rovnice v následujícím tvaru:

$$a_c * X + b_c = a_b * X + b_b \quad (10)$$

Koeficienty s indexem *c* jsou pro covidová data a s indexem *b* zase pro bezcovidová. Vypočtením X byl získán časový okamžik, kdy se obě regresní přímky protnou, a tedy i okamžik, kdy by by mělo dojít k plnému zotavení letecké dopravy z covidového šoku. Dosazením příslušných hodnot obou regresních přímek pro letiště ve Frankfurtu vyšel bod protnutí $X = 299{,}65$. Pořadové číslo 299 odpovídá listopadu v roce 2024. Dle lineární regrese by k úplnému obnovení provozu na letišti ve Frankfurtu mělo dojít v právě v průběhu tohoto měsíce. Stejně bylo postupováno i u ostatních letišť. Opět byla vypočítána průměrná hodnota, která vyšla 290,48 a směrodatná odchylka s výsledkem 7,45. Z těchto hodnot byly následně dopočítány meze intervalového odhadu za použití stejného vzorce, který byl využit již při výpočtu intervalového odhadu umístění vrcholů regresí kvadratických. Pro použití lineární regrese vyšel interval pro evropská letiště mezi pořadovými čísly 288,0 a 292,96. Tento interval odpovídá období mezi prosincem roku 2023 a dubnem 2024, včetně.

Pro mimoevropská letiště byly výsledky výpočtu následovné: Okamžik plné obnovy při použití lineární regrese byl u JFK vypočten pro červenec 2023. Pro ORD na duben roku 2032 a pro HKG na červen 2026.

Co se týče srovnání s rokem 2019, které je uvedeno ve všech dostupných pramenech, tak letiště ve Frankfurtu by mělo ve vrcholu kvadratické křivky předpokládané obnovy počtu cestujících dosáhnout na hodnotu 5 092 568 pasažérů. Je-li toto číslo srovnáno s průměrnou měsíční hodnotou za rok 2019, která činila 5 869 655 cestujících, je evidentní, že ve Frankfurtu ve zmíněném únoru roku 2024 bude úroveň počtu pasažérů na 86,76 % porovnávaného roku. Co se týče celé evropské oblasti, pro kterou byl prováděn celkový odhad, pak na většině letišť také kvadratická křivka neprotnula původní úroveň roku 2019. Výjimku tvoří obě španělská letiště a italský Řím. Bylo vypočteno procentuální vyjádření vrcholu parabol oproti průměrné měsíční hodnotě přepravených pasažérů v roce 2019. Poté postupem shodným s provedením intervalového odhadu byly vypočteny meze intervalu. Ten tedy s pravděpodobností 95 % vyšel od 94,21 % do 100,7 % úrovně letecké dopravy před covidem.

Jak bylo zmíněno, pouze tři letiště z evropské části výběru se dokážou dostat nad úroveň roku 2019. Letiště v Madridu se zotavuje z covidového šoku nejlépe. Na průměrné měsíční hodnoty

roku 2019 se dokázalo dostat již koncem ledna letošního roku a celkově by ve vrcholném bodě obnovy mělo dosáhnout na více než 116 % oproti poslednímu předcovidovému roku. Hned za ním následuje Barcelona, která se k původním číslům vyšplhala v průběhu června roku 2023 a celkově by se měla dostat přes 107 % oproti roku 2019. Posledním letištěm, které překoná původní předcovidová čísla by mělo být římské Fiumicino. To by dle výpočtů mělo dosáhnout téměř na 102 % oproti předcovidovému období. Úrovně roku 2019 by mělo dosáhnout v průběhu března příštího roku.

I v tomto případě byly dopočítány hodnoty pro mimoevropská letiště. V New Yorku dosáhne vrchol paraboly úrovně přes 106 % oproti roku 2019, jehož čísla byla dorovnána již v průběhu ledna letošního roku. V Chicagu bude předcovidová úroveň vyrovnána v průběhu července roku 2026. Maximálně se počet cestujících na tomto letišti vyšplhá na 109,22 %. Na letišti v Hong Kongu by měly být průměrné počty přepravených cestujících překonány v listopadu letošního roku. Všechny hodnoty týkající se porovnání s rokem 2019 jsou uvedeny v tabulce číslo 2 v kapitole 5.

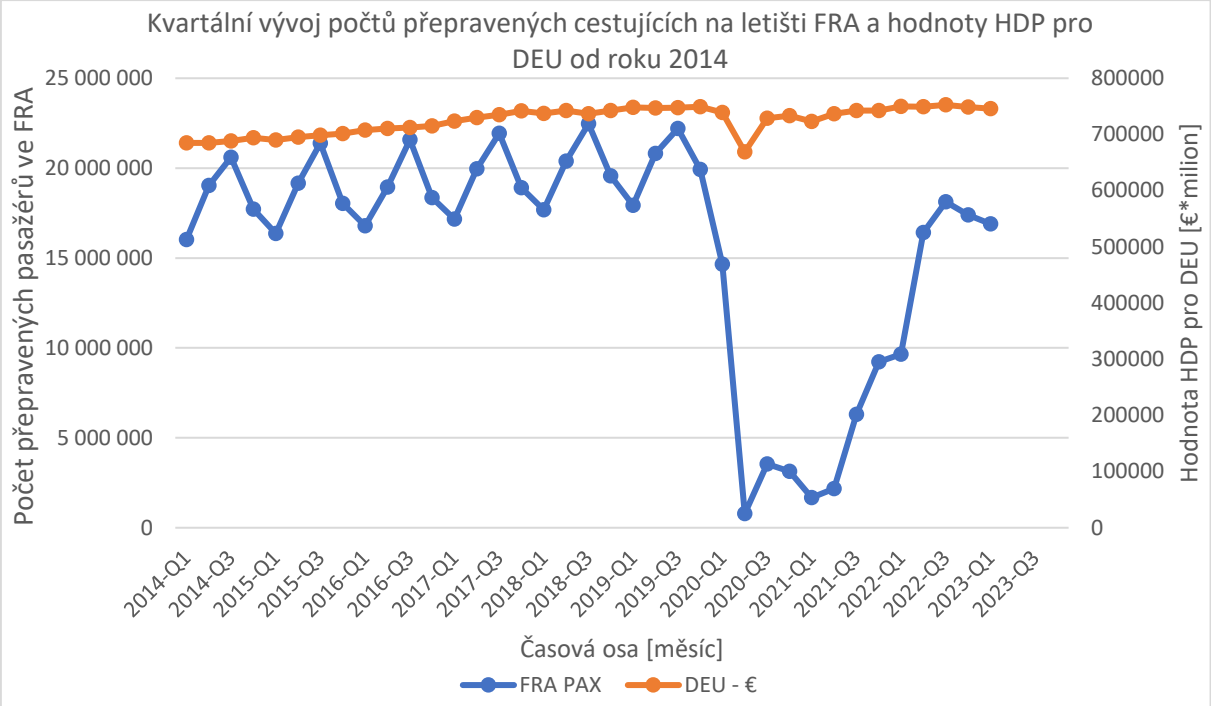
4.3. Porovnání vlivu letecké dopravy na ekonomické veličiny

Tato část analýzy bude rozdělena na dvě menší části. V první bude porovnání vývoje letecké dopravy a vývoje hodnoty hrubého domácího produktu v dané zemi. Ve druhé pak bude posuzován vývoj letecké dopravy a počtu nezaměstnaných osob daného státu.

4.3.1. Porovnání letecké dopravy a HDP

Získaná data k HDP jsou k dispozici pouze za kvartální období od roku 2000 až po první kvartál roku 2023. Bohužel za jednotlivé měsíce se nepodařilo potřebná data sehnat. Navíc potřebná data byla k dispozici pouze pro evropské země, a tak bude celá analýza provedena pouze pro tuto oblast. Oblast Asie a USA bude vynechána.

Data byla nejprve vykreslena do grafu. Na ose Y nacházející se vlevo jsou hodnoty pro křivku počtu pasažérů a na ose Y nacházející se vpravo jsou vyneseny hodnoty HDP.



Obrázek 8 - Kvartální vývoj počtů přepravených cestujících na letišti Frankfurt a hodnoty HDP pro Nemecko od roku 2014

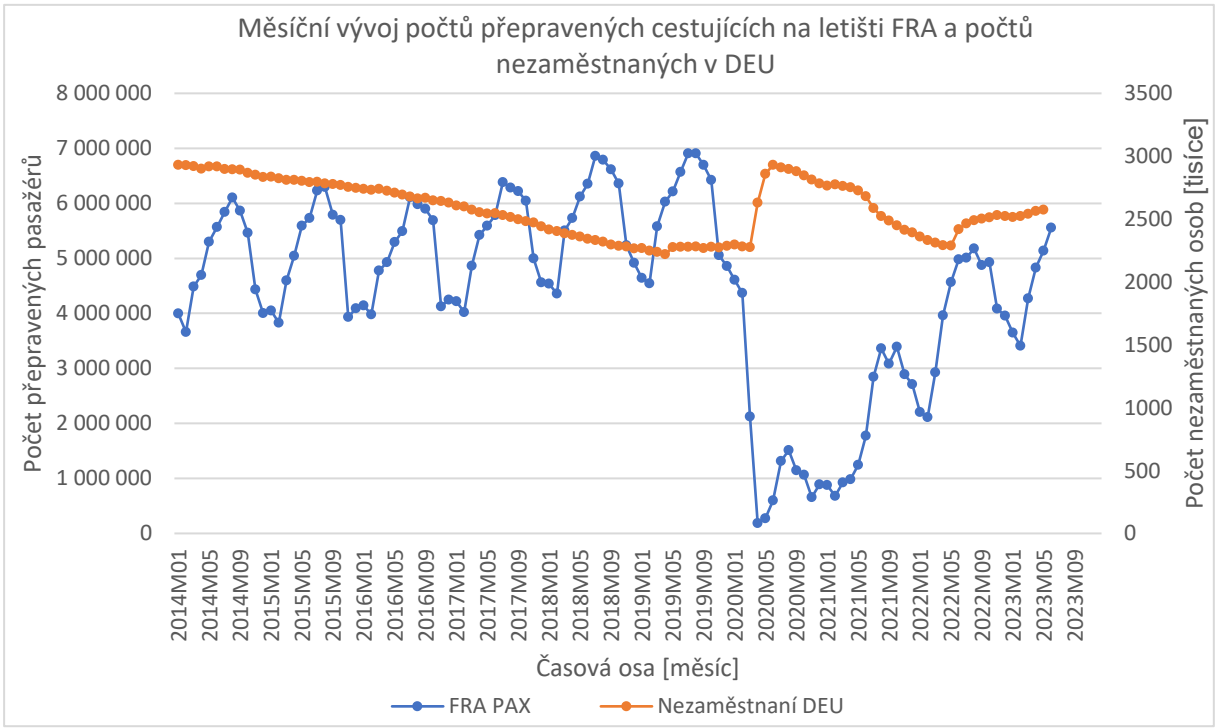
Ze získaného grafu na obrázku číslo 8, je možné vidět, že vývoj HDP má v předcovidovém období jistou shodu s průběhem letecké dopravy. V Německu pak dosáhl propadu v období covidu, stejně jako u počtu pasažérů. Oproti němu je tento propad ovšem procentuálně menší. Nejvyšších hodnot dosahuje ve Velké Británii, kde data ukazují mezikvartální propad v počátcích covidové pandemie až okolo 20 %. Průměrný rozdíl mezi prvním a druhým kvartálem roku 2020 je pak -12,418 %, zatímco průměrný propad počtu pasažérů na vybraných letištích je ve stejném období okolo 95 %. U vývoje HDP navíc dochází k výrazně dřívějšímu vzpamatování než u vývoje počtu pasažérů v letecké dopravě. Vývoj v letecké dopravě nejvíce připomíná vývoj HDP ve Velké Británii, jejíž graf je ukázán na obrázku číslo 47 jako součást přílohy F. Ve Spojeném Království se sice hodnota HDP poměrně dost zvýšila hned v následujícím kvartálu po propadu, ovšem ještě poměrně delší dobu se tato hodnota vracela na přibližné původní hodnoty doby před covidovou pandemií. Podobně se chová i vývoj HDP například ve Španělsku, Itálii, Francii, kde již ale prvotní propad nebyl tak vysoký jako v případě Velké Británie. Ovšem i zde po okamžitém skoku nahoru v navazujícím kvartálu dochází ještě k pozvolnějšímu vyrovnávání do původních hodnot. Oproti tomu na vývoji irského, nizozemského a německého HDP je možné vidět, že sice k mírnému poklesu hodnot

po vypuknutí pandemie došlo, ale hned v následujícím kvartálu se hodnoty HDP vrátily na původní úroveň. Všechny zmiňované grafy je možné vidět na obrázcích 47-54 v příloze F této práce.

Je tedy evidentní, že vývoj hodnot HDP je stejně tak jako vývoj letecké dopravy ovlivněn coronavirovou pandemií. Až na pár výjimek zde ale není v tomto období viditelná podobnost tohoto vývoje. Nemůžeme tak s jistotou říct, že se tyto veličiny ovlivňují navzájem, a proto nebude v následující analýze pokračováno.

4.3.2. Porovnání letecké dopravy a nezaměstnanosti

V této části bylo postupováno podobně jako v předchozím kroku. Data pro počty nezaměstnaných byla k dispozici pro jednotlivé měsíce, a proto byl předpoklad, že by výsledky mohly být průkaznější, než jak tomu bylo u porovnání letecké dopravy a HDP. Navíc v této části byla získána data o počtu nezaměstnaných osob nejen pro evropskou část, ale také pro Spojené státy americké a pro Hong Kong.



Obrázek 9 - Měsíční vývoj počtů přepravených cestujících na letišti Frankfurt a počtů nezaměstnaných osob v Německu

Stejně jako u posuzování vývoje HDP, byl postup nejprve prováděn pro každé letiště zvlášť. Opět byla nejprve jednotlivá data vykreslena do grafu společně s počty přepravených

cestujících. Následně byly porovnány tvary jednotlivých křivek. I z těchto grafů, stejně jako tomu bylo u vývoje HDP je patrné, že křivky počtu nezaměstnaných jsou ovlivněny příchodem covidové pandemie. V tomto případě bylo následky mnohem výraznější, než tomu bylo u vývoje hodnot HDP pro jednotlivé země. Graf porovnávající vývoj počtu pasažérů na letišti ve Frankfurtu a vývoj počtu nezaměstnaných osob v Německu je na obrázku číslo 9. Na obrázku je patrné, že návrat křivky počtu nezaměstnaných osob k původním předcovidovým hodnotám je mnohem pozvolnější, než tomu bylo u vývoje HDP, který se v některých zemích již po druhém kvartálu vrátili do původních čísel.

Nejpatrnější nárůsty počtů nezaměstnaných jsou vidět na grafech pro Velkou Británii, USA a Hong Kong. Také na těchto grafech na obrázcích 55 a 65, které jsou součástí přílohy G je možné vidět, že obnova na původní úroveň je většinou pozvolnější, než jak tomu bylo u obnovy hodnot HDP. Například ve Spojeném Království se obě křivky velice podobají. Zajímavé také je, že naopak v Itálii počty nezaměstnaných začátkem pandemie dokonce spíše klesly.

Grafy na obrázku 55-65, které jsou součástí přílohy G, mají z důvodu přehlednosti počátek v roce 2014. Ovšem v prvotním zkoumání, kdy byla data vykreslena již od roku 2004, bylo možné vidět i určitou korelaci s počtem pasažérů v předcovidovém období. Pro počet nezaměstnaných v Německu za poslední roky před začátkem pandemie prakticky klesal, zatímco počet přepravených pasažérů na obou německých letištích narůstal. U jiných zemí, jako například v Irsku a ve Španělsku, byl také na grafech patrný nárůst nezaměstnanosti od roku 2007 a 2008. To bylo nejpravděpodobněji způsobeno vlivem ekonomické krize, která byla zmíněna v první kapitole této práce. Zároveň je ve stejnou dobu vidět pokles cestujících na letištích v daných zemích. Začátkem roku 2012 se vývoj obrací. Počty nezaměstnaných klesaly a přepravených pasažérů naopak přibývalo. Při porovnávání dat z Velké Británie bylo možné vidět výrazný nárůst nezaměstnaných obyvatel ve zmíněném období ekonomické recese. Na letišti Heathrow však nebyl pokles cestujících tolik patrný. Dalo by se předpokládat, že to mohlo být způsobeno faktem, že se jedná o obrovské hubové letiště. Takové se vyznačuje vysokým počtem transferových pasažérů. Tito pasažéři velice často na toto letiště přiletí z menšího letiště v Evropě a následně pokračují dálkovým letem například přes Atlantský oceán. Nebo naopak po příletu ze zámoří pokračují dále do Evropy menšími letadly. V takovém případě se jedná o další vliv, který vstupuje do popředí a který by mohl pozměnit vliv mezi sledovanými veličinami navzájem, jelikož právě v případě zmíněného Londýna mohla sice ve Velké Británii probíhat ekonomická recese způsobující vysokou nezaměstnanost, ovšem díky přestupujícím pasažérům cestujících z nebo do jiných částí světa, si toto letiště udrželo vysoká čísla cestujících.

Pro lepší možnost určení závislosti obou veličin v postcovidovém období bylo rozhodnuto, že obě veličiny budou porovnány pro všechna letiště v jednom grafu. Vybrána byla opět data postcovidová, konkrétněji mezi lednem roku 2020 a prosincem v roce 2022. Pro tento krok je ovšem nezbytně nutné si nejprve převést všechny veličiny na společné jednotky, tento postup je opět popsán v kapitole číslo 3.

Nejprve byla do samostatného grafu vykreslena data pro Frankfurt a Německo. V tomto grafu, který je možné vidět na obrázku číslo 15 jsou na ose X počty nezaměstnaných osob na 100 tisíc obyvatel a na ose Y poté procentuální vyjádření letecké dopravy. Přes všechna data byla opět proložena lineární regrese pomocí funkce *spojnice trendu* v grafu. Na závěr byla všechna data proložena čarou v chronologickém pořadí od ledna 2020 až po prosinec 2022. Díky tomu je možné lépe vidět samotný průběh pandemie. Následně byl vytvořen jeden graf, který zahrnuje zmíněný vývoj na všech letištích. Tento graf je vidět na obrázku číslo 16 Pro každé letiště a zemi byly v tomto grafu vytvořeny regresní křivky. Časový postup byl pro přehlednost ponechán pouze pro letiště ve Frankfurtu. Oba tyto grafy se nacházejí v kapitole 5.

Všechny vzniklé regresní křivky byly na závěr opět posouzeny pomocí programu MATlab, zdali je jejich zvolený typ vhodný. Jelikož byly zvoleny lineární regrese, byl proveden nejprve pro test nezávislosti Pearsonův test. Ve většině případů byly výsledné hodnoty pro potřebné testy normality, ať už u veličiny nezaměstnanosti anebo u počtu cestujících, menší než 5 % a z tohoto důvodu je nutné zamítnout původní nulovou hypotézu, že daná data mají normální rozdělení. Normalita dat je ovšem jednou z podmínek pro Pearsonův test. To vedlo k tomu, že byla nakonec pro všechna letiště porovnána vzájemná závislost posuzovaných veličin testem Spearmanovým. Výsledné hodnoty tohoto testu byly pro všechna letiště menší než 5 %. Protože u zvoleného testu nezávislosti je původní hypotézou, že jsou data nezávislá, je možné ji na základě výsledných hodnot zamítnout a prohlásit, že zkoumané veličiny jsou na hladině významnosti 5 % statisticky závislé.

Nakonec byla znovu použita funkce *y*, čímž byly získány p-hodnoty pro jednotlivé regresní koeficienty. U všech vykreslených regresí byly výsledné vypočtené hodnoty pValue menší než 5 %, a proto je možné říct, že se zvolená lineární regrese hodí na všechna použitá data v této části. Ukázka kódu v programu MATlab pro tuto část je na obrázku číslo 43, který je součástí přílohy D.

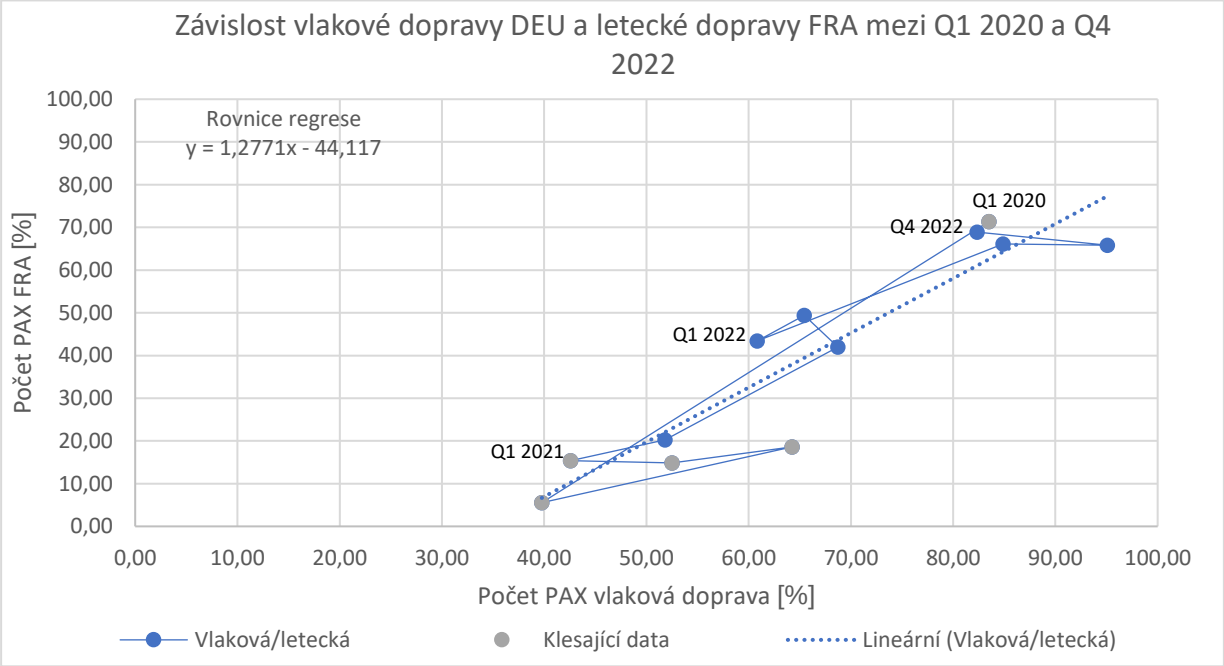
Posledním grafem, který byl vytvořen, byl stejný graf, jaký je možné vidět na obrázku 16, ovšem tentokrát pouze pro země, ve kterých se nachází dvě letiště z původního výběru

popsaného v bodě 3.1.1. Těmito zeměmi jsou Španělsko, Německo a Spojené státy americké s letišti MAD, BCN, FRA, BER, JFK a ORD. Na tomto grafu na obrázku 66, který je součástí přílohy H je možné vidět, že pro letiště nacházející se ve stejných zemích je vývoj dat mezi počtem pasažérů na letištích a počtem nezaměstnaných v dané zemi velice podobný. Nejvíce je tato podobnost vidět ve Španělsku u letišť v Madridu a v Barceloně.

5. Diskuse – vyhodnocení obnovy leteckého provozu

V této kapitole bude provedena diskuse nad výsledky předchozí kapitoly číslo 4. Budou probírány příčiny výsledků a také omezení, která by mohla způsobit jejich nižší přesnost. V první části jsou nejprve diskutovány výsledky porovnání různých druhů dopravy. Tato část byla pouze informativního charakteru, aby byly porovnány souvislosti dopadu pandemie covid-19 na dopravu jako celek. V dalších částech je již řešena hlavní problematika této diplomové práce, kterou je odhad vývoje úrovně letecké dopravy na vybraných letištích a linkách a porovnání vlivu mezi leteckou dopravou a ekonomickými veličinami.

5.1. Různé druhy dopravy

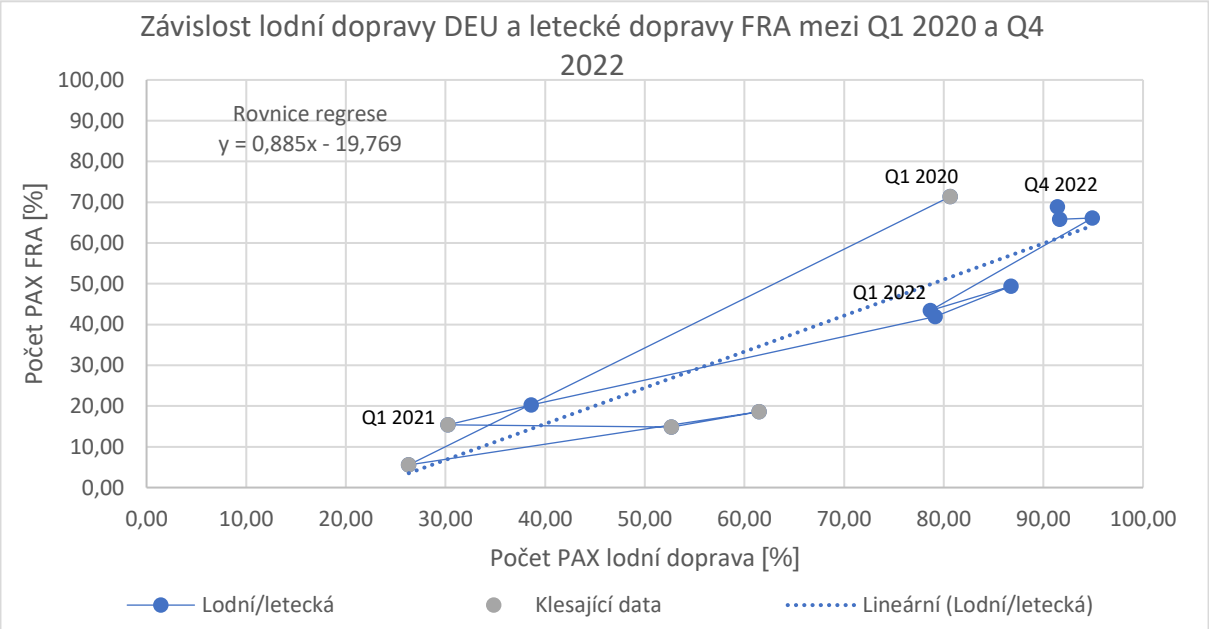


Obrázek 10 - Závislost vlakové dopravy v Německu a letecké dopravy ve Frankfurtu mezi Q1 2020 a Q4 2022

Na grafu na obrázku číslo 10 můžeme vidět závislost mezi vlakovou a leteckou dopravou. Šedá barva značí počáteční období pandemie a klesající data a modrá znamená obnovování provozu po ukončování restrikcí. Na ose X je vynesena vlaková doprava a na ose Y pak doprava letecká. Graf je proložen regresí, v tomto případě byla zvolena regrese lineární, a následně jsou jednotlivé body proloženy čarou spojující data v chronologickém pořadí od počátku roku 2020. Grafy pro ostatní letiště je možné vidět na obrázcích 17-23, které jsou

součástí přílohy A. Na všech těchto grafech je možné vidět, že koeficient návratu, který je v grafech zastoupen lineárním koeficientem regresní rovnice, se pohybuje okolo hodnoty 1, většinou mírně nad ní. To by mohlo značit velice podobnou rychlost nárůstu. V případě vyšší hodnoty to naznačuje dokonce mírně rychlejší obnovu v leteckém odvětví. Například u grafu pro letiště ve Frankfurtu je tato hodnota rovna 1,277. To by znamenalo, že v případě, kdy vlaková doprava vzroste o 10 %, tak doprava letecká vzroste o 12,77 %. Letecká doprava by tedy měla růst rychleji. Je třeba ale také zohlednit skutečnost, že ani na začátku covidové pandemie neutrpělo vlakové odvětví tak silný otřes. Jak je možné v grafech vidět, tak zatímco letectví spadlo ve všech zkoumaných případech na úroveň jednotek procent, doprava vlaková se ve většině případů zastavila ještě nad hranicí 20 %. Jedinou výjimkou z vybraných zemí je Irsko, kde úroveň železniční dopravy dosáhla minima 8 %.

Pokud by se oba druhy dopravy měly vrátit na hodnotu 100 % současně, je logické, že letecká doprava musí růst rychleji. Dále také můžeme na šesti z osmi grafů pozorovat smyčku, která v horní částí grafu klesá dolů a poté se ve spodní části vrací zpět na vyšší hodnoty. To by se dalo interpretovat tak, že v této části se letecká doprava navrací trochu pomaleji než doprava vlaková. Tento závěr sice mírně odporuje předchozímu tvrzení na základě regresního koeficientu, ale oproti němu se shoduje s prostudovanými prameny, které se vztahují k vývoji železniční dopravy a které jsou popsány v kapitole 1.3. této práce.



Obrázek 11 - Závislost lodní dopravy v Německu a letecké dopravy ve Frankfurtu mezi Q1 2020 a Q4 2022

Co se týče porovnání letectví s dopravou lodní, tak to je znázorněno na obrázku číslo 11 a na obrázcích 24-30 v příloze B. Provedení grafu včetně barevného schématu je totožné s obrázkem 10. I zde je možné pozorovat hodnotu koeficientu nárůstu. Stejně jako v předchozím případě se jeho hodnota pohybuje okolo čísla 1. Zde už ale v některých případech nabývá tento koeficient i hodnot nižších než 1, což může naznačovat, že v těchto případech dochází k rychlejší obnově dopravy lodní. Stále však převládají země, kde je koeficient návratu vyšší pro leteckou dopravu. I v tomto případě je ale potřeba zmínit, že ani lodní doprava nezaznamenala tak vysoký propad v počátcích krize jako doprava letecká. Opět byl její propad nejnižší v Irské republice, kde zaznamenal minimální hodnotu 11 %, ale v ostatních zemích její úroveň neklesla pod hodnotu 15 %. Co se týče smyčky, tak i v tomto případě je možné ji v grafech najít, ovšem zde již není rozdíl tak výrazný jako u vlakové dopravy. Každopádně její přítomnost nám i u lodní dopravy naznačuje, že i v tomto případě se lodní doprava zotavuje rychleji než doprava letecká.

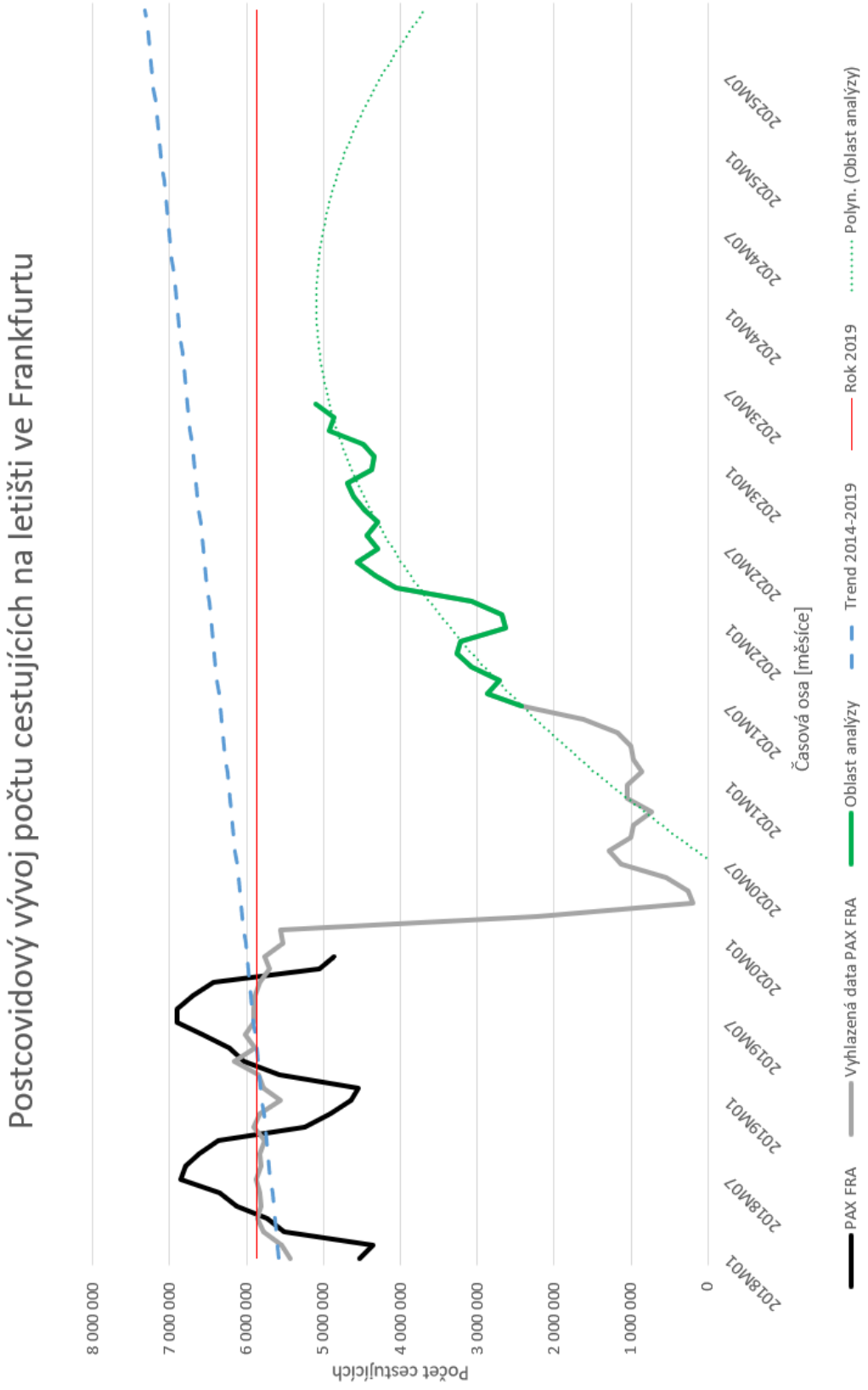
Kromě lodní dopravy ve Francii a Itálii byla pro všechna ostatní letiště i druhy dopravy prokázána statistická závislost dat. U obou zmíněných zemí byl ovšem výsledek s největší pravděpodobností způsoben nižším počtem získaných dat. Je na místě předpoklad, že pokud by i u nich byl stejný počet kvartálních dat jako u ostatních, dopadl by test nezávislosti i v těchto případech vyvrácením nulové hypotézy o nezávislosti dat. Následný test vhodnosti křivky poté potvrdil vhodnost zvolené lineární křivky.

V této části mohly být výsledky ovlivněny nižším počtem dat, která byla k dispozici pouze v kvartální frekvenci. Také byla k dispozici data pouze pro letiště z evropské části výběru a to ještě ke všemu bez letiště Heathrow, jelikož pro Velkou Británii nebyla k dispozici potřebná data o počtu přepravených cestujících pomocí vlakové a lodní dopravy. Poslední skutečností, kterou bylo potřeba vzít v potaz, bylo to, že ohledně lodní dopravy bylo pro Itálii a Francii k dispozici méně dat než u ostatních zemí, díky čemuž by výsledky pro tyto dva státy mohly být o trochu méně přesné.

5.2. Obnova letecké dopravy

V této části budou probírány výsledky první z hlavních částí provedené analýzy. Tou je odhad obnovy provozu na vybraných letištích a linkách.

5.2.1. Obnova provozu na letištích



Obrázek 12 - Postcovidový vývoj počtu cestujících na letišti ve Frankfurtu

Z grafu na obrázku číslo 12 na předchozí straně je možné vidět, že úroveň letecké dopravy se vzpamatovává z covidového šoku. Je však možné také říct, že rychlost návratu již dosáhla svého maxima v minulosti a v současné době se již snižuje. Výjimku tvoří letiště V Hong Kongu a v Chicagu, což můžeme vidět na obrázcích 40 a 41 jako součást přílohy C. U všech evropských letišť je ale vývoj podobný. Na obrázcích číslo 31-39 ve stejné příloze je barevné schéma shodné s obrázkem v kapitole 4.2.2. Jsou zde přidány 2 křivky navíc. Těmi jsou černá křivka znázorňující původní data každého letiště do roku 2019 a tenká červená linie ukazující průměrnou měsíční hodnotu přepravených cestujících v roce 2019.

Protože snížení úrovně letecké dopravy v rámci covidu je zcela bezprecedentní, nemáme k dispozici žádné ověřené matematické modely, jak se letecká doprava po takovémto šoku obnovuje. Předpověď dalšího vývoje je však velmi silně závislá na volbě konkrétní regresní křivky. Při využití lineární a kvadratické regrese bylo dosaženo různých výsledků. V obou případech byla regrese prováděna pro výběr dat od července roku 2021 po konec dostupných dat. Následný výpočet v MATlabu, pomocí funkce *fitlm* (obrázek číslo 7), určuje vhodnost konkrétní křivky. Pomocí tohoto statistického testu se podařilo prokázat na hladině významnosti 5 % oprávněnost užití kvadratického členu u následujících letišť: London Heathrow, Letiště Dublin, Paříž Charles de Gaulle, Amsterdam Schiphol a letiště Adolfa Suáreze, Madrid-Bajaras. Panuje předpoklad, že u ostatních letišť je vývoj podobný i přes to, že se kvadratický průběh dokázat nepodařilo. S největší pravděpodobností tomu bylo z důvodu menšího počtu postcovidových dat a díky dalším faktorům, které mají na průběh křivky vliv.

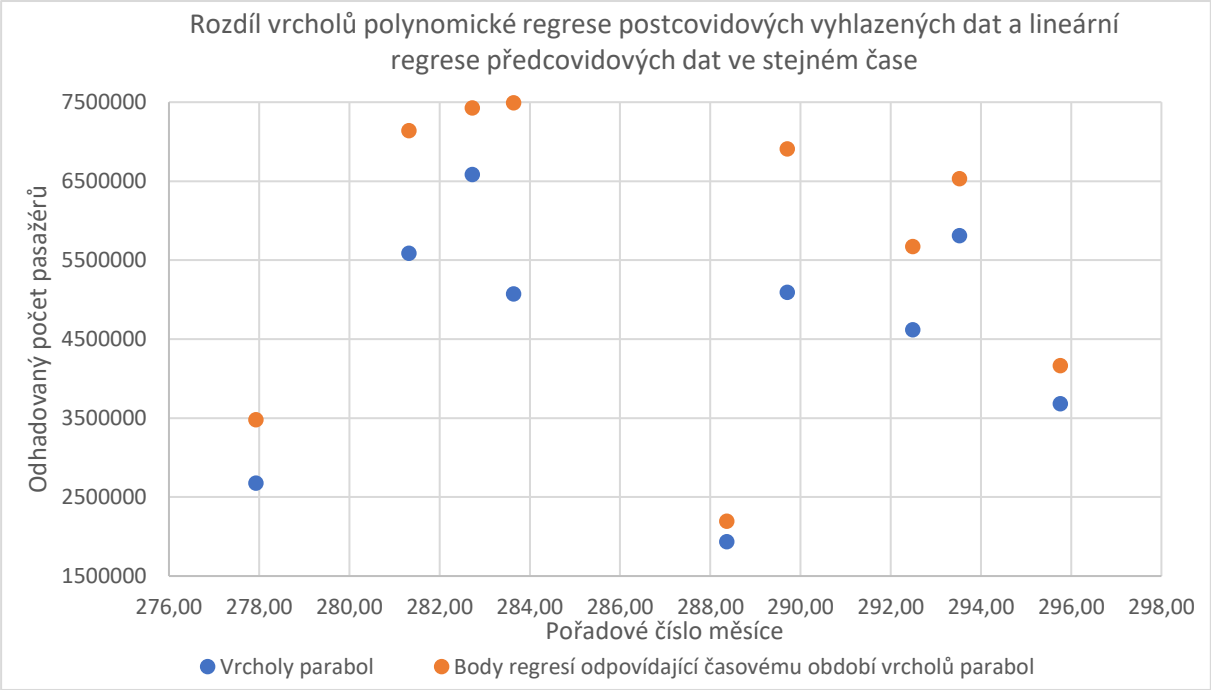
Tabulka 1 - Vypočtené hodnoty vrcholů polynomických regresí

Letiště	Měsíc vrcholu	PAX vrcholu	PAX regrese	%
LHR	282,73	6583989,85	7427748,56	88,64
DUB	277,93	2676000,36	3478401,68	76,93
MAD	293,52	5809603,82	6531833,03	88,94
BCN	292,49	4618806,70	5672153,08	81,43
FRA	289,71	5092568,83	6907843,77	73,72
TXL/BER	288,37	1933506,90	2195242,17	88,08
CDG	281,32	5585314,09	7138372,73	78,24
FCO	295,76	3679422,97	4164829,48	88,35
AMS	283,64	5069958,06	7492456,05	67,67
Průměr	287,27	-	-	81,33
Sm. Odch.	5,79	-	-	7,30

Hodnoty vrcholů parabolické regrese, které jsou považovány za bod ukončení obnovy z covidového šoku, byly pro evropskou část výběru letišť zapsány do tabulky číslo 1. Tato tabulka obsahuje čas a procento obnovy oproti předpokládanému bezcovidovému průběhu. Jeho hodnota je v tabulce také uvedena. Dále se v tabulce vyskytují vypočtené hodnoty průměrů a směrodatných odchylek pro tyto časové a procentuální údaje. Tyto hodnoty pak byly zakresleny do grafu na obrázku číslo 13 na následující straně. Dále byl proveden intervalový odhad středních hodnot jak času, tak i procent z grafu, které jsou považovány za ukončení obnovy po covidu pro Evropu jako celek. Z tohoto výpočtu je učiněn odhad, že vzpamatování se z covid šoku pro evropskou leteckou dopravu skončí s pravděpodobností 95 % v intervalu červenec 2023 až březen 2024, přičemž úroveň letecké dopravy v Evropě dosáhne intervalu 76,56 % až 86,10 % oproti předpokládanému bezcovidovému průběhu, který je v analýze zastoupen lineární regresí dat počtu přepravených cestujících mezi lety 2014 a 2019. Po dosažení vrcholu obnovy již odhadovaný parabolický trend začíná klesat. Je předpoklad, že v tomto bodě již data nebudou pokračovat po trajektorii zmíněného trendu, ale nastane mírný růst podobný nejspíše předcovidovému období. V tomto případě se už ovšem jedná pouze o odhad, který není nikterak podložen daty. Osobně bych předpoklad kvadratického vývoje považoval za nejreálnější. S každými novými měsíčními daty by se tento odhad měl zpřesňovat. Tento názor také podporuje predikce od organizace EUROCONTROL, která je zmíněna v kapitole 1.4. Na obrázku číslo 1, který je převzatý z této zprávy, jsou také znázorněny křivky, jejichž rychlost růstu postupně klesá. S největší pravděpodobností se nejedná přímo o paraboly jako v odhadu této práce, ovšem rozhodně se těmto křivkám podobají více než regresím lineárním.

V případě lineárního vývoje byl vypočten časový údaj, ve kterém by pro každé letiště v evropské části mělo dojít k dohnání původního předcovidového vývoje. Těmito body jsou průsečíky regresních přímek předcovidových a postcovidových dat. Pomocí intervalového odhadu bylo vypočteno, že pro všechna letiště v evropské oblasti by k tomuto vyrovnání mělo na 95 % dojít v intervalu mezi prosincem roku 2023 a dubnem 2024, včetně.

Pokud by byla postcovidová data srovnána podle ostatních studií uvedených v kapitole 1.4., tedy s rokem 2019, který tvoří výchozí srovnávací hodnotu, pak by se měla letiště v Evropě ve vrcholném měsíci jejich obnovy dostat na úroveň mezi 94 % a 101 %. Tento interval by měl platit s pravděpodobností 95 % pro všechna evropská letiště, přičemž z výběru v této práci by hranici roku 2019 měla překonat pouze tři letiště. Všechny hodnoty týkající se porovnání s rokem 2019 jsou uvedeny v tabulce číslo 2.



Obrázek 13 - Graf vypočtených vrcholů polynomické regrese postcovidových dat a lineární regrese bezcovidových dat ve stejném čase

Tabulka 2 - porovnání obnovy provozu na letištích oproti roku 2019

Letiště	Měsíc vrcholu	Měsíc dorovnání roku 2019	Maximální obnova oproti 2019
LHR	282,73	-	97,68
DUB	277,93	-	98,34
MAD	293,52	276,99	116,68
BCN	292,49	281,21	107,14
FRA	289,71	-	86,76
TXL/BER	288,37	-	95,79
CDG	281,32	-	88,03
FCO	295,76	290,13	101,74
AMS	283,64	-	84,87
JFK	285,91	276,70	106,17
ORD	376,31	318,64	109,23
HKG	-	286,28	-

Co se týče mimoevropských letišť, u nich již nebylo možné provádět odhad pro větší oblasti, jelikož byl k dispozici pouze malý počet těchto letišť. V případě amerických letišť JFK a ORD, ukazovala polynomická regrese podobné výsledky, jak tomu bylo v oblasti evropské. Je pravda, že letiště v Chicagu vykazuje pomalejší nárůst provozu než u jiných letišť ve výběru, čímž se od ostatních odlišuje. Podle predikce by měla obnova na tomto letišti skončit až v roce 2031. V New Yorku by tento bod měl nastat již v posledním čtvrtletí letošního roku. Letiště

v Hong Kongu vykazuje opačný průběh regresní paraboly. V tomto případě by měla být odhadovaná bezcovidová úroveň již koncem letošního roku. Odlišnost vývoje na letišti HKG je dána především pozdějším rozvolněním covidové krize v dané oblasti a tím pádem i pozdějším obnovením růstu letecké dopravy. Je možné, že s přibývajícími novými daty za jednotlivé měsíce nastane zlom v odhadovaném vývoji tohoto letiště. Poté bude odhadován podobný vývoj jako u všech ostatních letišť.

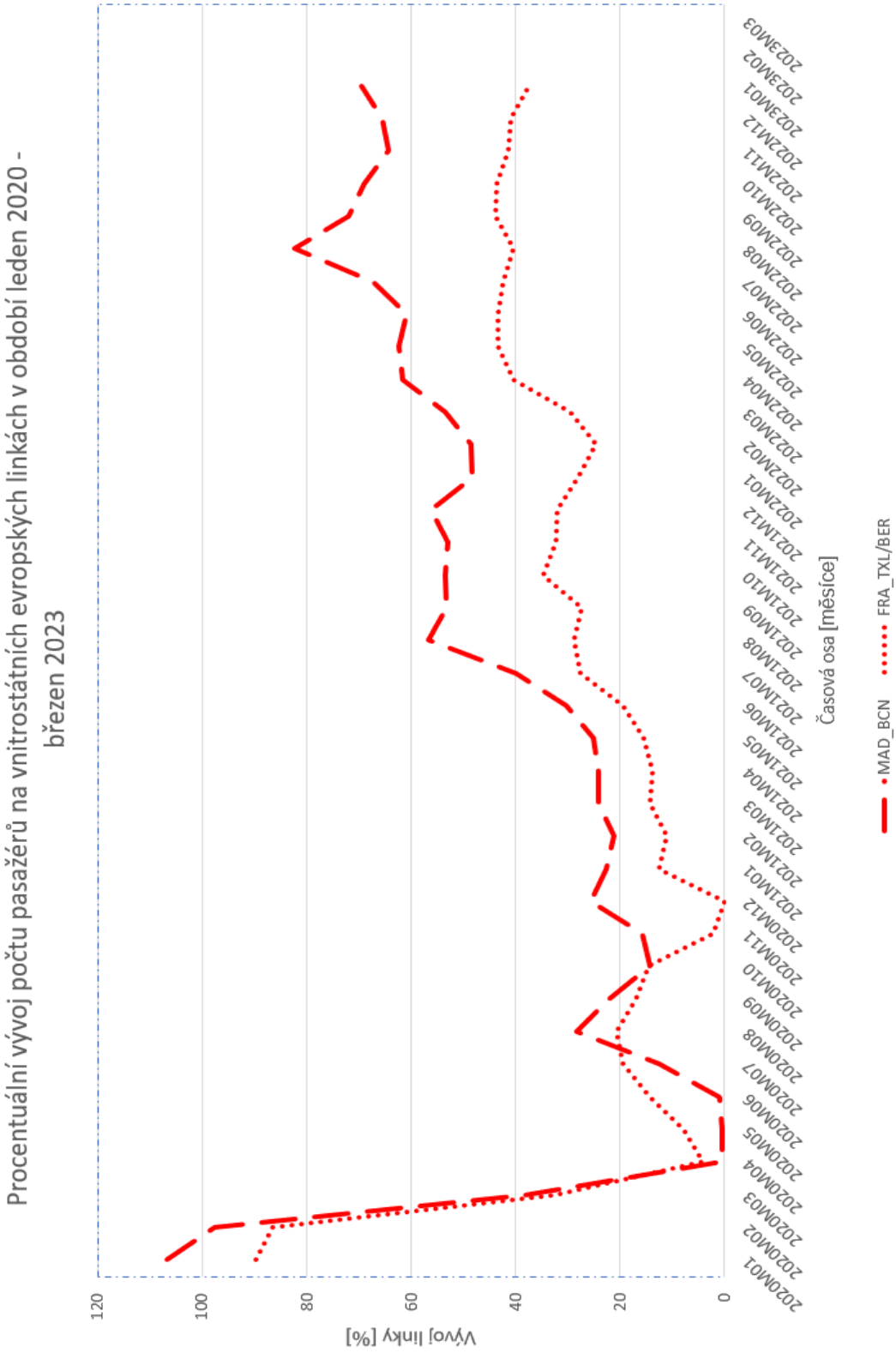
Pro lineární vývoj bylo odhadnuto vyrovnání bezcovidové úrovně pro mimoevropská letiště následovně: červenec 2023 (JFK), duben 2032 (ORD) a červen 2026 (HKG). Pro vyrovnání úrovně roku 2019 pak byly vypočteny následující odhady: V New Yorku bylo dosaženo čísel z roku 2019 v lednu roku 2023, přičemž úroveň v bodě ukončení obnovy by měla být více než 106 %. Na O'Hare v Chicagu bude rok 2019 vyrovnán v červenci roku 2026 a ve zmíněném roce 2031 bude oproti tomuto roku dosaženo 109 %. Na hongkongském letišti budou čísla z roku 2019 překonána v listopadu letošního roku.

V této části mohly být jednotlivé výsledky ovlivněny především zvoleným typem regresní křivky. Tato záležitost byla řešena pomocí testu vhodnosti použité regrese v programu MATlab. Výsledkem tohoto testu bylo zjištěno, že pro 6 z 11 letišť je zvolená polynomická regrese vhodná. Pro zbylá letiště sice vycházela vhodnější regrese lineární, ovšem dle předpokladu by se pozdějším doplněním nových měsíčních dat měly výsledky změnit a potvrdit vhodnost kvadratické regrese pro všechna letiště.

Dalším ovlivněním této části by mohla být skutečnost, že letiště Tegel v Berlíně bylo v druhé polovině roku uzavřeno a místo něj bylo otevřeno nové letiště Brandenburg, jak bylo zmíněno ve 3. kapitole. Dalším faktem, který je třeba zvážit je ten, že data pro letiště v Hong Kongu byla k dispozici pouze v řádech milionů zaokrouhlených na 3 desetinná místa, přičemž převedením do řádu jednotek byly získány hodnoty zaokrouhlené na celé tisíce. Po zvážení obou těchto faktů jsem došel k závěru, že by tyto skutečnosti neměly být nikterak zásadní pro získané výsledky analýzy.

Posledním faktem je, že v celkovém výběru letišť figurovalo pouze 12 letišť. Kdyby počet letišť byl vyšší, bylo by možné provést přesnější analýzu. Pro základní výzkum prováděný v této diplomové práci by ale měl být tento počet i tak dostačující.

5.2.2.Obnova provozu na linkách



Obrázek 14 - Procentuální vývoj postcovidových dat oproti bezcovidovému vývoji na vnitrostátních linkách

Pro vyhodnocení obnovy provozu na zvolených linkách měla být původně použita stejná statistická metoda jako při vyhodnocování samostatných letišť, ale z důvodu větší odlišnosti průběhu některých linek byla zvolena metoda jiná. Ta se zabývala porovnáním získaných dat oproti předpokládanému bezcovidovému průběhu. Linky byly rozděleny do tří skupin. První skupinou byly vnitrostátní lety v Evropě. Druhou tvořily evropské mezinárodní linky. Poslední skupinu tvořily mezikontinentální lety z Evropy do Spojených států amerických. Pro analýzu na linkách mezi Evropou a Asií se nepodařilo získat potřebná data. To samé platilo i pro lety mezi Spojeným královstvím a USA. Z toho důvodu nebyly tyto linky do analýzy zahrnuty.

Výsledkem analýzy této části jsou celkem čtyři grafy. První z nich je možné vidět na obrázku číslo 14 a znázorňuje vnitrostátní evropské linky. Čárkovanou čarou je na něm vidět vývoj na lince z Madridu do Barcelony. Tečkovanou čarou je pak znázorněna linka mezi Frankfurtem a Berlínem. Další dva grafy, které jsou vloženy jako obrázky 44 a 45 v příloze E této práce, znázorňují mezinárodní linky v rámci Evropy a transatlantické lety mezi Evropou a USA. Posledním grafem na obrázku 46, který je součástí stejné přílohy, je pak graf společný, do kterého byly vloženy vývoje všech linek najednou pro možnost porovnání vývoje mezi jednotlivými skupinami.

Při porovnání vzniklého grafu na obrázku 14 a dále obrázcích, které jsou součástí přílohy E je patrné, že se všechny posuzované linky postupně zotavují ze šoku způsobeného covidovou pandemií. Ovšem teprve při porovnání na společném grafu na obrázku číslo 46 je vidět, že různé skupiny se zotavují odlišnou rychlostí. Z tohoto grafu se zdá, že transoceánské linky, které jsou vykresleny zelenou barvou se vzpamatovávají rychleji než vnitroevropské mezinárodní (modrá barva) nebo vnitrostátní linky (červená barva). Na první pohled by se mohlo zdát, že tento fakt by mohl být způsoben tím, že lety mezi evropským kontinentem a USA byly na počátku covidové krize mnohem více tlumeny, nežli tomu bylo u ostatních skupin, ovšem to by musely být všechny linky srovnávány oproti stejné výchozí hodnotě, jakou je například poslední předcovidový rok 2019. V této práci jsou ale všechny linky porovnány oproti předpokládanému růstu, který by u linek probíhal, pokud by nenastala koronavirová krize. V tomto případě velmi záleží na tom, jaký byl vývoj dané linky v několika posledních předcovidových letech. Pokud byl nárůst počtu pasažérů na linkách za období mezi lety 2014 a 2019, pro které byla dělána regrese určující odhad bezcovidového vývoje, prudšího rázu, pak je evidentní, že oproti strmějšímu růstu odhadovaného trendu bude covidový vývoj mírnější. V případě pomalejšího nárůstu pasažérů na linkách nemá odhadovaný trend tak vysokou rychlost růstu a postcovidová data dosáhnou úrovně trendu snáze. A právě v tomto

případě byl původní vývoj před covidem například pro vnitrostátní linky, které ve společném grafu vykazují pomalejší proces obnovy, strmější, nežli tomu bylo u transatlantických letů.

K pomalejšímu obnovování vnitrostátních linek by mohla vést i skutečnost, že se mnohé evropské společnosti snaží snížit klimatické dopady letecké dopravy, mimo jiné tím, že omezují své kratší linky, u kterých je možné využít i jiného druhu dopravy, nejčastěji vlaku, jak je zmíněno i v bodě 1.4. této práce.

V této části bylo bohužel malé množství vzorků mezi samostatnými linkami. Ideálním případem by bylo mít ve výběru větší množství linek. V tomto výběru by se nacházely linky rovnoměrně zastupující každou vybranou skupinu, tedy linky vnitrostátní, mezinárodní a transkontinentální. Původně bylo v rámci výběru 17 linek, z toho 10 v rámci Evropy. K nižšímu počtu vybraných linek ovšem přispělo i dříve zmíněné podezření na ne úplně přesná data pro oba směry mezi letištními páry. Jelikož byla pro oba směry většinou data naprosto totožná, vzniklo podezření na chybovost získaných dat, a tudíž byl vždy jeden ze směrů pro další analýzu vyřazen. Také vlivem nekompletních dat pro transkontinentální linky byl celkový počet linek zkoumaných v této analýze snížen na devět.

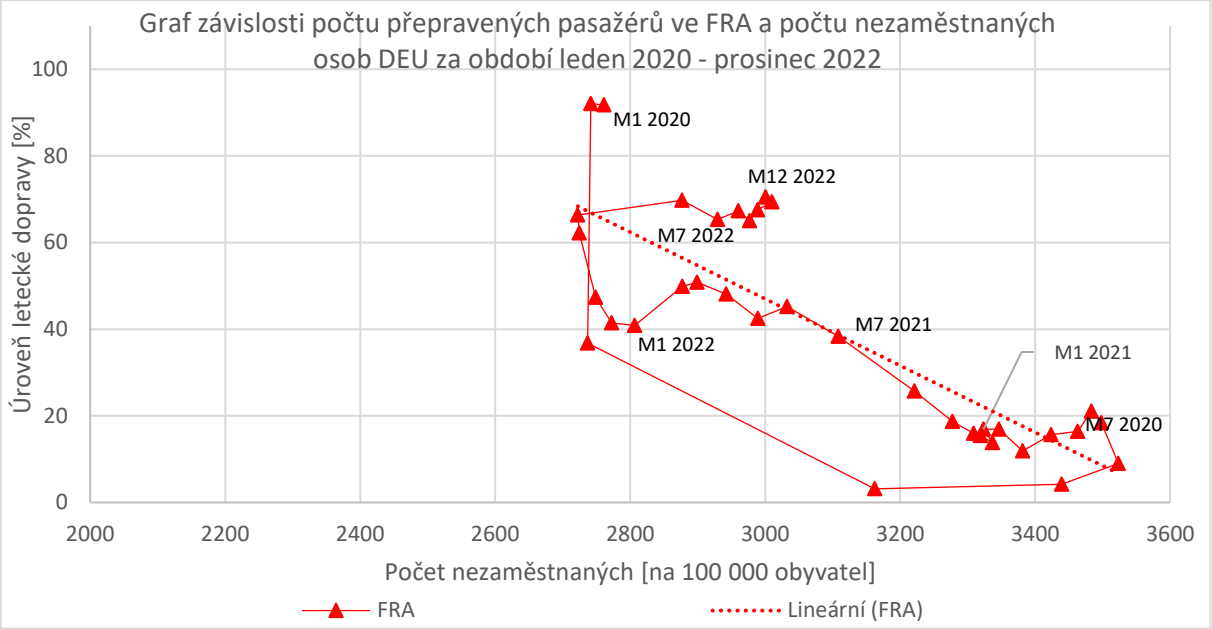
5.3. Vliv letecké dopravy na ekonomické veličiny

Tato část byla rozdělena na dvě menší části. První částí bylo porovnání leteckého provozu s HDP v jednotlivých zemích. K dispozici byla bohužel pouze kvartální data, a to ještě ke všemu pouze pro evropské země výběru. Jak je patrné z obrázku číslo 8 v kapitole 4.3.1. a také z obrázků číslo 47-54, které je možné vidět v příloze F této práce, tak přestože vývoj HDP dosáhl poklesu způsobeného pandemií covid-19 ve všech zemích, velice často se oproti letecké dopravě poměrně rychle navrátil zpět do původních čísel. Tento krátkodobý pokles se podobá vývoji popisovanému v kapitole 1.2. Až na pár výjimek, jakou je například Spojené království, není viditelná podobnost vývoje hodnoty HDP a počtu pasažérů na jednotlivých letištích. Není tak s jistotou možné prohlásit, že se tyto dvě veličiny ovlivňují navzájem. Kdyby byla data k dispozici ve stejné míře jako pro část zabývající se nezaměstnaností, je možné, že by se při zkoumání obou veličin objevily určité podobnosti a bylo by možné provést důkladnější analýzu. To se ovšem nestalo, a proto byla tato část analýzy opuštěna.

Ve druhé části byly zkoumány závislosti počtu přepravených pasažérů na letištích a počtu nezaměstnaných obyvatel v dané zemi. Na obrázku číslo 9 v kapitole 4.3.2. a také na obrázcích 55-65, které jsou součástí přílohy G, je možné vidět vývoj obou zkoumaných veličin

v průběhu covidové pandemie. Stejně jak tomu bylo u grafů s HDP, je i v těchto případech vidět ovlivnění nezaměstnanosti v důsledku pandemie. Zde je však možné vidět určitou spojitost mezi oběma křivkami, a proto bylo v této části v analýze pokračováno.

Hodnoty byly převedeny na společné jednotky. Těmi jsou procentuální vyjádření postcovidového vývoje letecké dopravy oproti předpokládanému bezcovidovému vývoji a počet nezaměstnaných na 100 000 obyvatel dané země. V programu MATlab byla prokázána statistická závislost pomocí Spearmanova testu mezi hladinou nezaměstnanosti a intenzitou osobní letecké přepravy u všech letišť a zemí na hladině významnosti 95 %. To však neznamená prokázání závislosti příčinné.



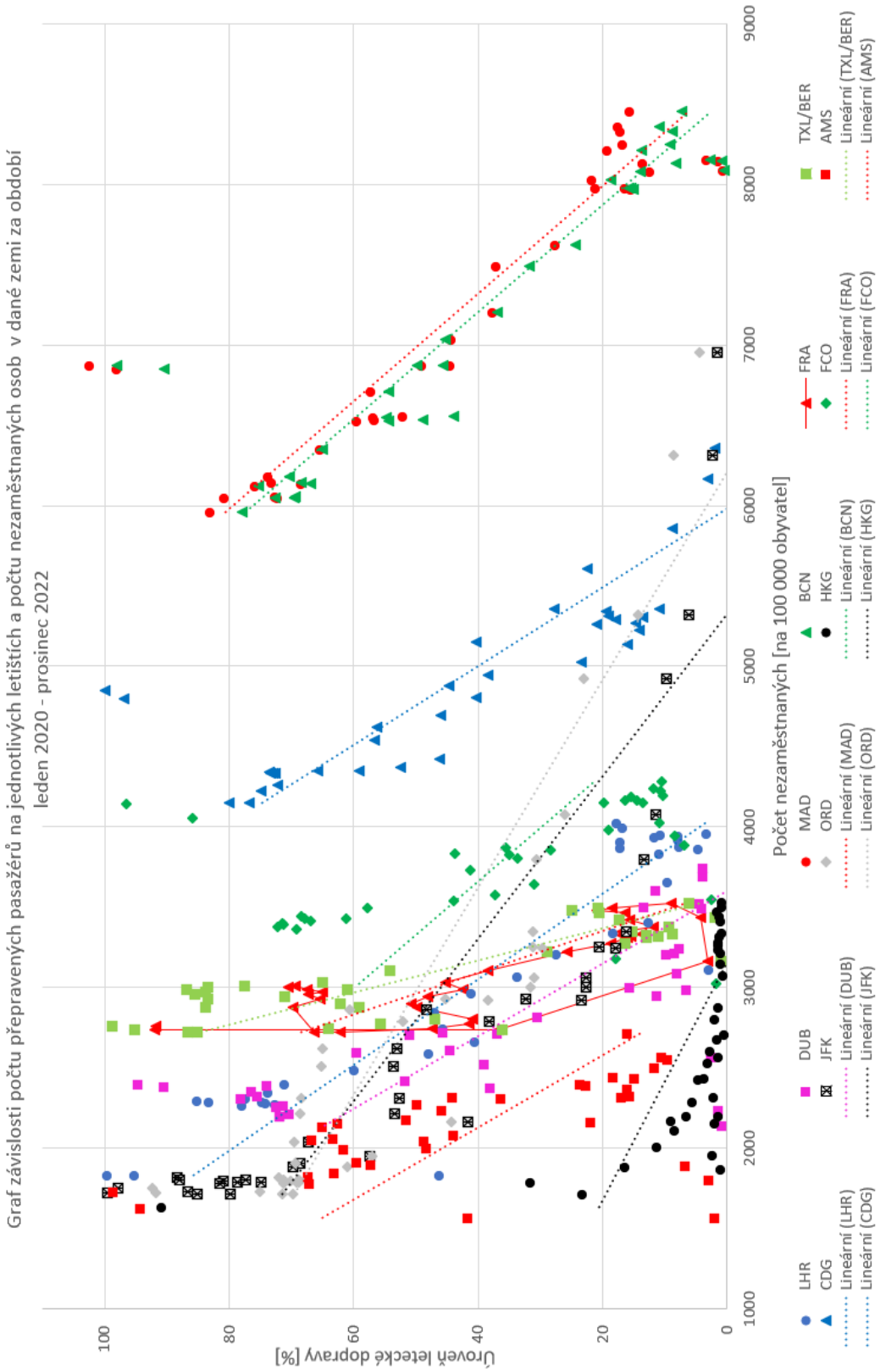
Obrázek 15 - Graf závislosti počtu přepravených pasažérů ve Frankfurtu a počtu nezaměstnaných osob v Německu za období leden 2020 - prosinec 2022

V grafu na obrázku č. 15 je možné vidět závislost počtu nezaměstnaných osob v Německu a počtu přepravených cestujících na letišti ve Frankfurtu. Pro ostatní letiště je tento průběh vidět na obrázcích 67-77, jako součást přílohy H. Body grafu jsou proloženy regresní křivkou a následně spojeny v chronologickém pořadí od začátku roku 2020 až po konec roku 2022, stejně jako tomu bylo u porovnání různých druhů dopravy. Na grafech je patrný nejprve prudký pokles letecké dopravy, který byl vzápětí následován nárůstem nezaměstnanosti. Na společném grafu na obrázku číslo 16 je pak vidět, že závislost obou veličin je velice rozdílná. Zatímco na grafech jednotlivých letišť je naznačen chronologický průběh dat, na tomto společném grafu je pro větší přehlednost zobrazen pouze vývoj na letišti ve Frankfurtu.

Tato různost křivek je pravděpodobně způsobena rozdílnou politikou jednotlivých států a jejich reakcemi na průběh pandemie. To je vidět na případech letišť ze stejné země na obrázku 66 v příloze H. Těmito letišti jsou letiště Adolfa Suáreze, Madrid-Bajaras a Barcelona-El Prat ve Španělsku, letiště Frankfurt nad Mohanem a letiště Berlín-Tegel, které bylo od podzimu roku 2020 nahrazeno letiště Berlín-Brandenburg v Německu, a pro Spojené státy Americké se jedná o letiště Johna F. Kennedyho v New Yorku a letiště O'Hare v Chicagu. Na křivkách těchto letišť je vidět velice podobný průběh. Je také znát, že některé státy mají už dlouhodobější problémy s vyšší nezaměstnaností obyvatelstva. Ukázkovým příkladem je Španělsko, jehož obě letiště jsou na grafu číslo 16 umístěna v pravé části. To znamená vyšší nezaměstnanost. Oproti tomu země, jejichž letiště se nacházejí nejvíce vlevo, mají nejmenší procento nezaměstnaných. Příkladem je na obrázku 16 Nizozemí vyznačené červenými čtverečky a Hong Kong znázorněný černými tečkami.

Hong Kong je stejně jako u vyhodnocení obnovy leteckého provozu nejodlišnější od ostatních letišť. Na samostatném grafu na obrázku 77 v příloze H je zcela patrné, že Covid danou zemi zasáhl po delší dobu. Počty cestujících se mnohem déle drží na minimálních procentech vlivem politiky nulové covidové tolerance. V celé oblasti Číny a jejího okolí se i v roce 2022 objevovala nová ohniska nákazy, a proto byla letecká doprava v oblasti silně utlumena podstatně déle než u ostatních regionů. Tento fakt byl zmíněn i v kapitole zabývající se postcovidovým vývojem na jednotlivých letištích. Také na vývoji počtu nezaměstnaných je vidět, že jejich pokles i nárůst je ovlivněn novými vlnami pandemie a postupným zaváděním a rozvolňováním proticovidových opatření.

Jak je zmíněno o pár odstavců dříve v souvislosti s vývojem HDP, je zcela jasné, že obě zkoumané veličiny byly ovlivněny pandemií koronaviru, ovšem ne vždy se v tomto směru dá zcela jistě říct, že se obě tyto veličiny ovlivňují také navzájem mezi sebou. Tuto myšlenku podporuje také několik studií popsaných v první kapitole. Je potřeba vzít v potaz mnoho vnějších faktorů. Například pokud se znovu podíváme na graf na obrázku číslo 15, pak je možné pozorovat nárůst nezaměstnaných občanů v Německu, který začíná přibližně od května roku 2022 i přesto, že letecká doprava na letišti ve Frankfurtu v tomto období nezažívá nijak výrazný nárůst ani pokles své úrovně. V tuto chvíli je zcela jasné, že počty nezaměstnaných byly ovlivněny jiným vnějším faktorem.



Obrázek 16 - Graf závislosti počtu přepravených pasažérů na jednotlivých letištích a počtu nezaměstnaných osob v dané zemi za období leden 2020 - prosinec 2022

Závěr

V rámci této diplomové práce byla vypracována analýza postcovidového vývoje počtu přepravených cestujících na vybraných letištích a linkách. Základní výzkum byl prováděn na 12 heuristicky vybraných letištích a 9 linkách. Na vybraných letištích byl proveden pomocí regresní analýzy intervalový odhad období, ve kterém by s pravděpodobností 95 % mělo dojít k obnově počtu pasažérů na letištích v Evropské oblasti. Tento odhad byl na rozdíl od všech zkoumaných studií a výročních zpráv prováděn oproti odhadovanému bezcovidovému vývoji, a ne v porovnání se srovnávacím rokem 2019. Dále bylo zjištěno, na kolik procent budou počty pasažérů na letištích obnoveny oproti předpokládanému průběhu původních předpandemických dat. Dále byly prozkoumány vývoje v postcovidovém období na vybraných leteckých spojeních. Bylo zjištěno, že transatlantické linky se z covidového šoku vzpamatovávají rychleji než mezinárodní linky v rámci Evropy. Nejpomaleji se v rámci porovnání zotavují linky vnitrostátní.

Také byl zkoumán vliv letecko-provozních veličin v postpandemické době na počet nezaměstnaných osob v zemích, ve kterých se nachází vybraná letiště. Byla zjištěna určitá korelace mezi oběma veličinami a také prokázána jejich statistická závislost, ovšem vzhledem k množství vnějších faktorů, které obě veličiny ovlivňují, není možné s jistotou prokázat závislost příčinnou.

V rámci vypracovávání této diplomové jsem čelil mnoha faktorům, které ovlivnily průběh a výsledky prováděného výzkumu. Nejvíce omezujícím a limitujícím faktorem byla absence dat potřebných pro provedení analýzy. Názorným příkladem je absence dostatečného množství dat pro letiště v Pekingu a ostatní veličiny s ním spojené v rámci Čínské lidové republiky. Z tohoto důvodu bylo toto letiště z původního výběru vyřazeno. Dalším faktorem byla neúplná či dokonce chybná data. Chybějící hodnoty způsobily nucené zkracování období, na kterých byla analýza prováděna, a chybné hodnoty popsané ve třetí kapitole zase způsobily nutné vyřazení poloviny evropských linek z původního výběru.

Přínosem této práce je především odlišný odhadovaný vývoj postcovidové letecké přepravy, který je odlišný od všech zkoumaných studií. Také je zde zobrazen jiný pohled na vliv letecké dopravy a počtu nezaměstnaných osob v dané zemi. Ohledně dalšího by bylo vhodné danou problematiku prozkoumat hlouběji. Doporučil bych vytvořit obsáhlejší výběr letišť z různých kontinentů a regionů a taktéž rozsáhlejší síť linek zastupující větší množství letištních párů

z každé zkoumané skupiny tras. Také by nebylo špatné zvážení složitějších statistických metod v závislosti na schopnostech a zkušenostech autora navazujícího výzkumu.

Seznam použité literatury

[1] „Airlines - Passenger numbers to double by 2035,“ 23 Listopad 2016. [Online]. Available: https://airlines.iata.org/2016/11/23/passenger-numbers-double-2035. [Přístup získán 2023].

[2] „IATA,“ [Online]. Available: https://www.iata.org/. [Přístup získán 2023].

[3] K. Dube, G. Nhamo a D. Chikodzi, „COVID-19 pandemic and prospects for recovery of the global aviation industry,“ Květen 2021. [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0969699721000053. [Přístup získán Červen 2023].

[4] „Eurostat database,“ [Online]. Available: https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database. [Přístup získán 17 Červenec 2023].

[5] „Evropská rada - Časová osa - opatření rady týkající se onemocnění COVID-19,“ 2023 Červen 27. [Online]. Available: https://www.consilium.europa.eu/cs/policies/coronavirus/timeline/. [Přístup získán 2023].

[6] J. T. Bowen a C. Laroe, „Airline networks and the international diffusion of severe acute respiratory syndrome (SARS),“ 9 Červen 2006. [Online]. Available: https://doi.org/10.1111/j.1475-4959.2006.00196.x. [Přístup získán 2023].

[7] A. I. Czerny, X. Fu, Z. Lei a T. H. Oum, „Post pandemic aviation market recovery: EXperience and lessons from China,“ Leden 2021. [Online]. Available: https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2020.101971. [Přístup získán 2023].

[8] S. V. Gudmundsson, M. Cattaneo a R. Redondi, „Forecasting temporal world recovery in air transport markets in the presence of large economic shocks: The case of COVID-19," Březen 2021. [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0969699720305871. [Přístup získán 2023].

[9] G. Boosten a C. Z. Alcaraz, „Post COVID Aviation: a holistic view on challenges and opportunities," 2021. [Online]. Available: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/96177495/Post_Covid_Aviation_aritcle_ETC_2021_Sep13_2021-libre.pdf?1671673477=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DPost_COVID_Aviation_a_holistic_view_on_c.pdf&Expires=1692609837&Signature=KI5zAiC4bZ86fe. [Přístup získán 2023].

[10] F. Dobruszkes a G. V. Hamme, „The impact of the current economic crisis on the geography of air traffic volumes: an empirical analysis," Listopad 2011. [Online]. Available: https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2011.07.015. [Přístup získán 2023].

[11] „CNN travel - British Airways retires its final Boeing 747 airplane," 8 Říjen 2020. [Online]. Available: https://edition.cnn.com/travel/article/boeing-747-british-airways-final-intl-scli-gbr/index.html#:~:text=British%20Airway%20retired%20the%20last,upon%20by%20the%20coronavirus%20pandemic.. [Přístup získán Květen 2023].

[12] „BBC - British Airways retires entire 747 fleet after travel downturn," 17 Červenec 2020. [Online]. Available: https://www.bbc.com/news/business-53426886. [Přístup získán Květen 2023].

[13] M. Caswell, „Business Traveller - Lufthansa to permanently retire selected A380, A340 and B747 aircraft," 7 Duben 2023. [Online]. Available: https://www.businesstraveller.com/business-travel/2020/04/07/lufthansa-to-permanently-retire-selected-a380-a340-and-b747-aircraft/. [Přístup získán Květen 2023].

[14] K. Dube, „Emerging from the COVID-19 Pandemic: Aviation Recovery, Challenges and Opportunities,“ 25 Prosinec 2022. [Online]. Available: https://doi.org/10.3390/aerospace10010019. [Přístup získán 2023].

[15] P. Suau-Sanchez, A. Voltes-Dorta a N. Cugueró-Escofet, „An early assessment of the impact of COVID-19 on air transport: Just another crisis or the end of aviation as we know it?,“ Červen 2020. [Online]. Available: https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102749. [Přístup získán 2023].

[16] V. K. Salesi, W. H. K. Tsui, X. Fu a A. Gilbey, „The nexus of aviation and tourism growth in the South Pacific Region,“ 10 Duben 2021. [Online]. Available: https://doi.org/10.1080/10941665.2021.1876745. [Přístup získán 2023].

[17] M. Alsumairi a W. H. K. Tsui, „A case study: The impact of low-cost carriers on inbound tourism of Saudi Arabia,“ [Online]. Available: https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2017.04.001.

[18] N. Akbulaev, I. Mammadov a V. Aliyev, „Economic Impact of COVID-19,“ 17 Červenec 2020. [Online]. Available: http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3649813. [Přístup získán 2023].

[19] M. Fana, S. T. Pérez a E. Fernandéz-Macías, „Employment impact of Covid-19 crisis: from short term effects to long terms prospects,“ 15 Červenec 2020. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/s40812-020-00168-5. [Přístup získán 2023].

[20] I.-C. Zamfir a A.-M. M. Iordache, „The influences of covid-19 pandemic on macroeconomic indexes for European countries,“ 2 Únor 2022. [Online]. Available: https://doi.org/10.1080/00036846.2022.2031858. [Přístup získán 2023].

[21] M. König a A. Winkler, „Monitoring in real time: Cross-country evidence on the COVID-19 impact on GDP growth in the first half of 2020,“ 13 Listopad 2020. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/346025617_Monitoring_in_real_time_Cross-

country_evidence_on_the_COVID-19_impact_on_GDP_growth_in_the_first_half_of_2020. [Přístup získán 2023].

[22] J. E. Gagnon, S. B. Kamin a J. Kearns, „The impact of the COVID-19 pandemic on global GDP growth," Červen 2023. [Online]. Available: https://doi.org/10.1016/j.jjie.2023.101258. [Přístup získán Červenec 2023].

[23] L. F. Moriarty, M. M. Pulcinski, B. J. Marston a a spol., „Public Health Responses to COVID-19 Outbreaks on Cruise Ships — Worldwide, February–March 2020," 27 Březen 2020. [Online]. Available: http://dx.doi.org/10.15585/mmwr.mm6912e3external icon. [Přístup získán 2023].

[24] D. Depellegrin, M. Bastianini, A. Fadini a S. Menegon, „The effects of COVID-19 induced lockdown measures on maritime settings of a coastal region," 20 Říjen 2020. [Online]. Available: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140123. [Přístup získán 2023].

[25] „UNCTAD - Review of Maritime Transport 2017," 2017. [Online]. Available: https://unctad.org/publication/review-maritime-transport-2017. [Přístup získán 2023].

[26] L. M. Millefiori, P. Braca, D. Zissis, G. Spiliopoulos, S. Marano, P. K. Willett a S. Carniel, „COVID-19 impact on global maritime mobility," 10 Září 2021. [Online]. Available: https://www.nature.com/articles/s41598-021-97461-7. [Přístup získán 2023].

[27] A. Veveris, „Changes in use of passenger railway transport due to COVID-19 pandemic and expected prospects in Latvia," 26 Květen 2023. [Online]. Available: https://www.tf.lbtu.lv/conference/proceedings2023/Papers/TF155.pdf. [Přístup získán Červenec 2023].

[28] „Official statistics of Latvia - Passenger traffic," 2 Červen 2023. [Online]. Available: https://stat.gov.lv/en/statistics-themes/business-sectors/passenger-traffic/tables/tpa020-passenger-traffic-million?themeCode. [Přístup získán 2023].

[29] „Tourism Review - Spanish Airports Exceed Pre-Pandemic Passenger Figures," 16 Duben 2023. [Online]. Available: https://www.tourism-review.com/spanish-airports-fully-recovered-the-passenger-numbers-news13048. [Přístup získán 2023].

[30] „Group ADP - June 2023 and 2023 half-year traffic figures," 17 Červenec 2023. [Online]. Available: https://www.parisaeroport.fr/docs/default-source/groupe-fichiers/finance/information-r%C3%A9glement%C3%A9e-amf/communiqu%C3%A9s-information-permanente/2023/adp-june-2023-traffic-figures.pdf?sfvrsn=6d7896dd_2. [Přístup získán 19 Červenec 2023].

[31] „Fraport - Traffic Figures," [Online]. Available: https://www.fraport.com/en/investors/traffic-figures.html. [Přístup získán 17 Červenec 2023].

[32] „Zdopravy.cz - O čtvrtinu méně cestujících než před covidem. Letiště Praha i přes letošní růst zaostává za rokem 2019," 25 Červenec 2023. [Online]. Available: https://zdopravy.cz/o-ctvrtinu-mene-cestujicich-nez-pred-covidem-letiste-praha-i-pres-letosni-rust-zaostava-za-rokem-2019-169416/. [Přístup získán 31 Červenec 2023].

[33] IATA, „Traveler survey reveals COVID-19 concerns," 2020. [Online]. Available: https://www.iata.org/en/pressroom/pr/2020-07-07-01/. [Přístup získán 2023].

[34] A. I. Tikhonov, A. A. Sazonov, V. M. Kraev a I. Kuzmina-Merlino, „The Main Trends and Challenges in The Development of the Different Industries During The COVID-19 Pandemic," 9 Červenec 2022. [Online]. Available: https://doi.org/10.2478/fcds-2022-0012. [Přístup získán 2023].

[35] „Lufthansa Group - Lufthansa reactivates Airbus A380," 27 Červen 2022. [Online]. Available: https://newsroom.lufthansagroup.com/en/lufthansa-reactivates-airbus-a380/. [Přístup získán 2023].

[36] „Heathrow Our Company. Heathrow Implements Capacity Cap," Červenec 2022. [Online]. Available: https://www.heathrow.com/latestnews/. [Přístup získán 2023].

[37] „Forbes - London's Heathrow Airport Extends Passenger Cap Through October," 18 Srpen 2022. [Online]. Available: https://www.forbes.com/sites/suzannerowankelleher/2022/08/16/london-heathrow-extends-passenger-cap/. [Přístup získán 2023].

[38] „CBS News - France has banned short-haul domestic flights. How much it will help combat climate change is up in the air.," 24 Květen 2023. [Online]. Available: https://www.cbsnews.com/news/france-ban-short-haul-domestic-flights-climate-change/#:~:text=France%20has%20banned%20short%2Dhaul,is%20up%20in%20the%20air.&text=Paris%20%2D%20France%20has%20passed%20a,to%20take%20the%20train%20instead.. [Přístup získán Červenec 2023].

[39] „EUROCONTROL - Forecast Update 2021-2024," 21 Květen 2021. [Online]. Available: https://www.eurocontrol.int/publication/eurocontrol-forecast-update-2021-2024. [Přístup získán 2023].

[40] „IATA - Air Passenger Numbers to Recover in 2024," 1 Březen 2022. [Online]. Available: https://www.iata.org/en/pressroom/2022-releases/2022-03-01-01/. [Přístup získán 2023].

[41] „Re-open EU," 1 Červenec 2023. [Online]. Available: https://reopen.europa.eu/cs. [Přístup získán Červenec 2023].

[42] „Business Info - Podmínky pro obchodní a služební cesty do Číny," 1 Červenec 2023. [Online]. Available: https://www.businessinfo.cz/clanky/cina-koronavirus/. [Přístup získán Červenec 2023].

[43] F. Zhang a D. J. Graham, „Air transport and economic growth: a review of the impact mechanism and causal relationships,“ 13 Březen 2023. [Online]. Available: https://doi.org/10.1080/01441647.2020.1738587. [Přístup získán 2023].

[44] V. Urbanová, „Vliv letecké dopravy na vybrané regiony v Turecku,“ Květen 2023. [Online]. Available: http://hdl.handle.net/10467/109517. [Přístup získán Červenec 2023].

[45] N. Sheard, „Airport Size and Urban Growth,“ 9 Únor 2018. [Online]. Available: https://doi.org/10.1111/ecca.12262. [Přístup získán 2023].

[46] ICAO, „Aviation benefits Report,“ 2019. [Online]. Available: https://www.icao.int/sustainability/Documents/AVIATION-BENEFITS-2019-web.pdf. [Přístup získán 2023].

[47] P. Vittek, S. Van Den Bergh, E. Endrizalová a R. Zozuĺák, „METODIKA: Výzkumný projekt TAČR Éta č. TL01000421,“ [Online]. Available: https://uld.fd.cvut.cz/wp-content/uploads/2021/11/Metodika-Hodnota-letecke-dopravy-pro-CR.pdf. [Přístup získán 2023].

[48] J. K. Brueckner, „Airline Traffic and Urban Economic Development,“ Červenec 2003. [Online]. Available: https://doi.org/10.1080/004209803200009.

[49] R. K. Green, „Airports and Economic Development,“ 22 Únor 2007. [Online]. Available: https://doi.org/10.1111/j.1540-6229.2007.00183.x. [Přístup získán 2023].

[50] „Heathrow Company - Traffic statistics,“ [Online]. Available: https://www.heathrow.com/company/investor-centre/reports/traffic-statistics. [Přístup získán 17 Červenec 2023].

[51] „Corporate Berlin - Traffic statistics,“ [Online]. Available: https://corporate.berlin-airport.de/en/company-media/berlin-brandenburg-airport/verkehrsstatistik.html. [Přístup získán 17 Červenec 2023].

[52] „Group ADP - Traffic of Paris Aéroport and Groupe ADP airports,“ 19 Červen 2023. [Online]. Available: https://www.parisaeroport.fr/en/group/finance/investor-relations/traffic. [Přístup získán 19 Červenec 2023].

[53] „Aeroporti di Roma - Traffic data,“ 27 Červen 2023. [Online]. Available: https://www.adr.it/web/aeroporti-di-roma-en/bsn-traffic-data. [Přístup získán 17 Červenec 2023].

[54] „Schiphol - Traffic and transport figures,“ [Online]. Available: https://www.schiphol.nl/en/schiphol-group/page/transport-and-traffic-statistics/. [Přístup získán 17 Červenec 2023].

[55] „Hong Kong International Airport,“ [Online]. Available: https://www.hongkongairport.com/en/the-airport/hkia-at-a-glance/fact-figures.page. [Přístup získán 17 Červenec 2023].

[56] „Port Authority NY NJ - Data & Statistics,“ [Online]. Available: https://www.panynj.gov/airports/en/statistics-general-info.html. [Přístup získán 17 Červenec 2023].

[57] „Fly Chicago - Air Traffic Data,“ [Online]. Available: https://www.flychicago.com/business/CDA/factsfigures/Pages/airtraffic.aspx. [Přístup získán 17 Červenec 2023].

[58] „Who's Who - Beijing Capital International Airport Company Limited," 27 Duben 2023. [Online]. Available: https://webb-site.com/dbpub/docs.asp?p=11291. [Přístup získán 17 Červenec 2023].

[59] „Office for National Statistics - Gross Domestic Product," 30 Červen 2023. [Online]. Available: https://www.ons.gov.uk/economy/grossdomesticproductgdp/timeseries/abmi/pn2. [Přístup získán 17 Červenec 2023].

[60] „FRED - Economic Research - Federal Reserve Bank of St. Louis," Květen - Červen 2023. [Online]. Available: https://fred.stlouisfed.org/. [Přístup získán 17 Červenec 2023].

[61] „CEIC data," Květen - Červen 2023. [Online]. Available: https://www.ceicdata.com/de. [Přístup získán 14 Červen 2023].

[62] „Statista - Number of people unemployed in the Republic of Ireland from January to May 2023," Květen 2023. [Online]. Available: https://www.statista.com/statistics/936032/monthly-unemployment-figures-ireland/. [Přístup získán 29 Červen 2023].

[63] „the Wolrd Bank," 29 Červen 2023. [Online]. Available: https://www.worldbank.org/en/home. [Přístup získán 17 Červenec 2023].

[64] I. Křivý, „Analýza časových řad," 2012. [Online]. Available: https://web.osu.cz/~Bujok/files/ancas.pdf. [Přístup získán 7 Červen 2023].

[65] „Odhady parametrů základního souboru," [Online]. Available: https://cit.vfu.cz/statpotr/POTR/Teorie/Predn2/odhady.htm. [Přístup získán Červen 2023].

[66] „Testy nezávislosti,“ [Online]. Available: http://staff.utia.cas.cz/uglickich/pdfka/PrednaskaSTAT9_DISTAN.pdf. [Přístup získán Červen 2023].

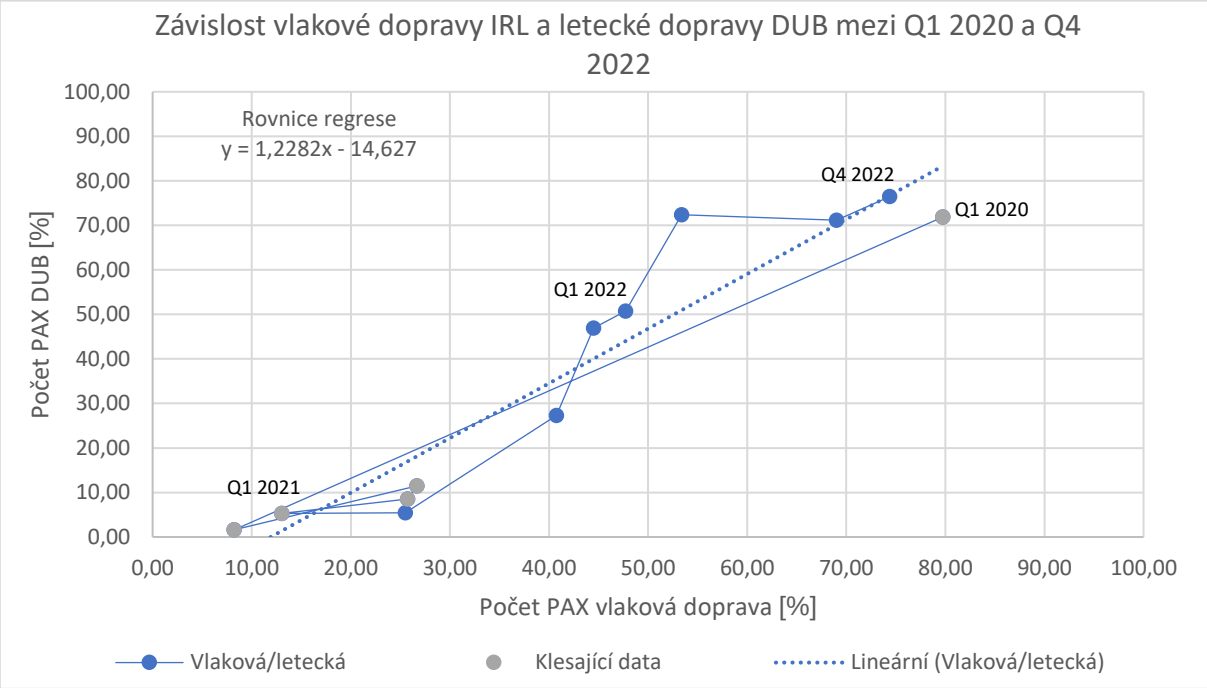
[67] „Normální rozdělení pravděpodobnosti,“ [Online]. Available: https://portal.matematickabiologie.cz/index.php?pg=aplikovana-analyza-klinickych-a-biologickych-dat--biostatistika-pro-matematickou-biologii--nahodna-velicina-rozdeleni-pravdepodobnosti-a-realna-data--normalni-rozdeleni-pravdepodobnosti#:~:text=Norm%C3%A1. [Přístup získán 18 Červenec 2023].

[68] „Nelineární korelační závislost,“ [Online]. Available: https://cit.vfu.cz/statpotr/POTR/Teorie/Predn5/nelinear.htm. [Přístup získán Červen 2023].

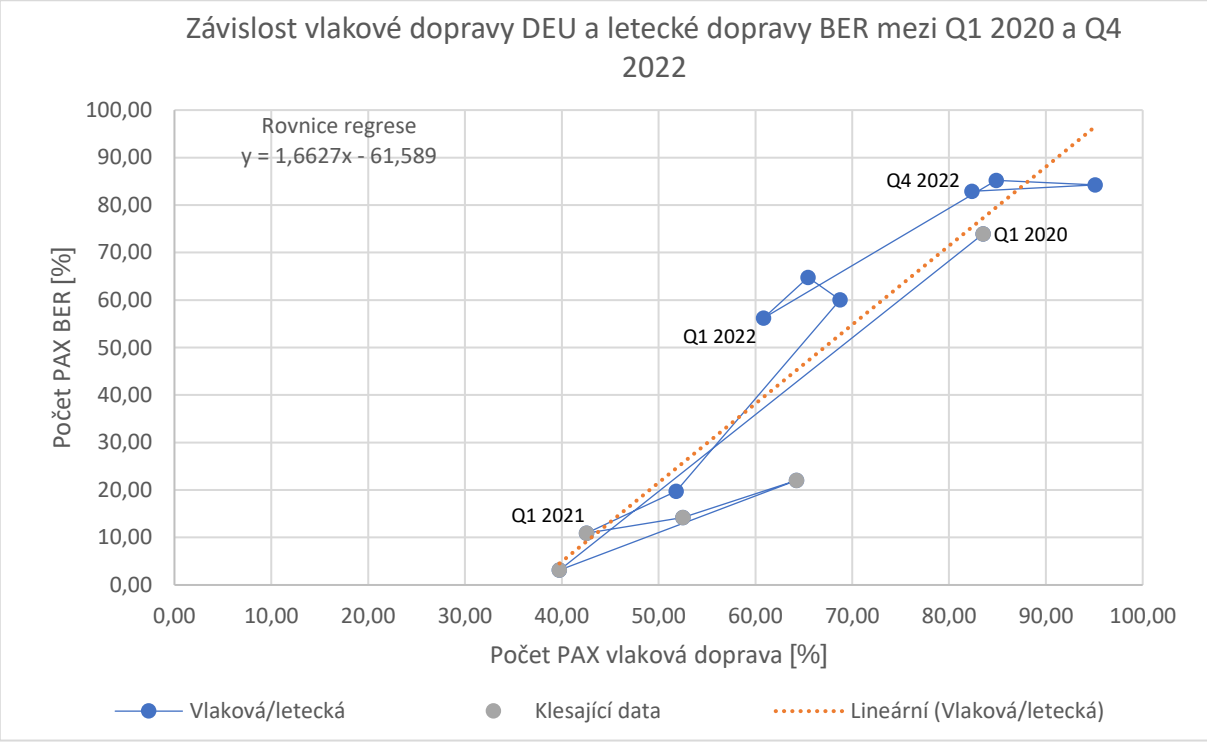
[69] „Parametrické testy,“ [Online]. Available: https://cit.vfu.cz/statpotr/POTR/Teorie/Predn3/Ftest.htm.

[70] „Testování statistických hypotéz,“ [Online]. Available: https://homel.vsb.cz/~oti73/cdpast1/KAP11/KAP12.HTM#:~:text=Hladina%20v%C3%BDznamnosti%20je%20pravd%C4%9Bpodobnost%2C%20%C5%BEe,nulovou%20hypot%C3%A9zu%20jako%20definitivn%C4%9B%20pravdivou.. [Přístup získán Červenec 2023].

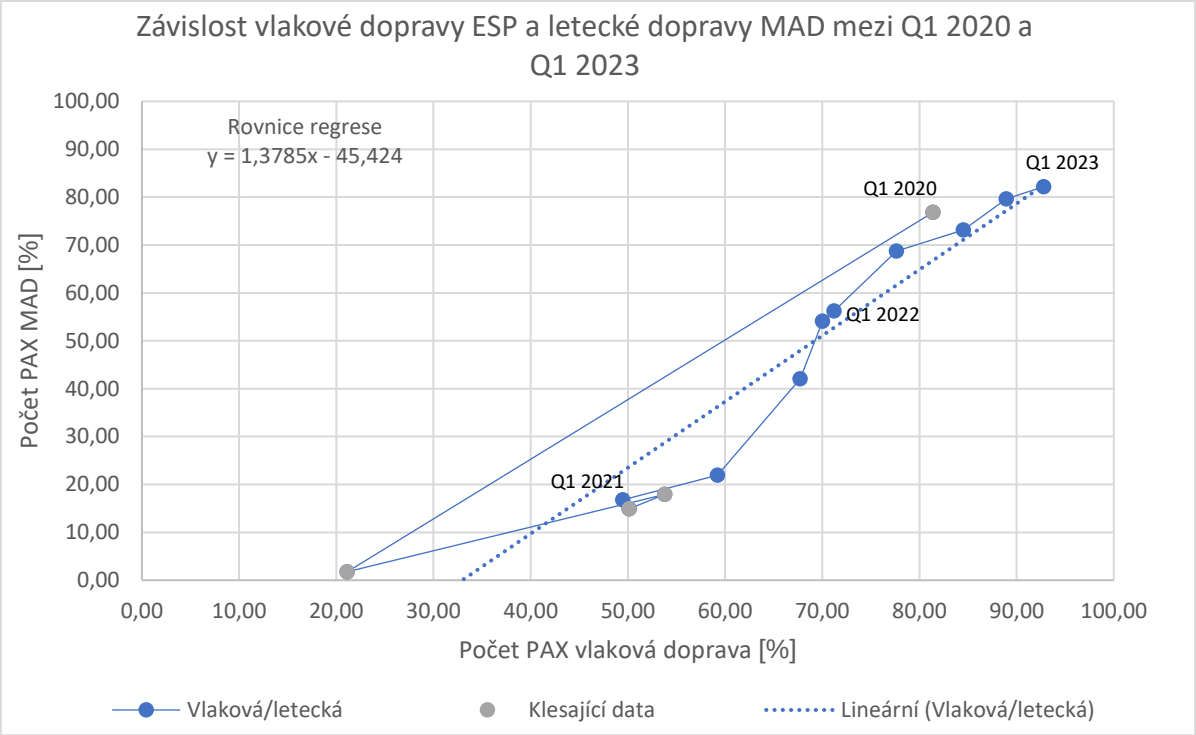
Příloha A – Závislosti vlakové a letecké dopravy



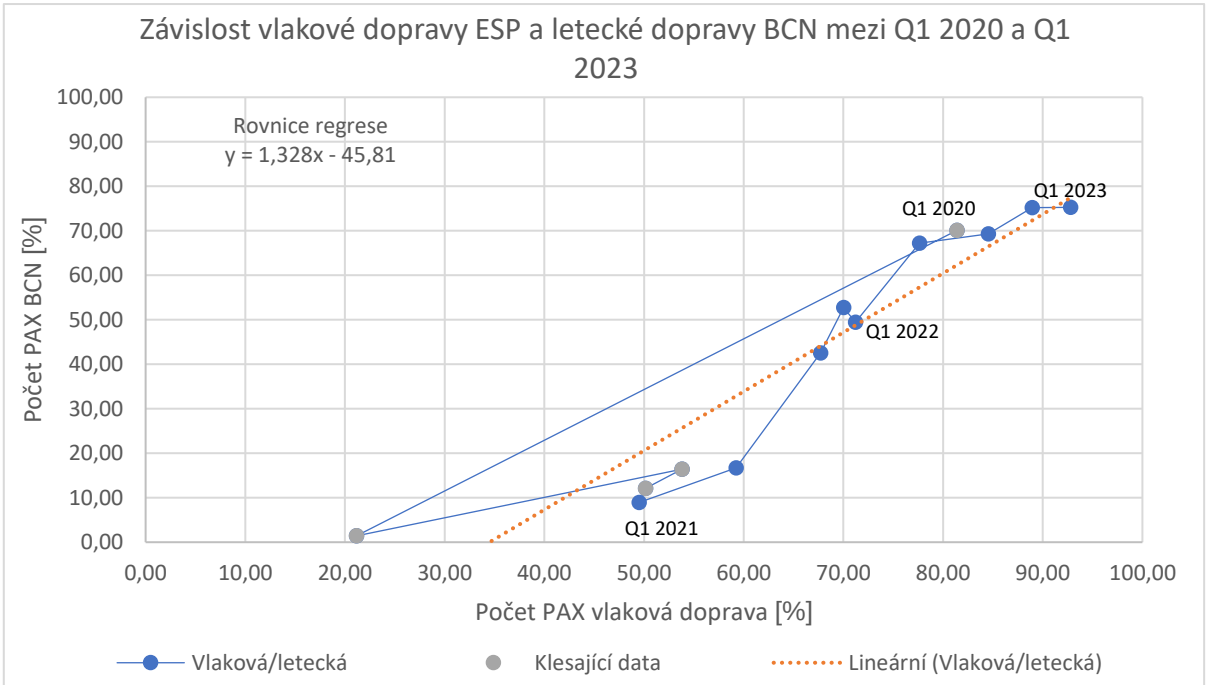
Obrázek 17 - Závislost vlakové dopravy v Irsku a letecké dopravy Dublinu mezi Q1 2020 a Q4 2022



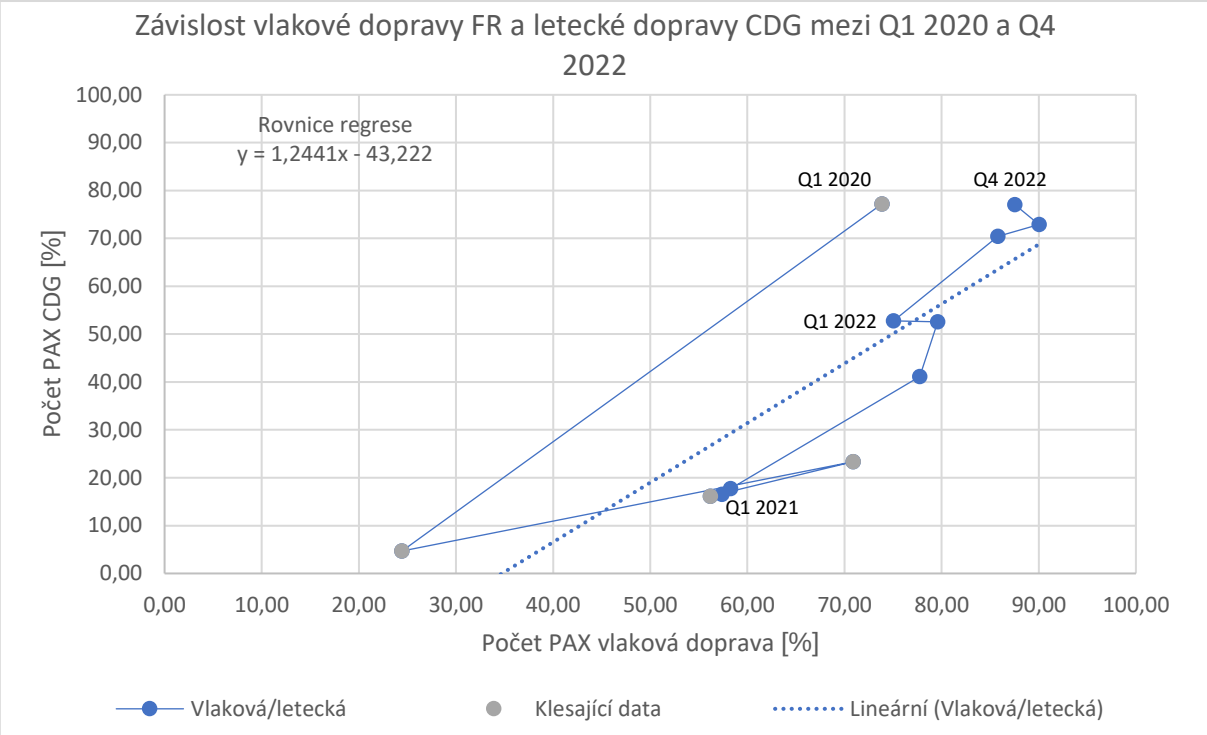
Obrázek 18 - Závislost vlakové dopravy v Německu a letecké dopravy v Berlíně mezi Q1 2020 a Q4 2022



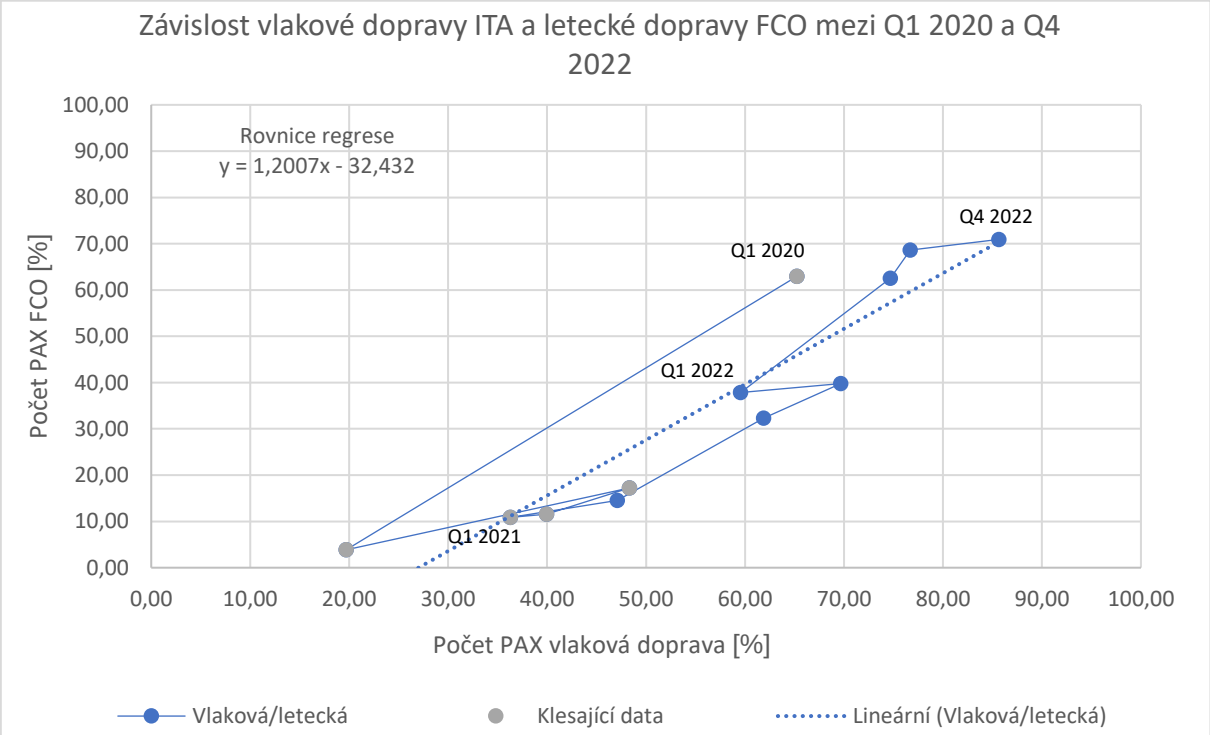
Obrázek 19 - Závislost vlakové dopravy ve Španělsku a letecké dopravy v Madridu mezi Q1 2020 a Q1 2023



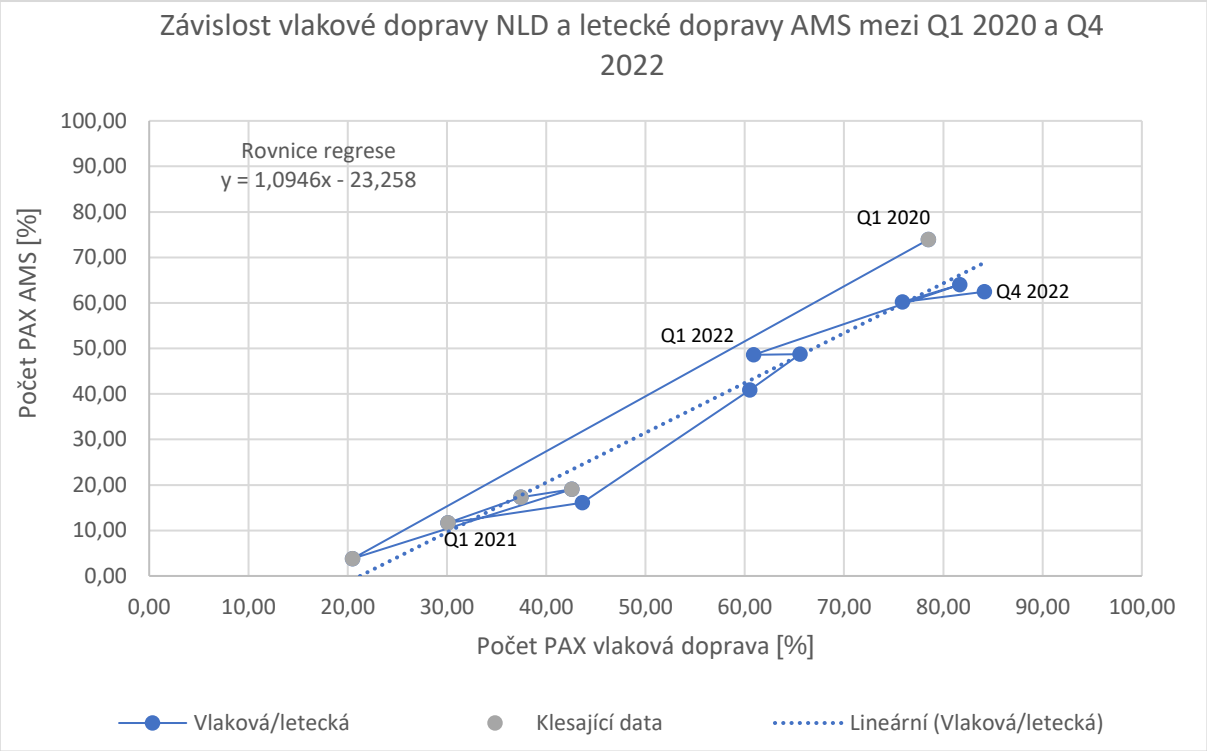
Obrázek 20 - Závislost vlakové dopravy ve Španělsku a letecké dopravy v Barceloně mezi Q1 2020 a Q1 2023



Obrázek 21 - Závislost vlakové dopravy ve Francii a letecké dopravy v Paříži mezi Q1 2020 a Q4 2022

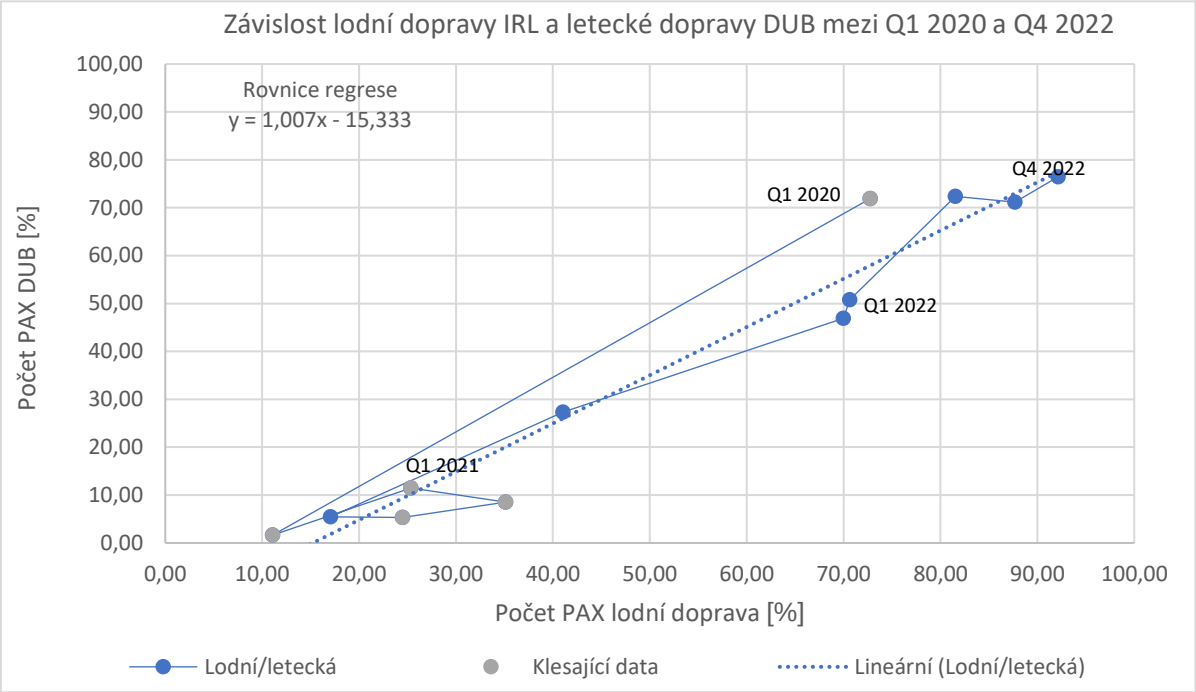


Obrázek 22 - Závislost vlakové dopravy v Itálii a letecké dopravy v Římě mezi Q1 2020 a Q4 2022

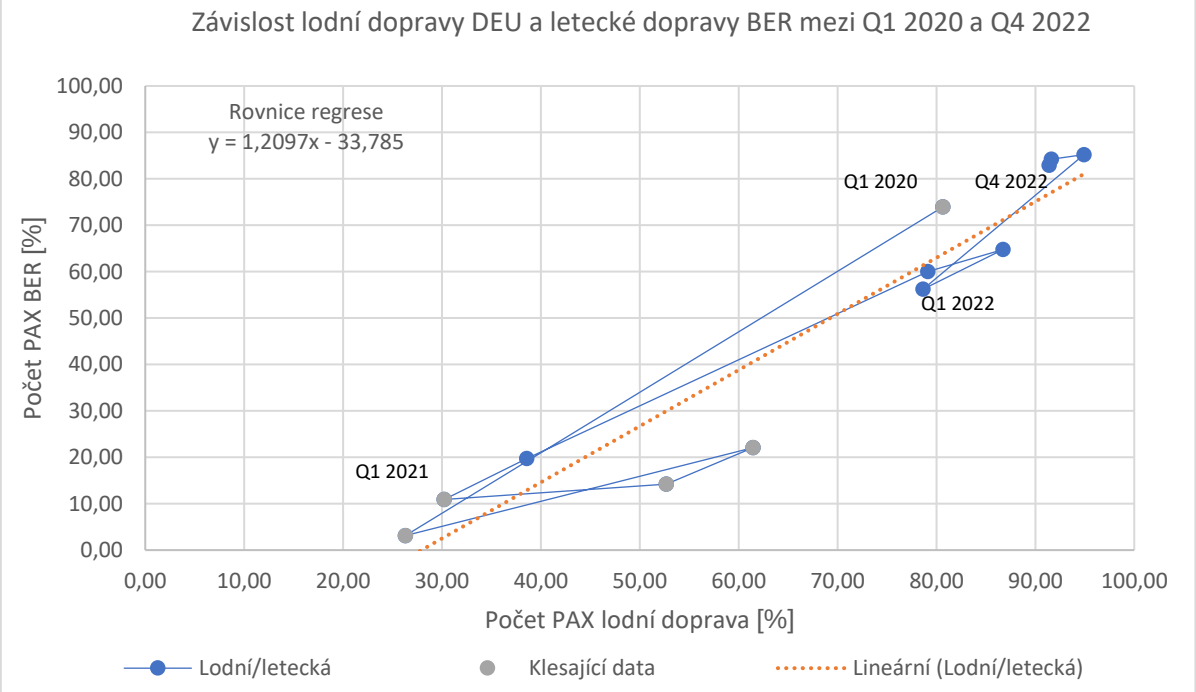


Obrázek 23 - Závislost vlakové dopravy v Nizozemsku a letecké dopravy v Amstrdamu mezi Q1 2020 a Q4 2022

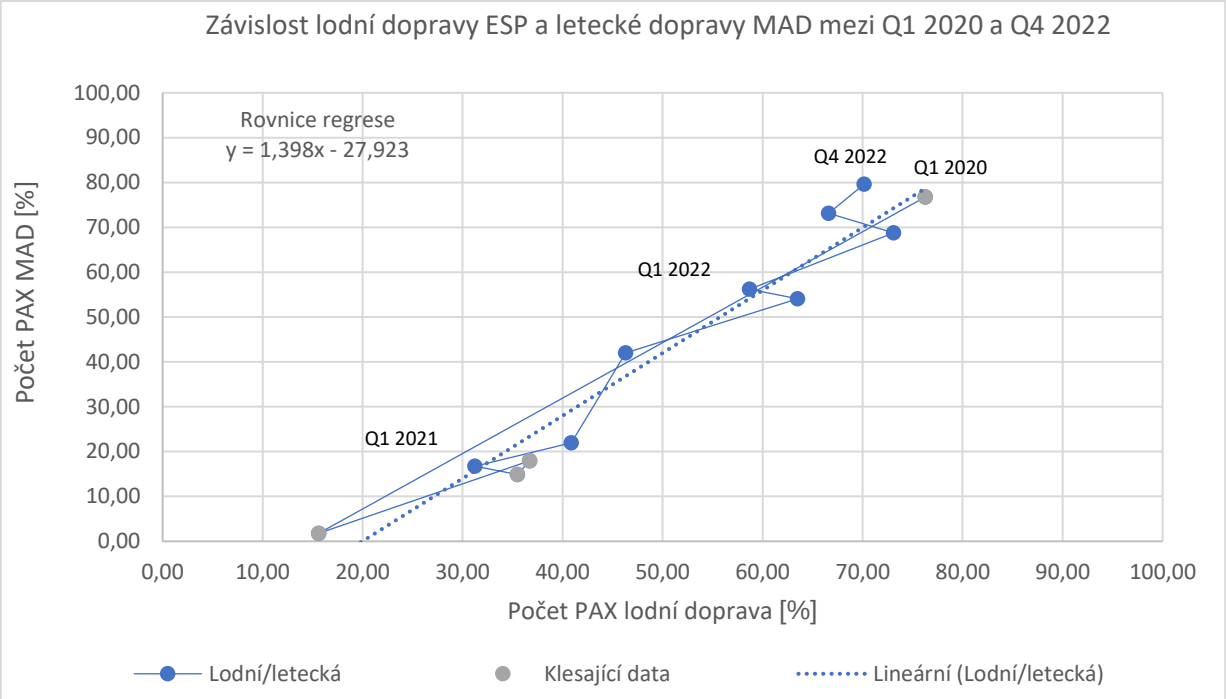
Příloha B – Závislosti lodní a letecké dopravy



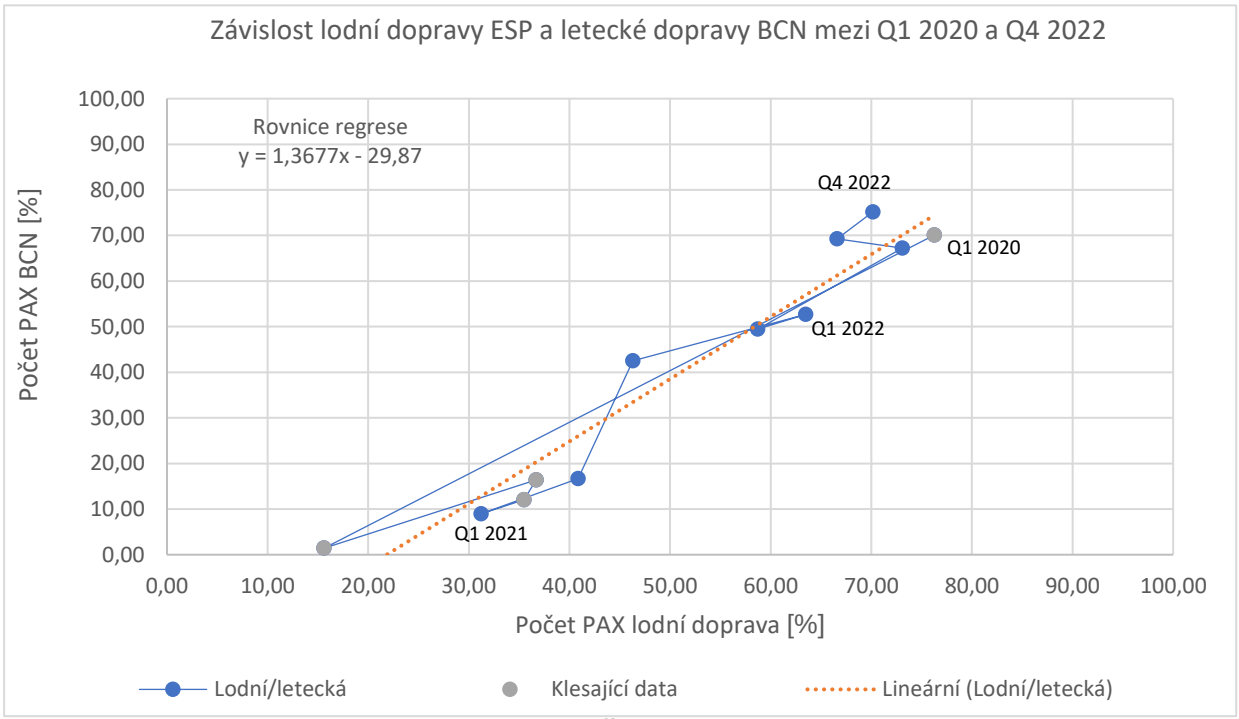
Obrázek 24 - Závislost lodní dopravy v Irsku a letecké dopravy v Dublinu mezi Q1 2020 a Q4 2022



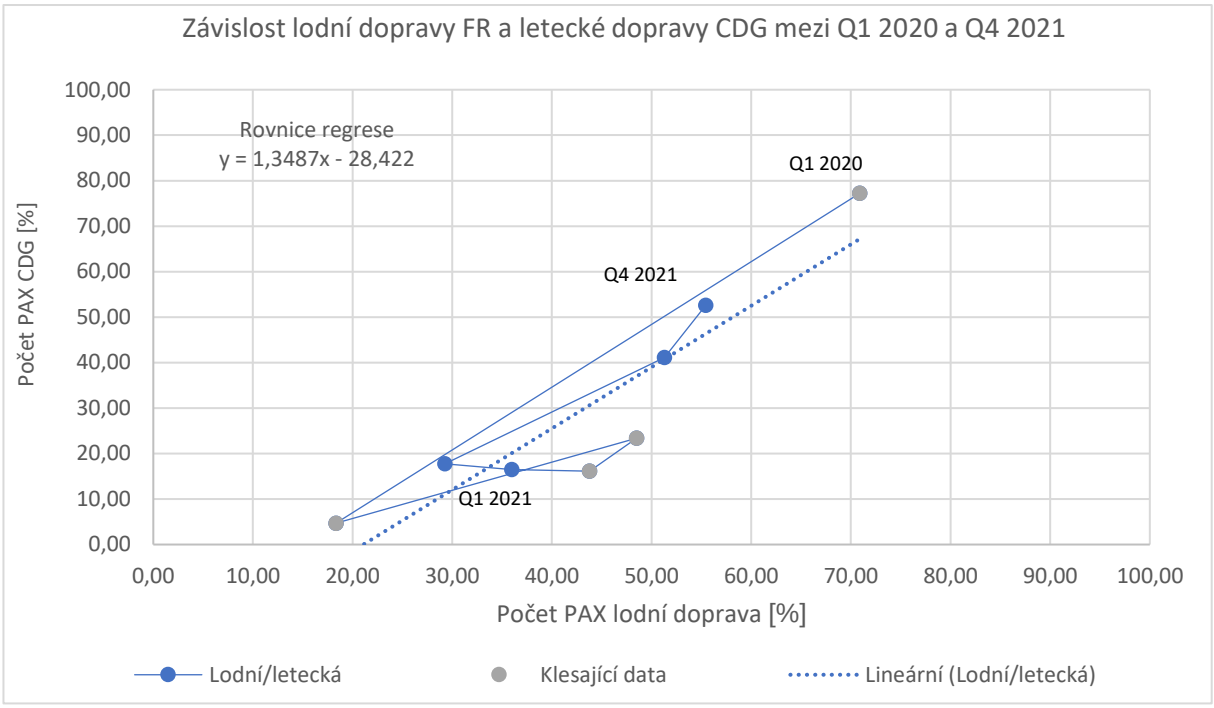
Obrázek 25 - Závislost lodní dopravy v Německu a letecké dopravy v Berlíně mezi Q1 2020 a Q4 2022



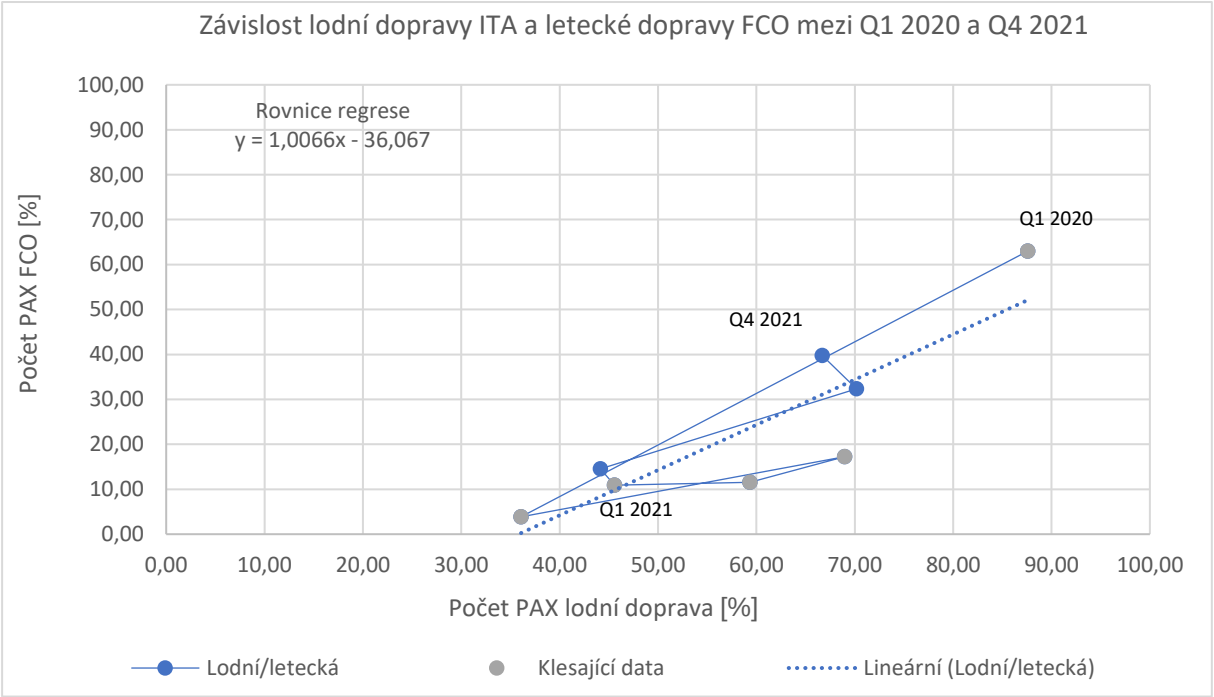
Obrázek 26 - Závislost lodní dopravy ve Španělsku a letecké dopravy v Madridu mezi Q1 2020 a Q4 2022



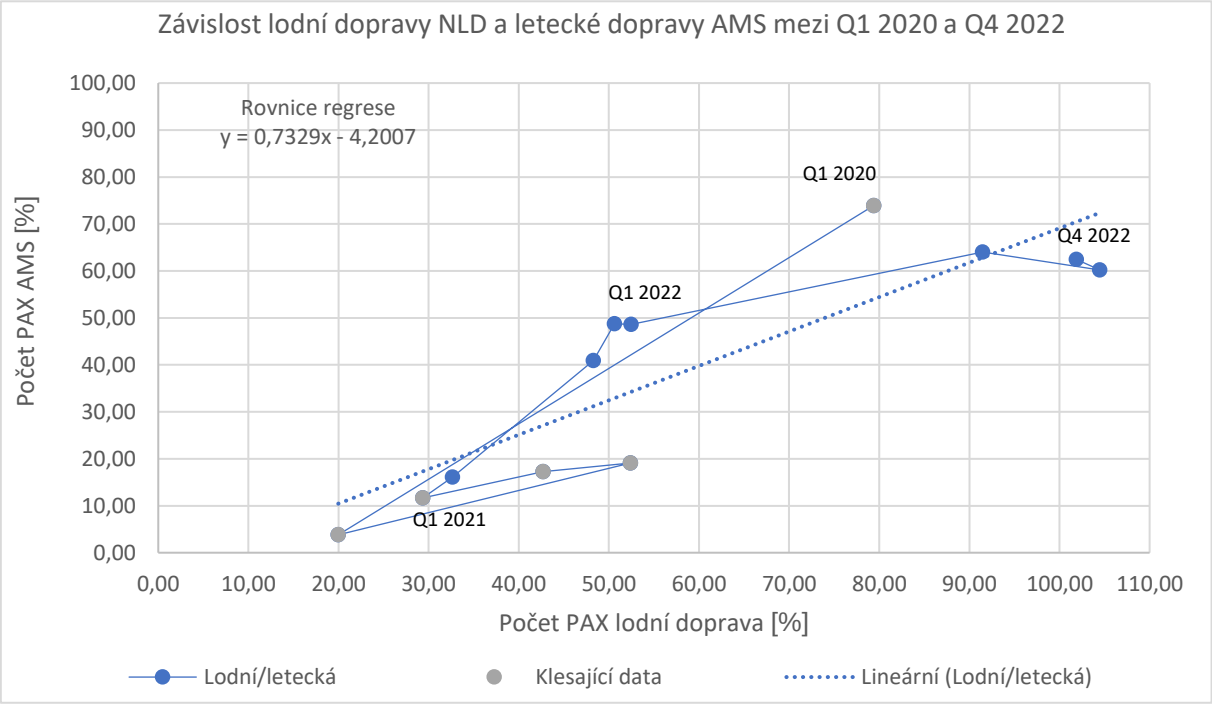
Obrázek 27 - Závislost lodní dopravy ve Španělsku a letecké dopravy v Barceloně mezi Q1 2020 a Q4 2022



Obrázek 28 - Závislost lodní dopravy ve Francii a letecké dopravy v Paříži mezi Q1 2020 a Q4 2021

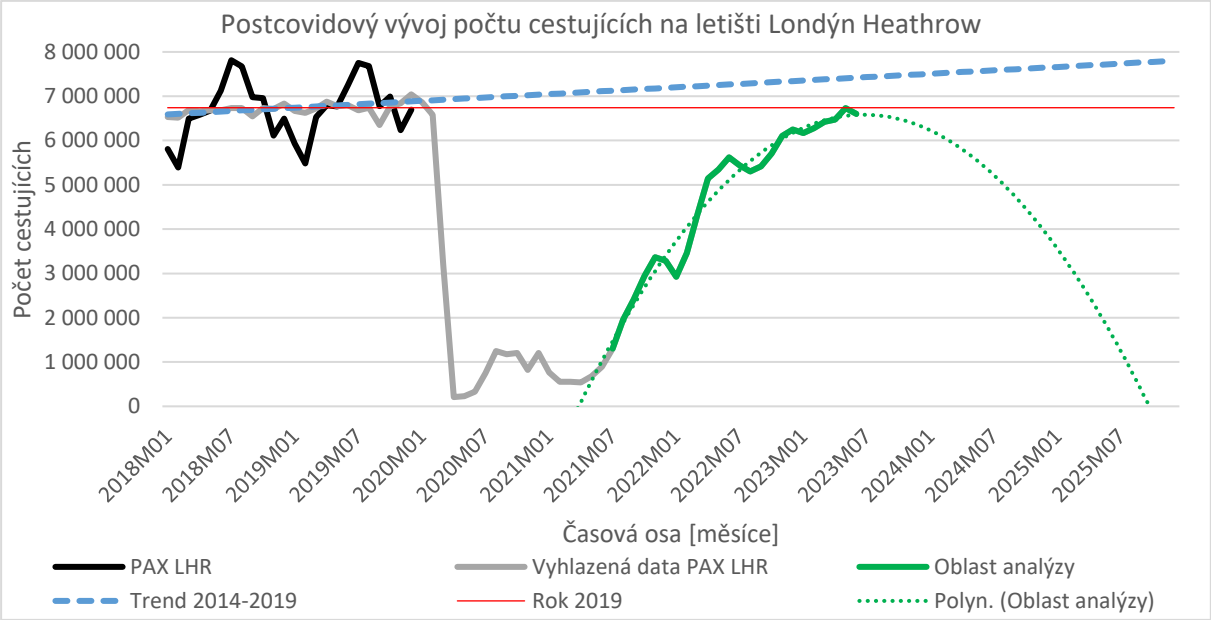


Obrázek 29 - Závislost lodní dopravy v Itálii a letecké dopravy v Římě mezi Q1 2020 a Q4 2021

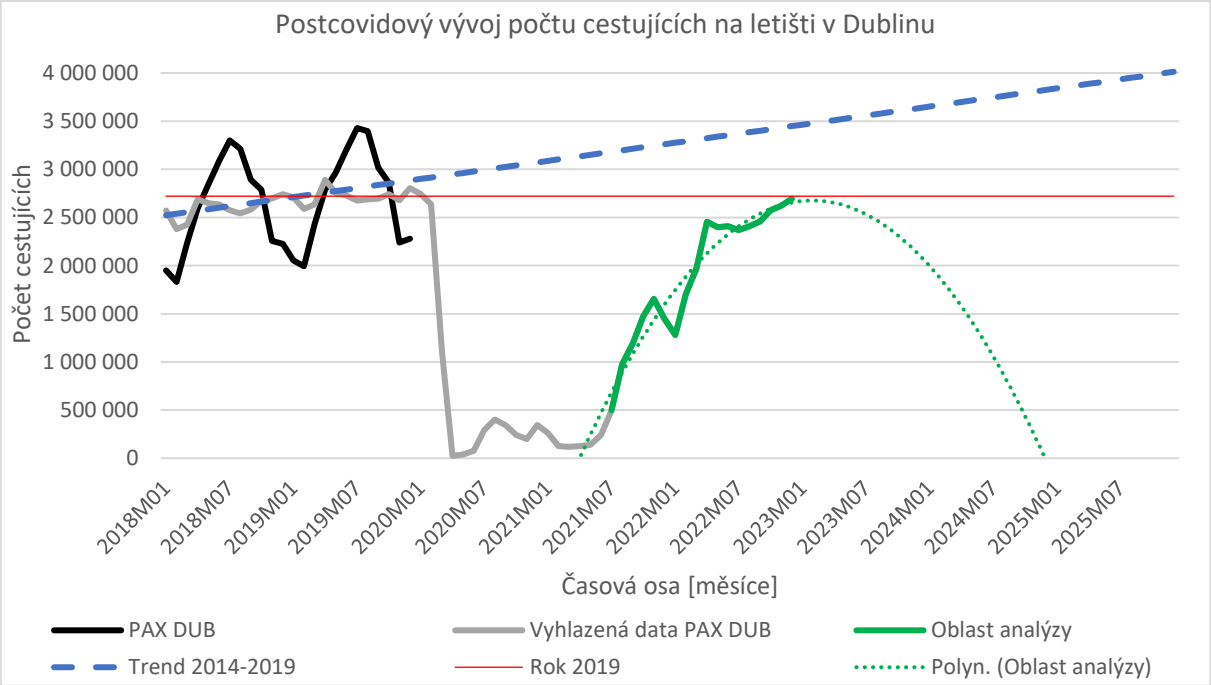


Obrázek 30 - Závislost lodní dopravy v Nizozemsku a letecké dopravy v Amstrdamu mezi Q1 2020 a Q4 2022

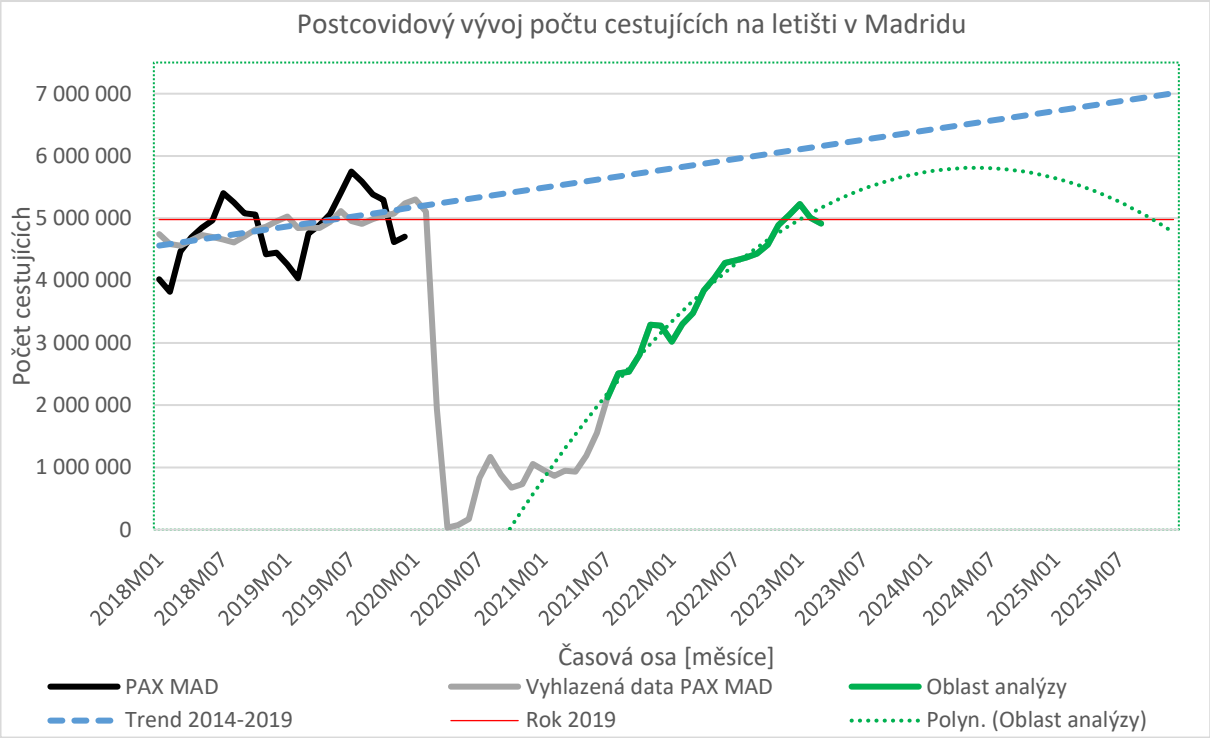
Příloha C – Vývoj na letištích



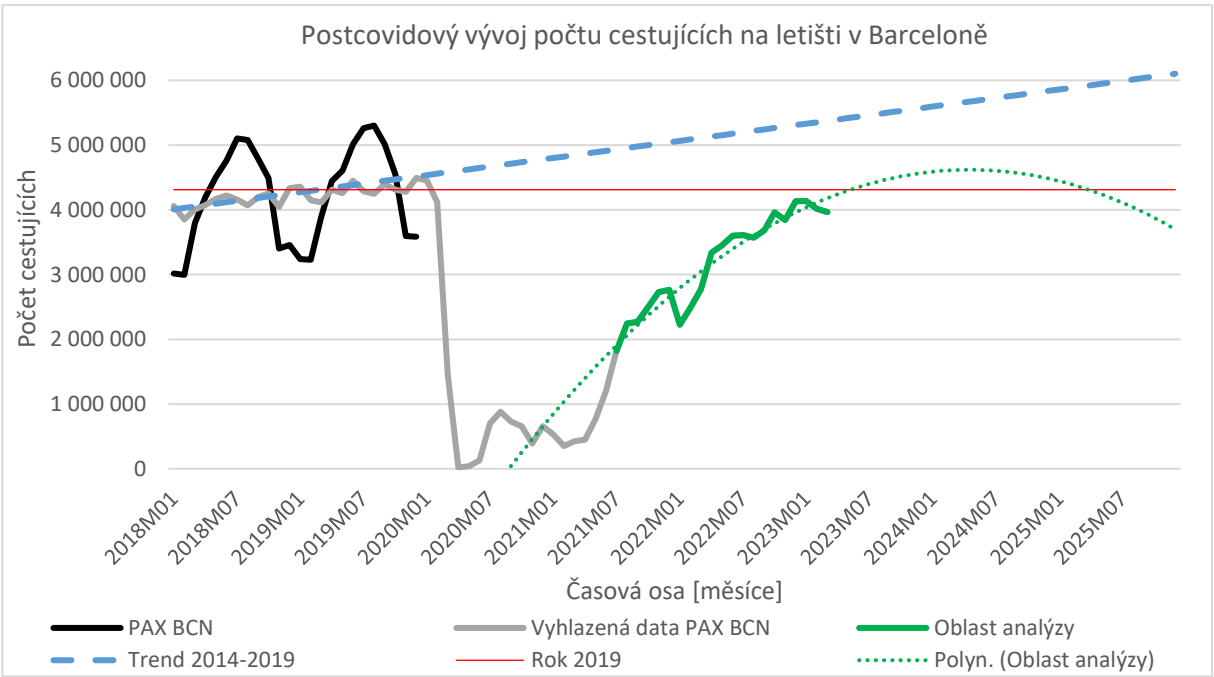
Obrázek 31 - Postcovidový vývoj počtu cestujících na letišti v Londýně



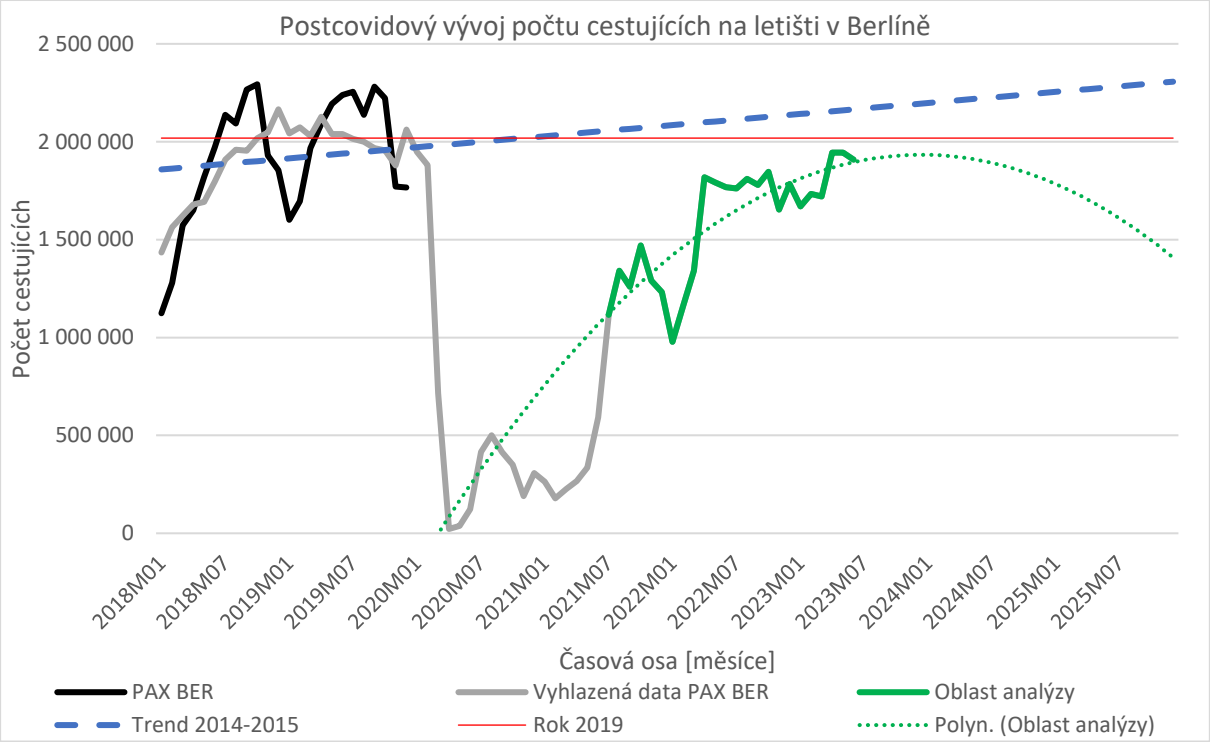
Obrázek 32 - Postcovidový vývoj počtu cestujících na letišti v Dublinu



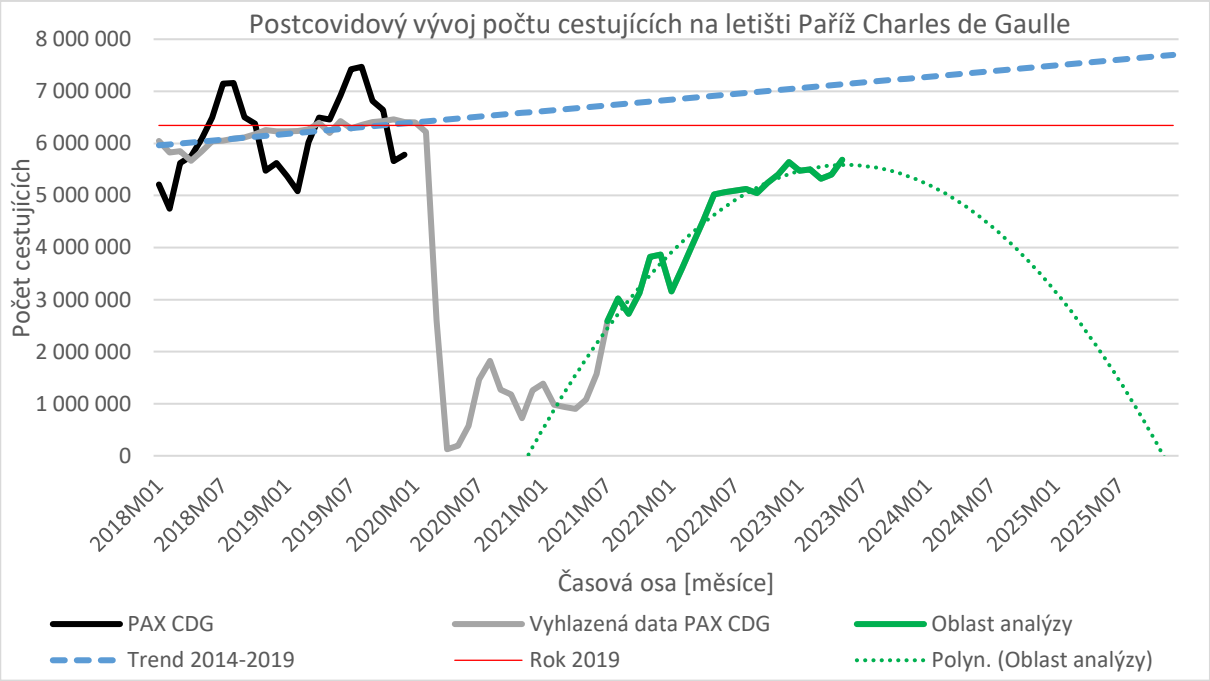
Obrázek 33 - Postcovidový vývoj počtu cestujících na letišti v Madridu



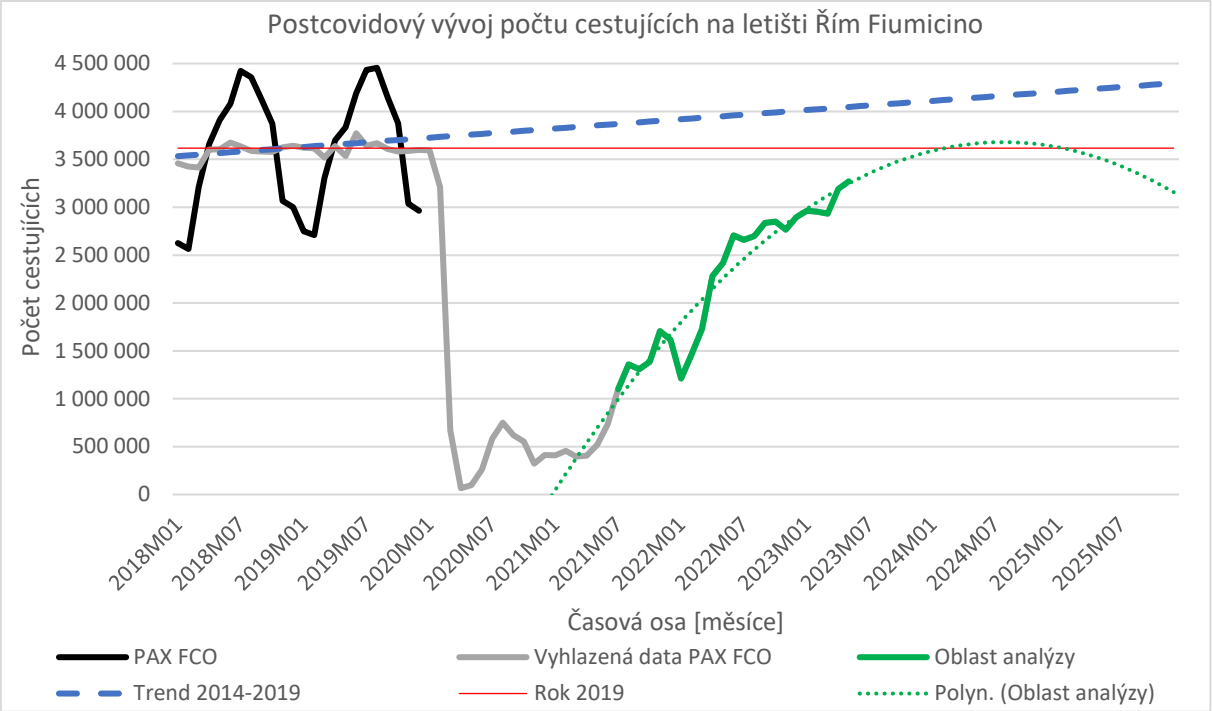
Obrázek 34 - Postcovidový vývoj počtu cestujících na letišti v Barceloně



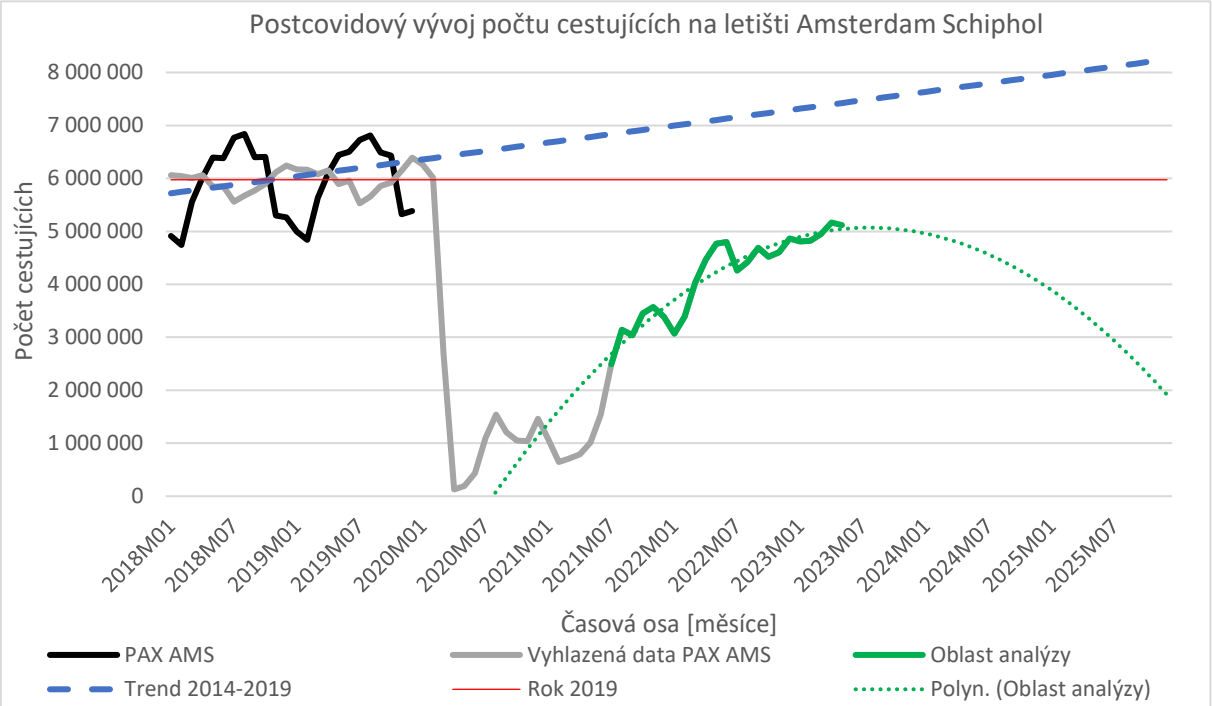
Obrázek 35 - Postcovidový vývoj počtu cestujících na letišti v Berlíně



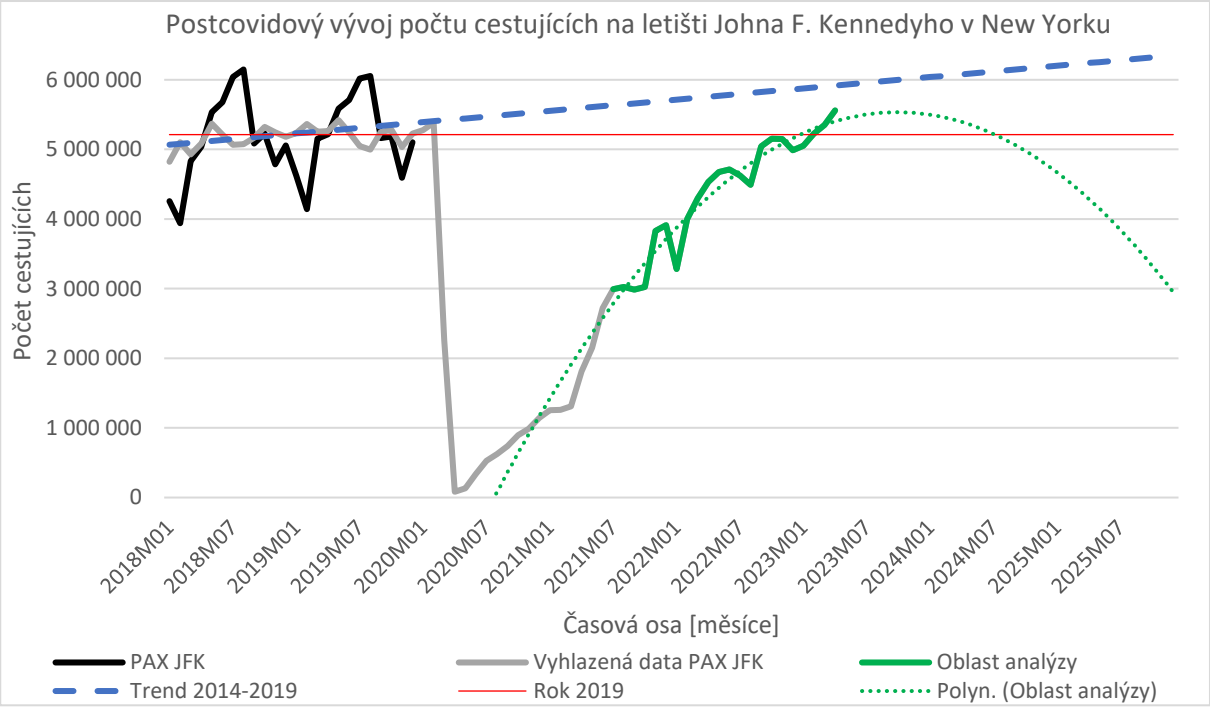
Obrázek 36 - Postcovidový vývoj počtu cestujících na letišti v Paříži



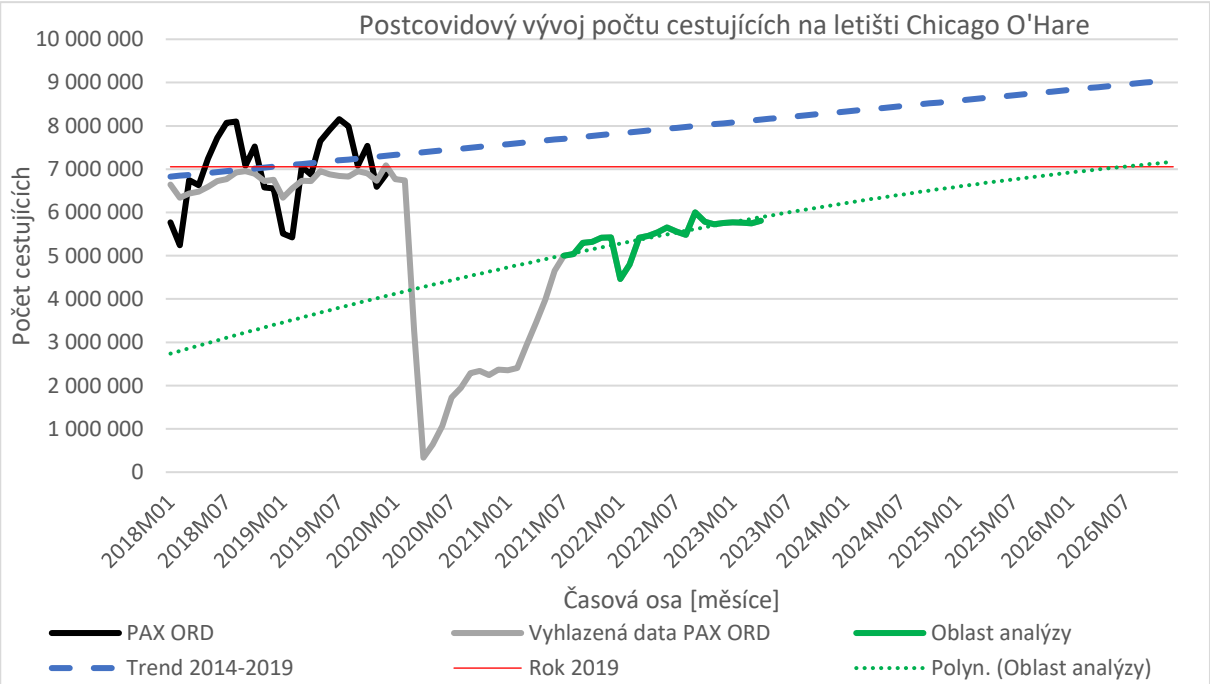
Obrázek 37 - Postcovidový vývoj počtu cestujících na letišti v Římě



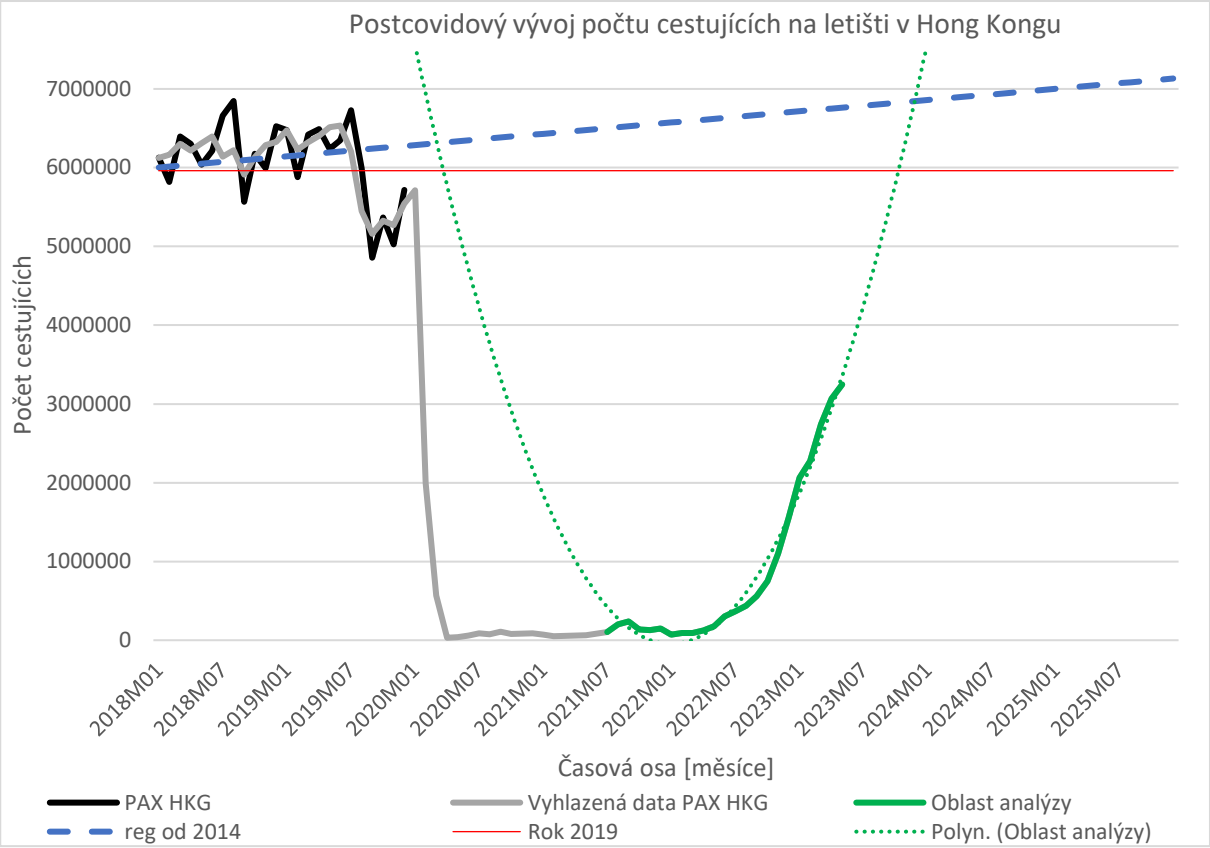
Obrázek 38 - Postcovidový vývoj počtu cestujících na letišti v Amsterdamu



Obrázek 39 - Postcovidový vývoj počtu cestujících na letišti v New Yorku



Obrázek 40 - Postcovidový vývoj počtu cestujících na letišti v Chicagu



Obrázek 41 - Postcovidový vývoj počtu cestujících na letišti v Hong Kongu

Příloha D – Ukázka kódů použitých v programu MATlab

```
clear
close all

T=readtable("regresnitesty.xlsx",Sheet="vyhlazena letiste",VariableNamingRule="preserve")
mesic=T.mesic;
FRA=T.("FRAvdPAX")

plot(mesic,FRA,"black*")

model1=fitlm(mesic,FRA,"linear")
model2=fitlm(mesic,FRA,"poly2")

FRAteor=predict(model2,mesic);
hold on
plot(mesic,FRAteor,"red-")
```

Obrázek 42 - Kód v programu MATlab pro test polynomické regrese počtu pasažérů na letišti ve Frankfurtu

```
clear
close all

T=readtable("regresnitesty2.xlsx",Sheet="nezam",VariableNamingRule="preserve")
DEUnezam=T.("DEU - Nez/100000ob");
FRA=T.("FRA PAX %");
plot(DEUnezam,FRA,"black*")

[h,pnormx]=adtest(DEUnezam)
[h,pnormyfra]=adtest(FRA)

[rfra,pnezfra]=corr(DEUnezam,FRA,"type","Spearman")

model1=fitlm(DEUnezam,FRA,"linear")
model2=fitlm(DEUnezam,FRA,"poly2")
FRAteor=predict(model1,DEUnezam);

hold on
plot(DEUnezam,FRAteor,"red-")
```

Obrázek 43 - Kód v programu MATlab pro test regrese mezi počty pasažérů na letišti ve Frankfurtu a počty nezaměstnaných v DEU

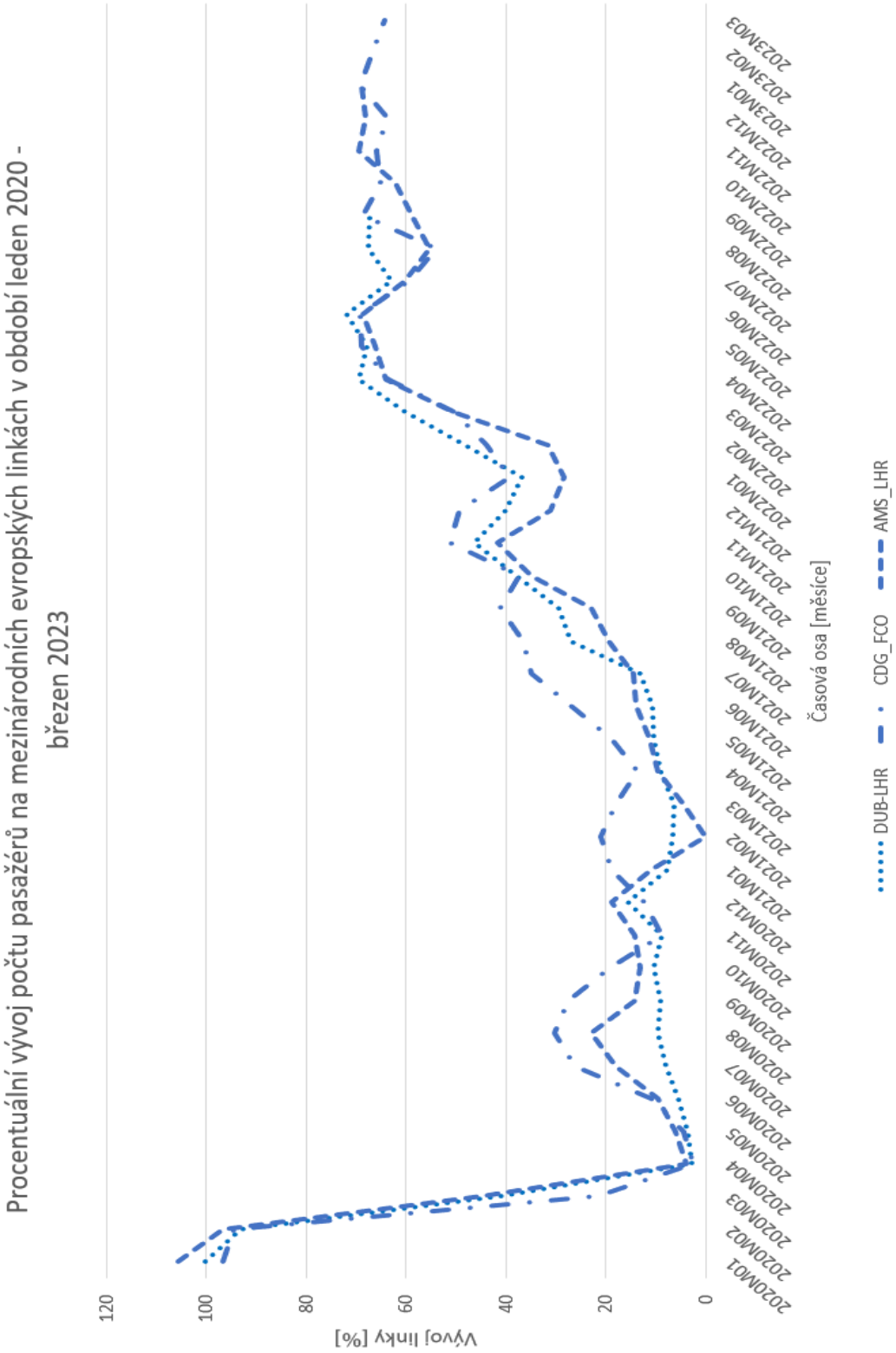
Vysvětlení příkazů k obrázku číslo 45. Příkazem *readtable* jsou načtena data ze souboru MS Excel. Do parametrů se vkládá název souboru a list, který má být načten. Tabulka je poté uložena jako matice T. Poté jsou z matice T načteny konkrétní sloupce do zvolených proměnných a pomocí příkazu *plot* jsou vykresleny. Následuje test normality pomocí příkazu

adtest. Vstupem tohoto příkazu jsou v předchozím kroku definované proměnné a výstupem poté proměnné *pnormx/y*. Ty udávají p-hodnotu testu normality. Dalším testem je test nezávislosti. Tento test se provádí pomocí příkazu *corr*. Vloženy jsou opět zvolené proměnné a parametr určující typ testu, tedy „Pearson“, „Spearman“ nebo „F-test“. Výsledkem tohoto testu je proměnná *pnez*, která ukazuje p-hodnotu pro tento test.

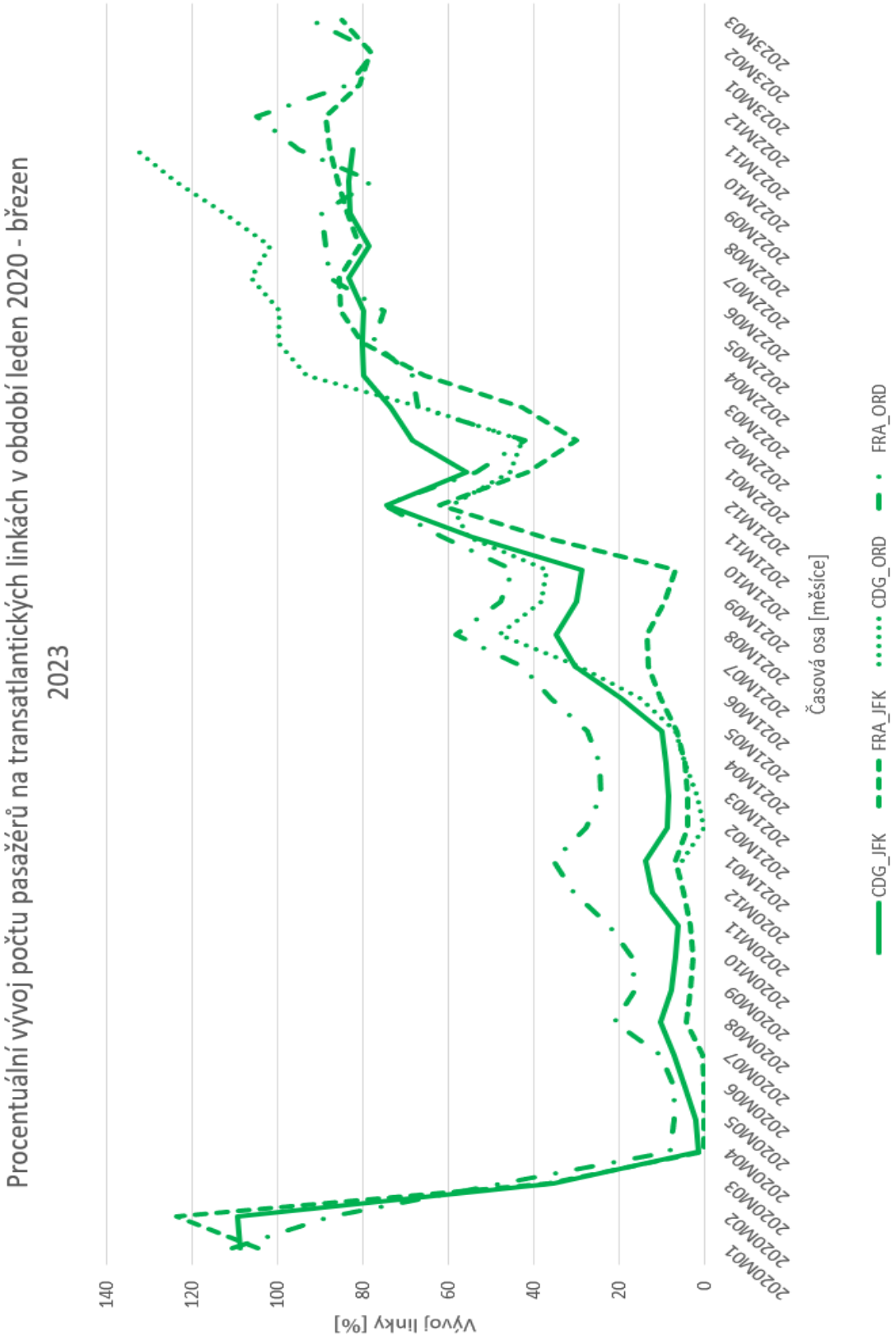
Posledním příkazem je funkce *fitlm*. Touto funkcí je testována vhodnost parametrů regresní rovnice. Opět jsou vloženy předem definované proměnné a parametr udávající stupeň regrese. Výsledkem tohoto příkazu je tabulka, která obsahuje hodnoty odhadované regresní rovnice zvoleného stupně a také s p-hodnoty určující vhodnost koeficientů.

Poslední příkazy *predict* a *plot* již pouze vykreslují výslednou regresní křivku.

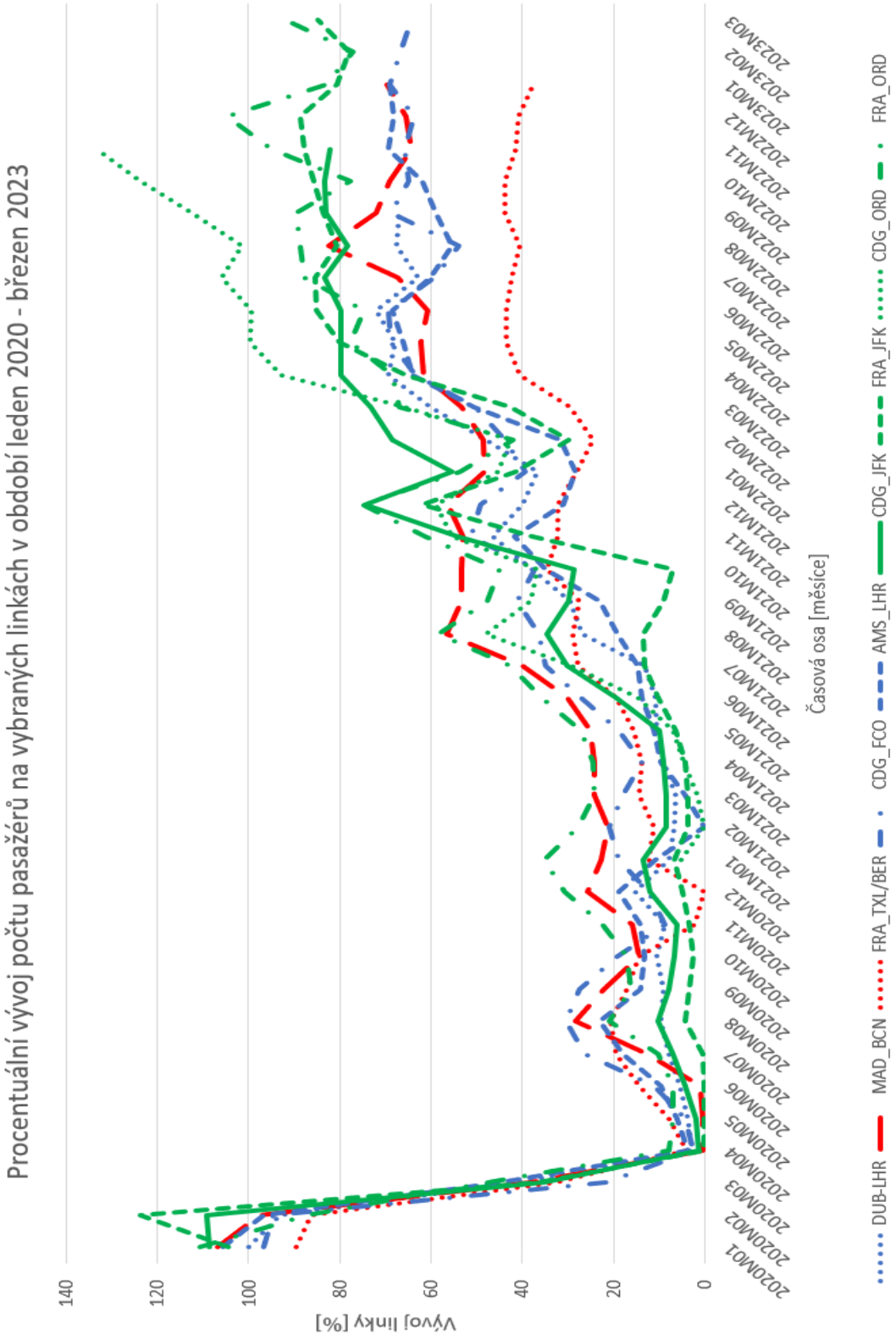
Příloha E – Vývoj na linkách



Obrázek 44 - Procentuální vývoj postcovidových dat oproti bezcovidovému vývoji na evropských mezinárodních linkách

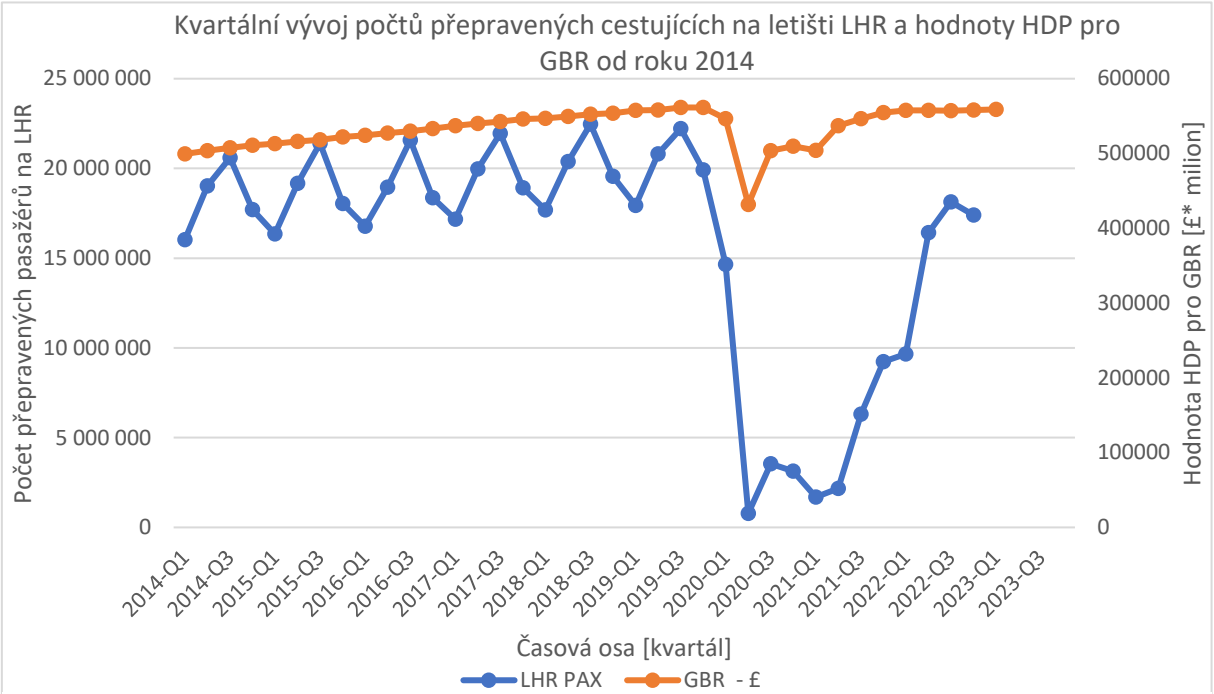


Obrázek 45 - Procentuální vývoj postcovidových dat oproti bezcovidovému vývoji na evropských mezinárodních linkách

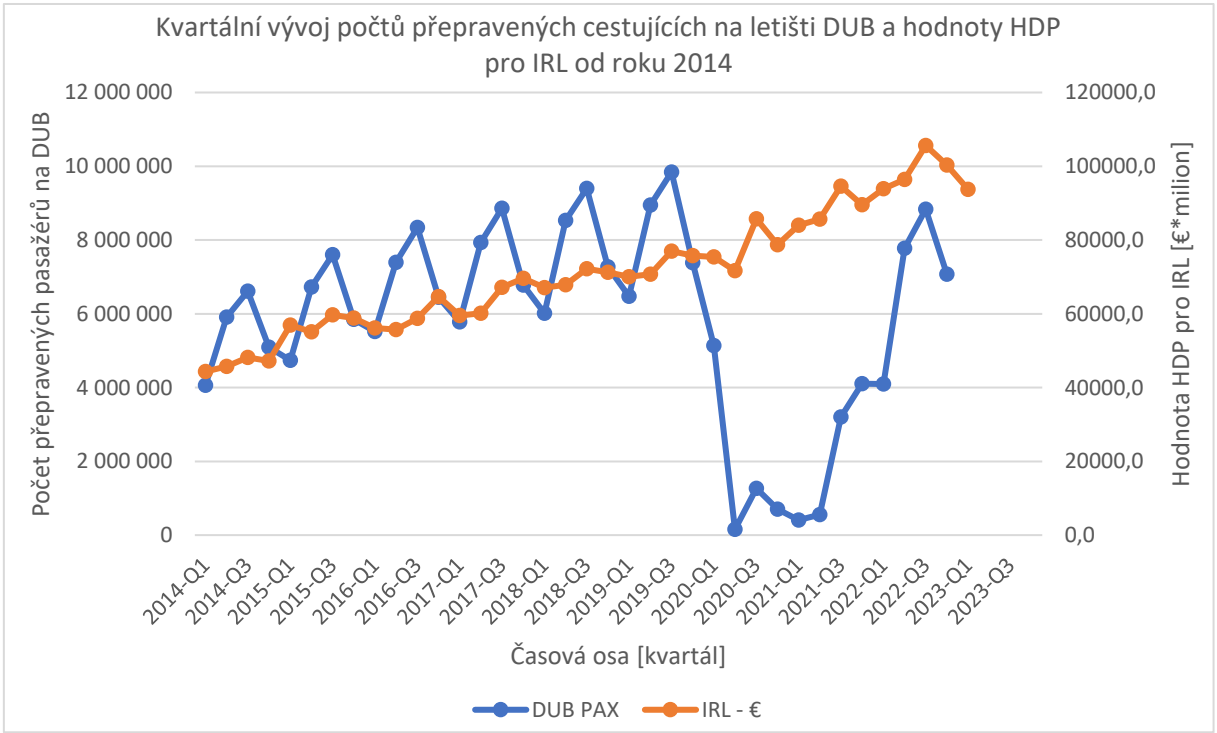


Obrázek 46 - Procentuální vývoj postcovidových dat oproti bezcovidovému vývoji na vybraných linkách

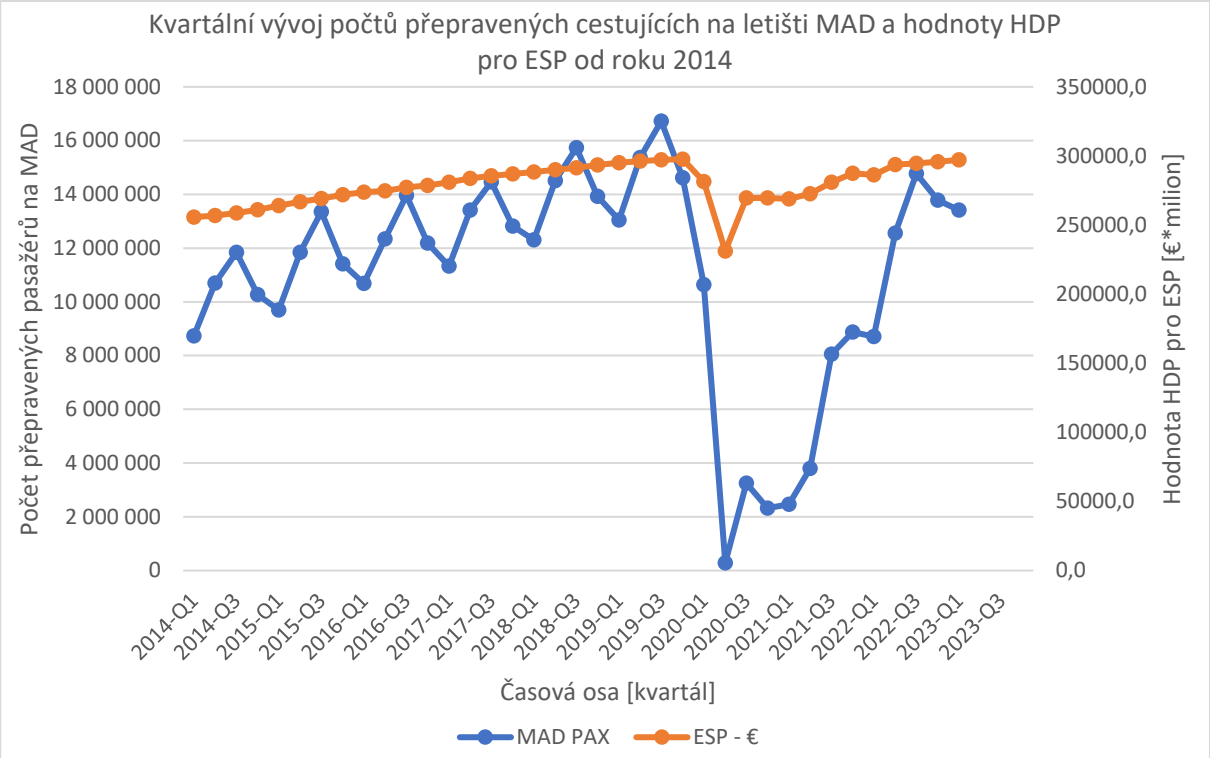
Příloha F – Vývoj letecké dopravy a HDP



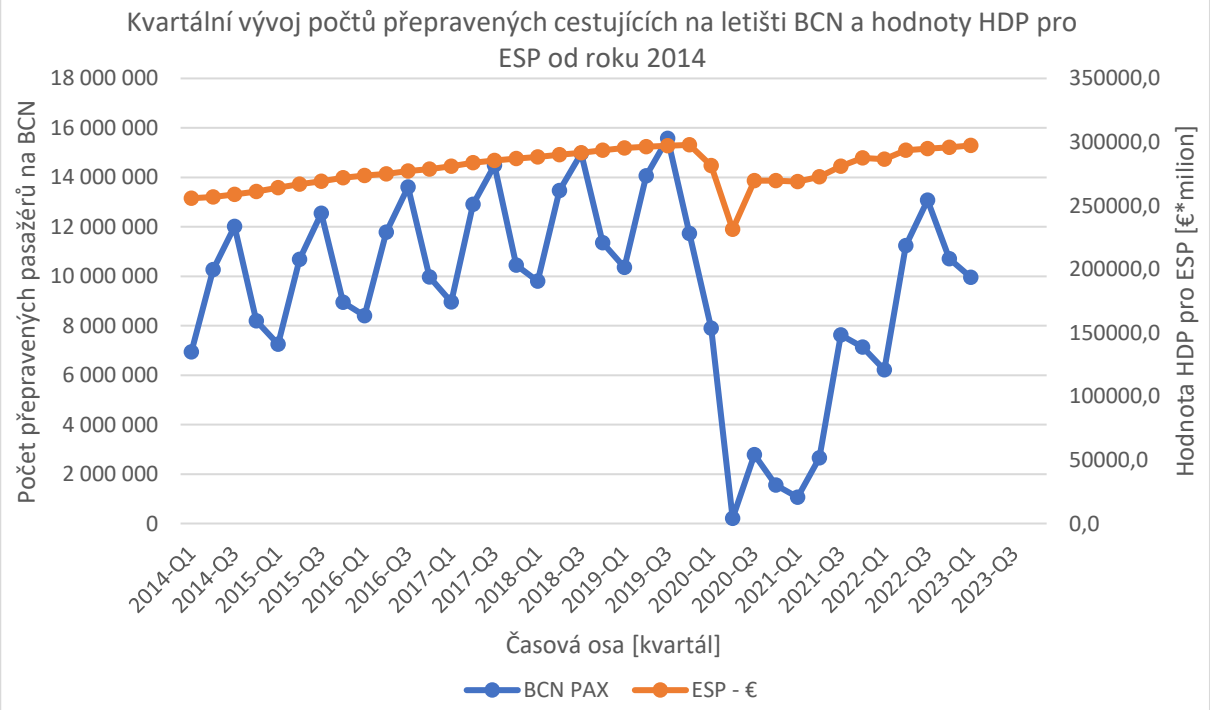
Obrázek 47 - Kvartální vývoj počtů přepravených cestujících na letišti v Londýně a hodnoty HDP pro Velkou Británii od roku 2014



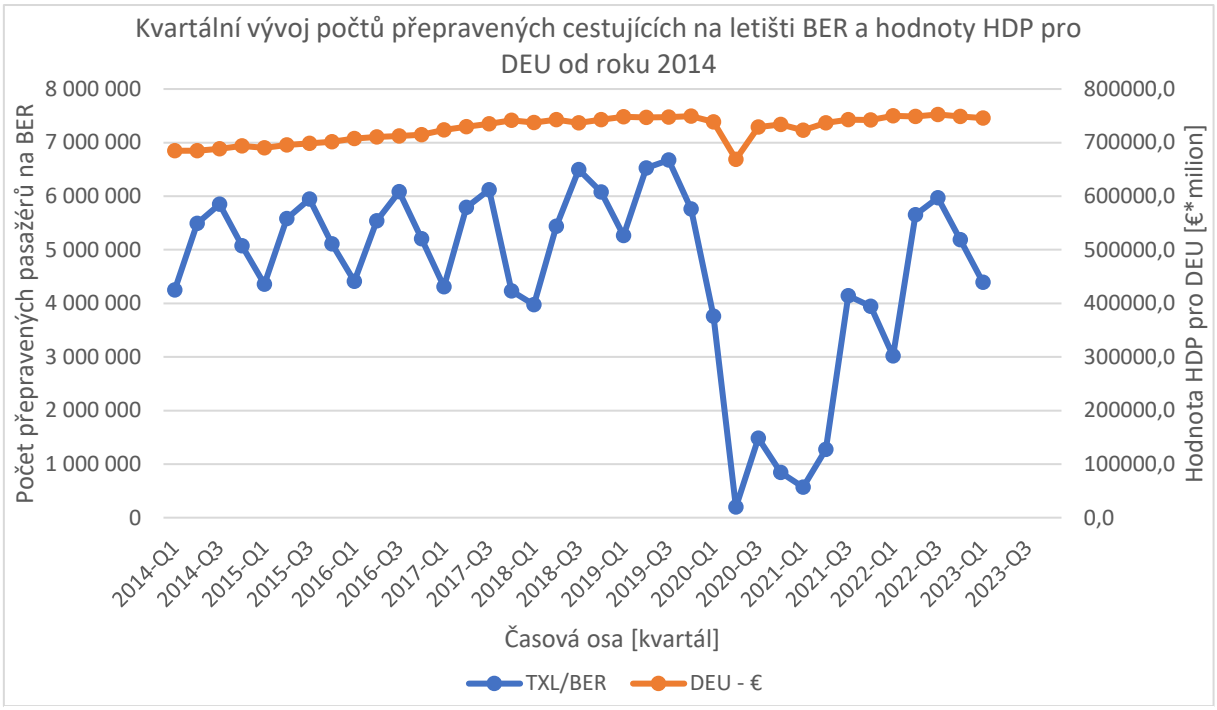
Obrázek 48 - Kvartální vývoj počtů přepravených cestujících na letišti v Dublinu a hodnoty HDP pro Irsko od roku 2014



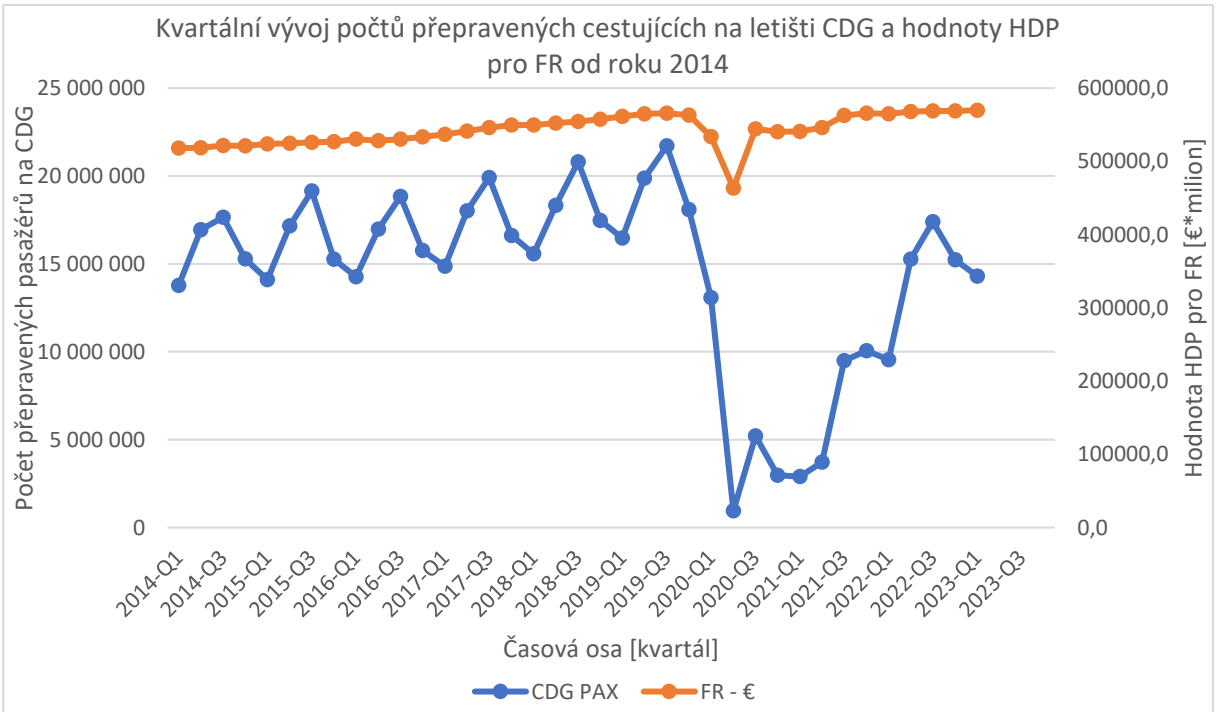
Obrázek 49 - Kvartální vývoj počtů přepravených cestujících na letišti v Madridu a hodnoty HDP pro Španělsko od roku 2014



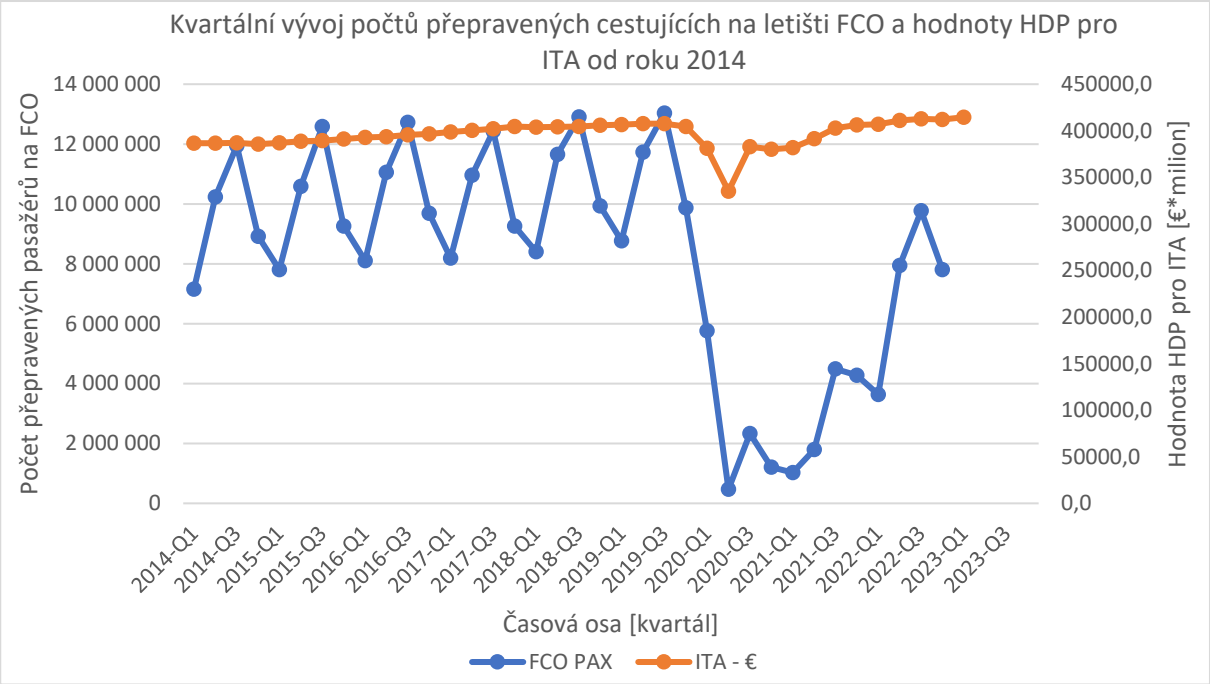
Obrázek 50 - Kvartální vývoj počtů přepravených cestujících na letišti v Barceloně a hodnoty HDP pro Španělsko od roku 2014



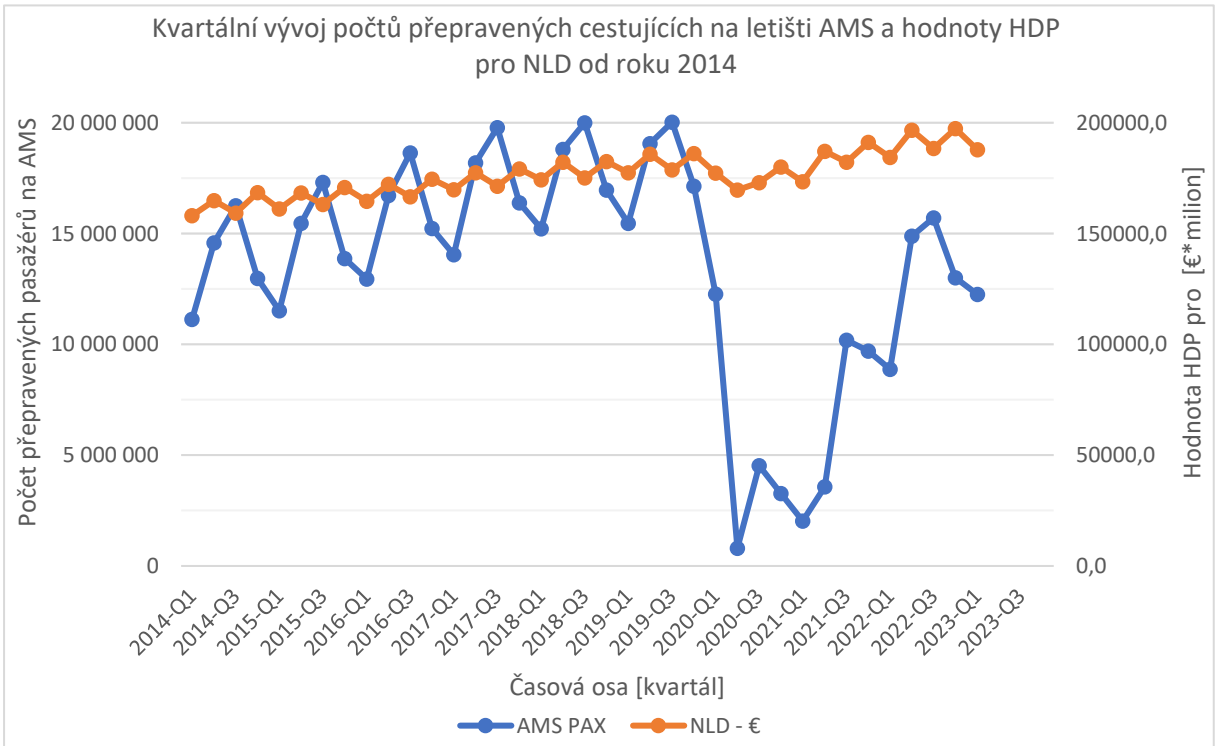
Obrázek 51 - Kvartální vývoj počtů přepravených cestujících na letišti v Berlíně a hodnoty HDP pro Německo od roku 2014



Obrázek 52 - Kvartální vývoj počtů přepravených cestujících na letišti v Paříži a hodnoty HDP pro Francii od roku 2014

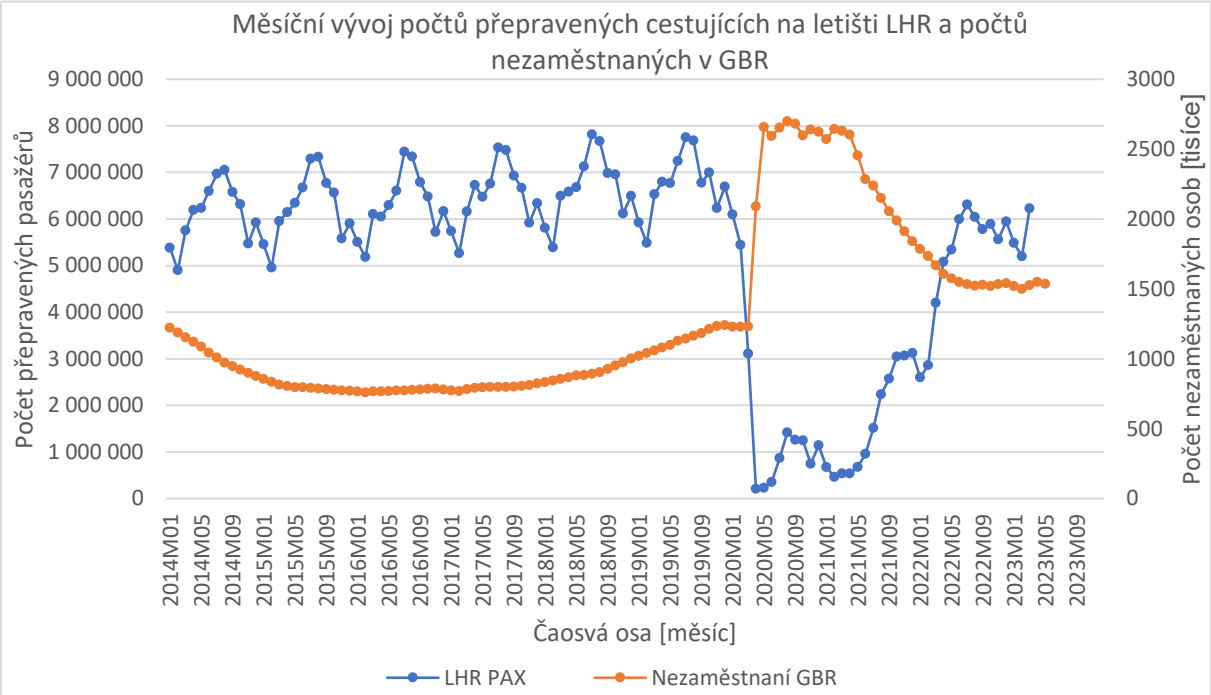


Obrázek 53 - Kvartální vývoj počtů přepravených cestujících na letišti v Římě a hodnoty HDP pro Itálii od roku 2014

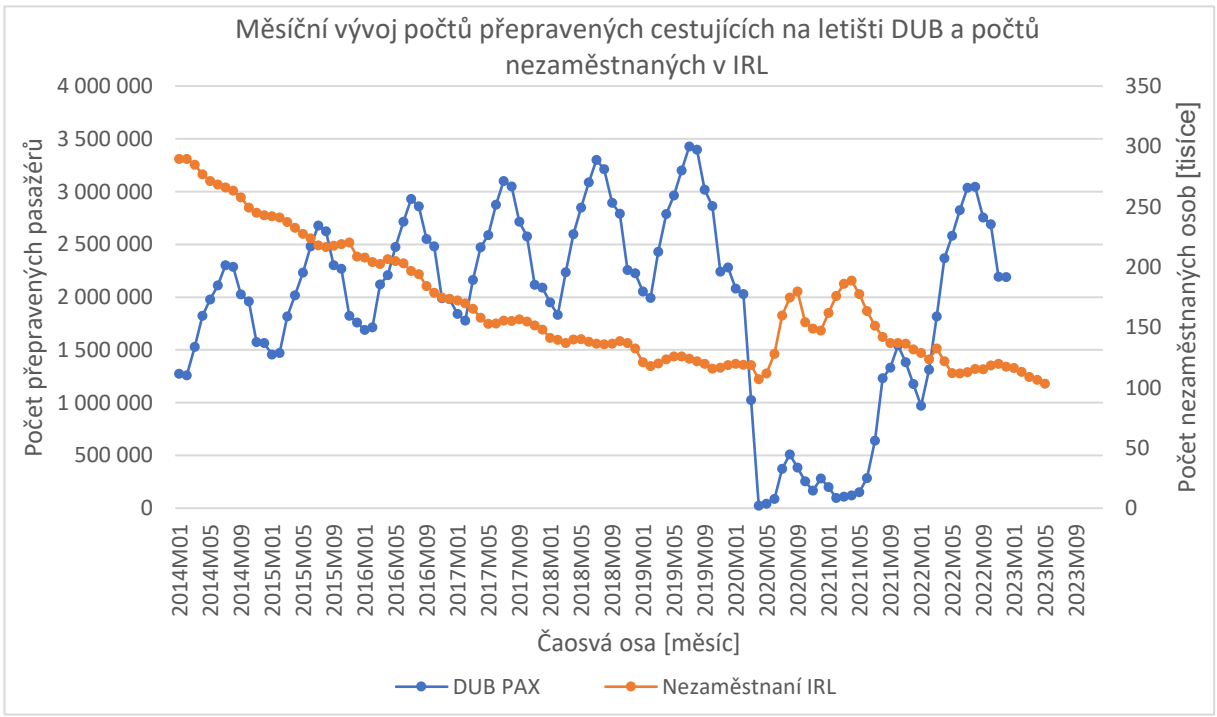


Obrázek 54 - Kvartální vývoj počtů přepravených cestujících na letišti v Amsterdamu a hodnoty HDP pro Nizozemsko od roku 2014

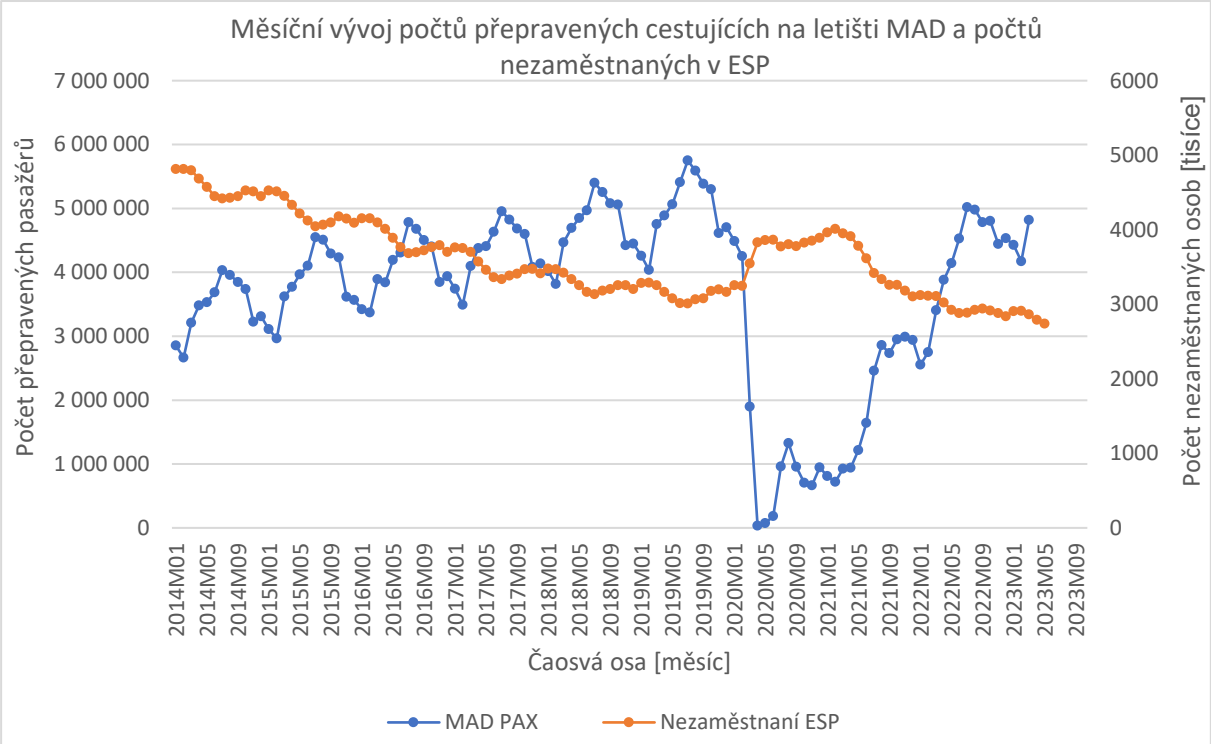
Příloha G – Vývoj letecké dopravy a nezaměstnanosti



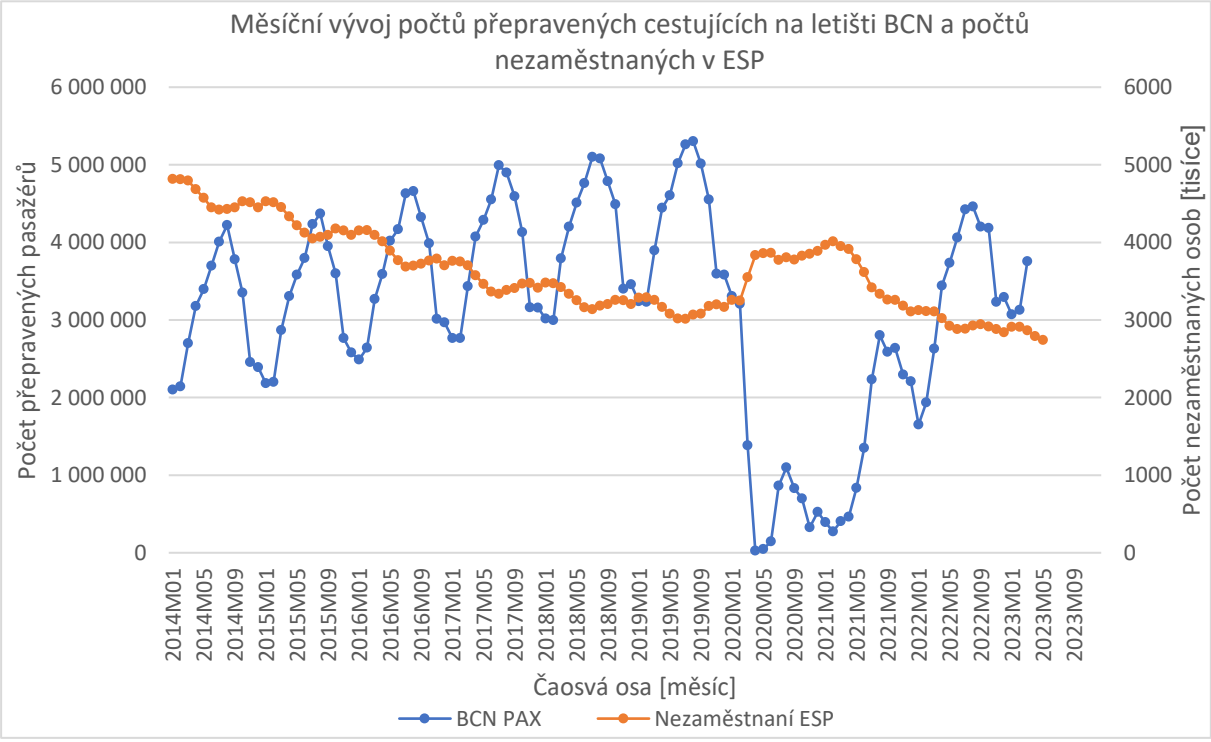
Obrázek 55 - Měsíční vývoj počtů přepravených cestujících na letišti v Londýně a počtů nezaměstnaných ve Velké Británii



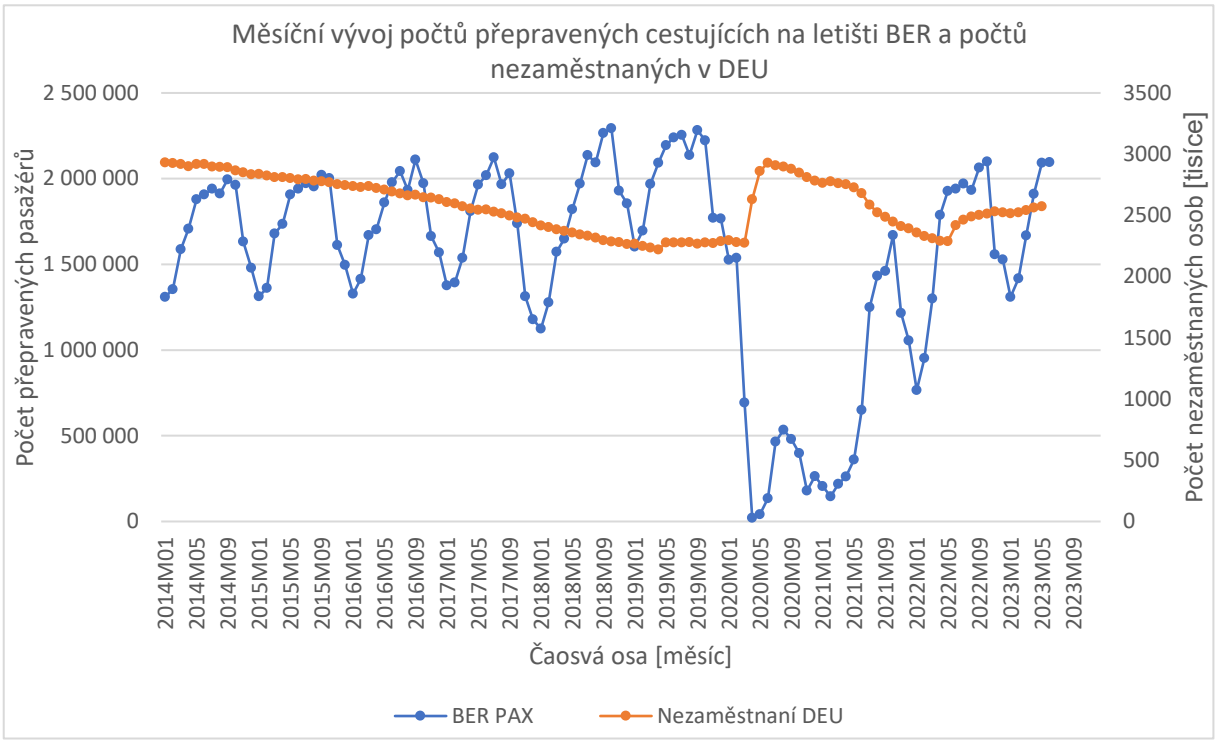
Obrázek 56 - Měsíční vývoj počtů přepravených cestujících na letišti v Dublinu a počtů nezaměstnaných v Irsku



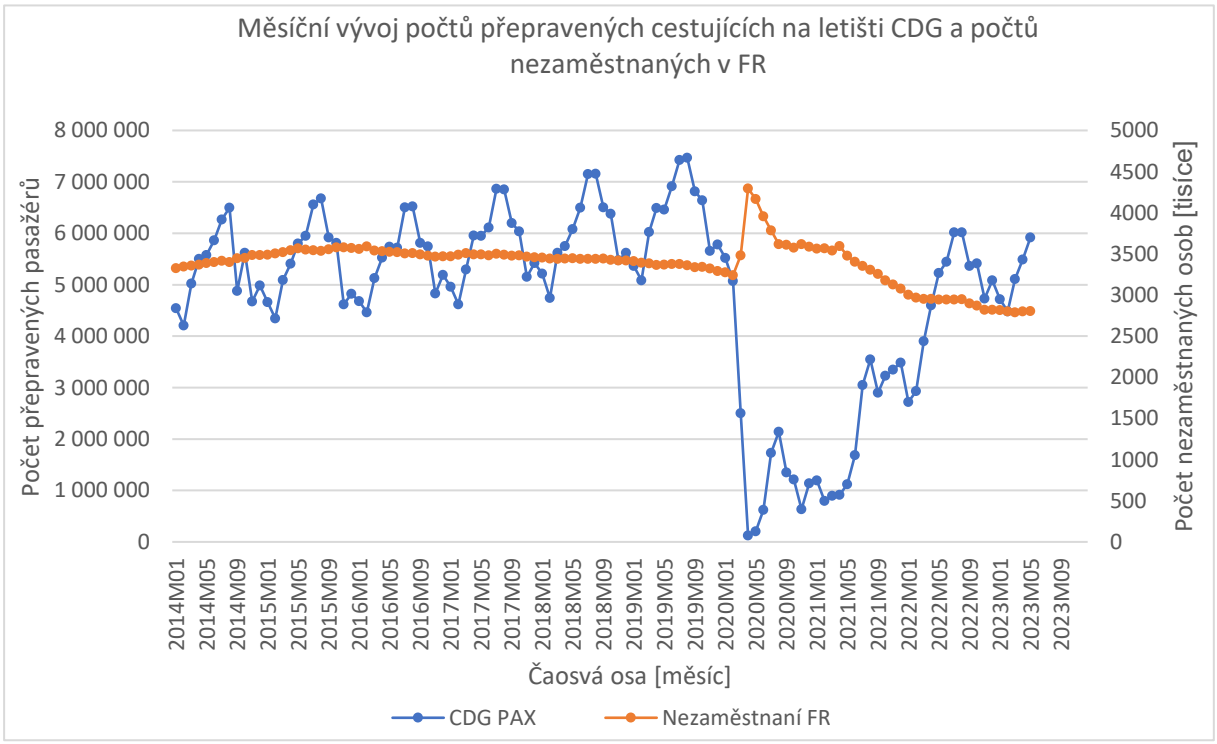
Obrázek 57 - Měsíční vývoj počtů přepravených cestujících na letišti v Madridu a počtů nezaměstnaných ve Španělsku



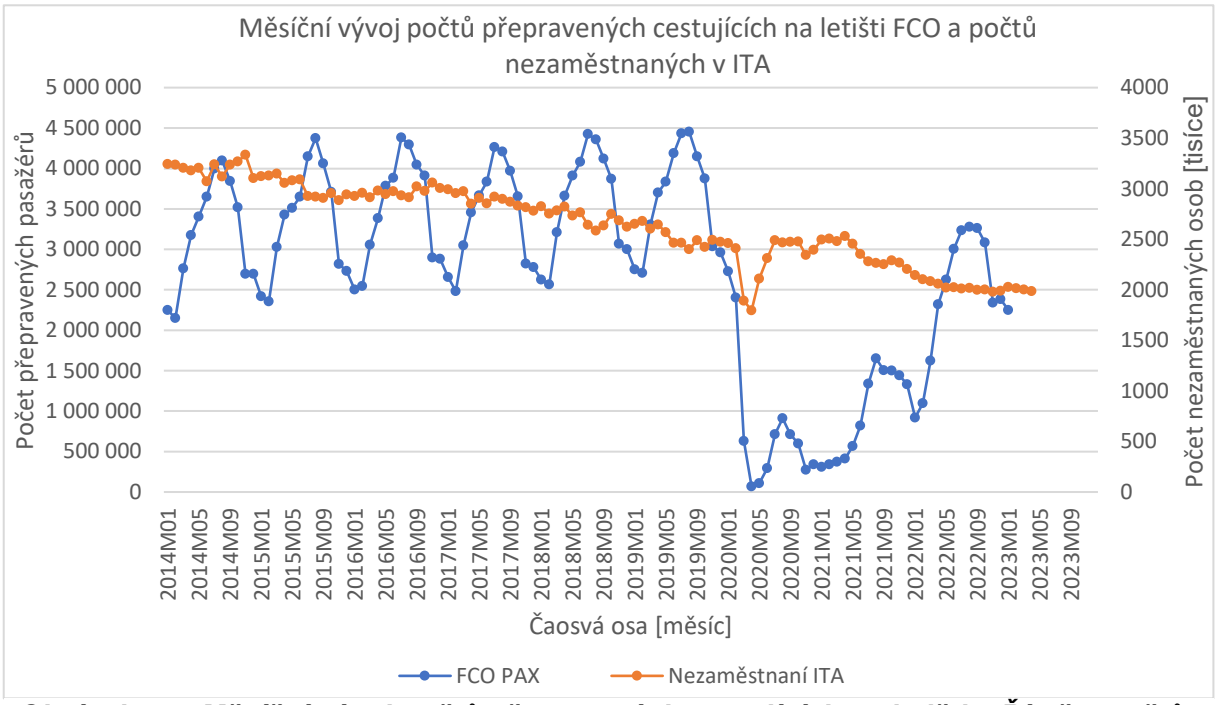
Obrázek 58 - Měsíční vývoj počtů přepravených cestujících na letišti v Barceloně a počtů nezaměstnaných ve Španělsku



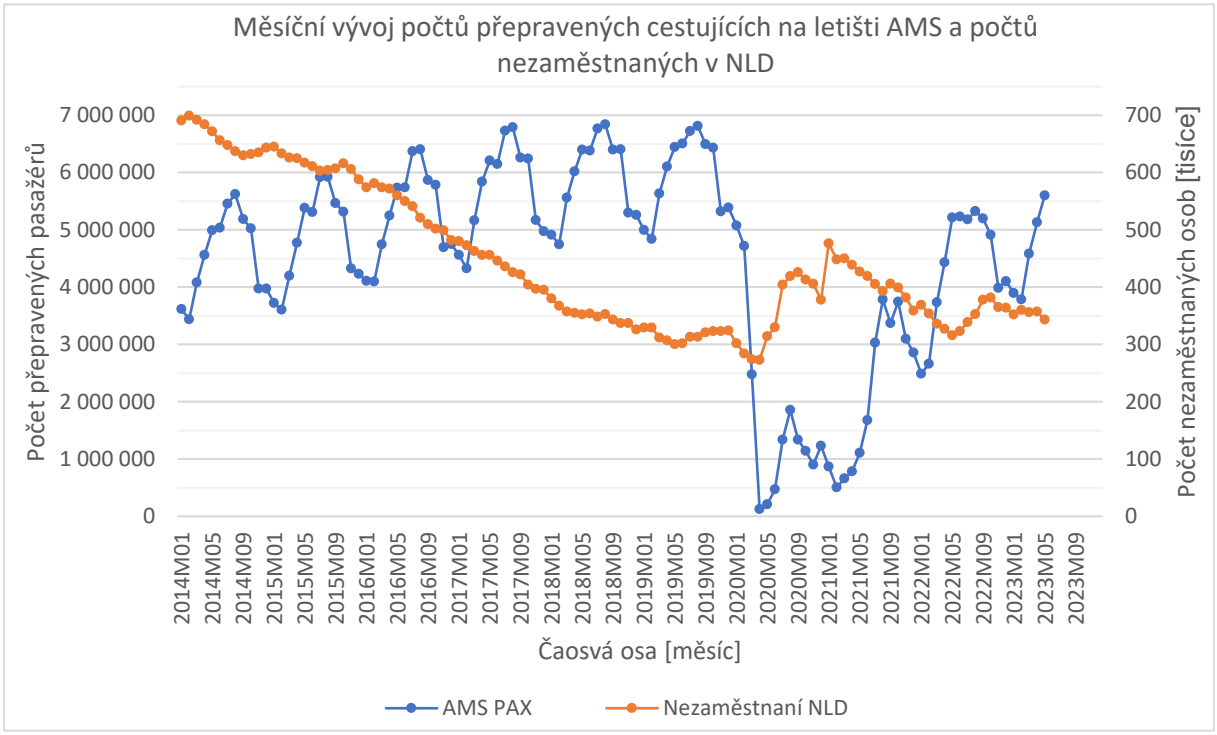
Obrázek 59 - Měsíční vývoj počtů přepravených cestujících na letišti v Berlíně a počtů nezaměstnaných v Německu



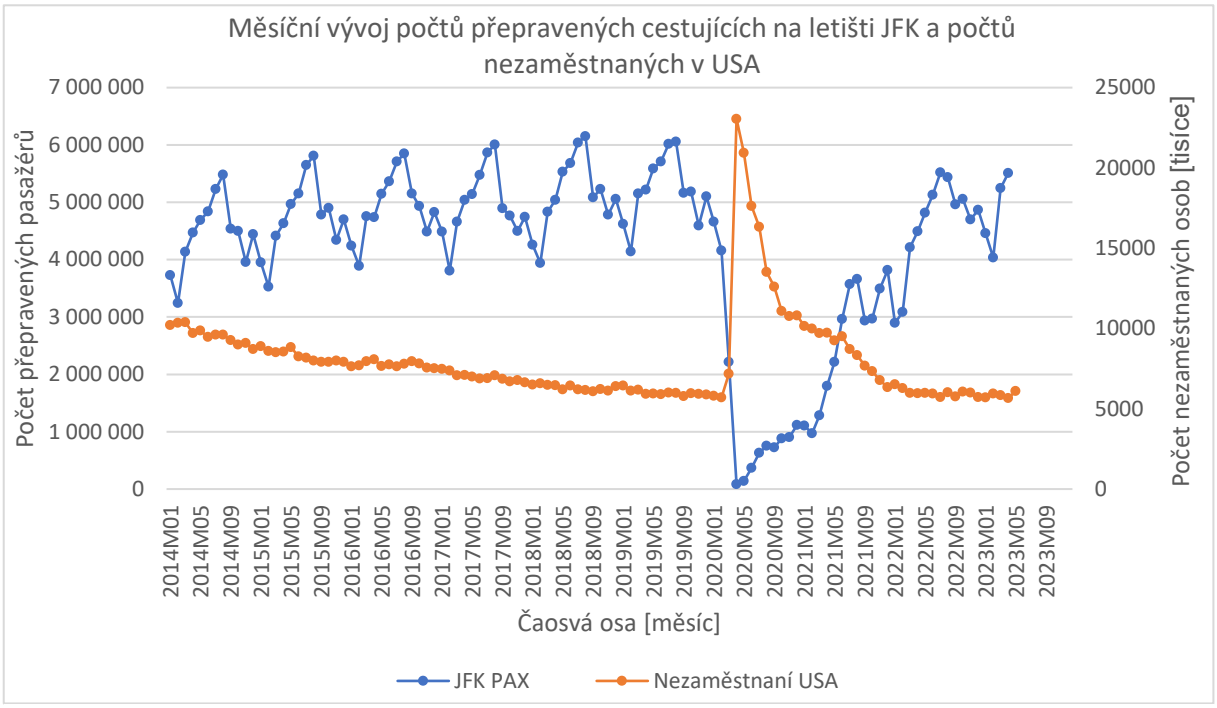
Obrázek 60 - Měsíční vývoj počtů přepravených cestujících na letišti v Paříži a počtů nezaměstnaných ve Francii



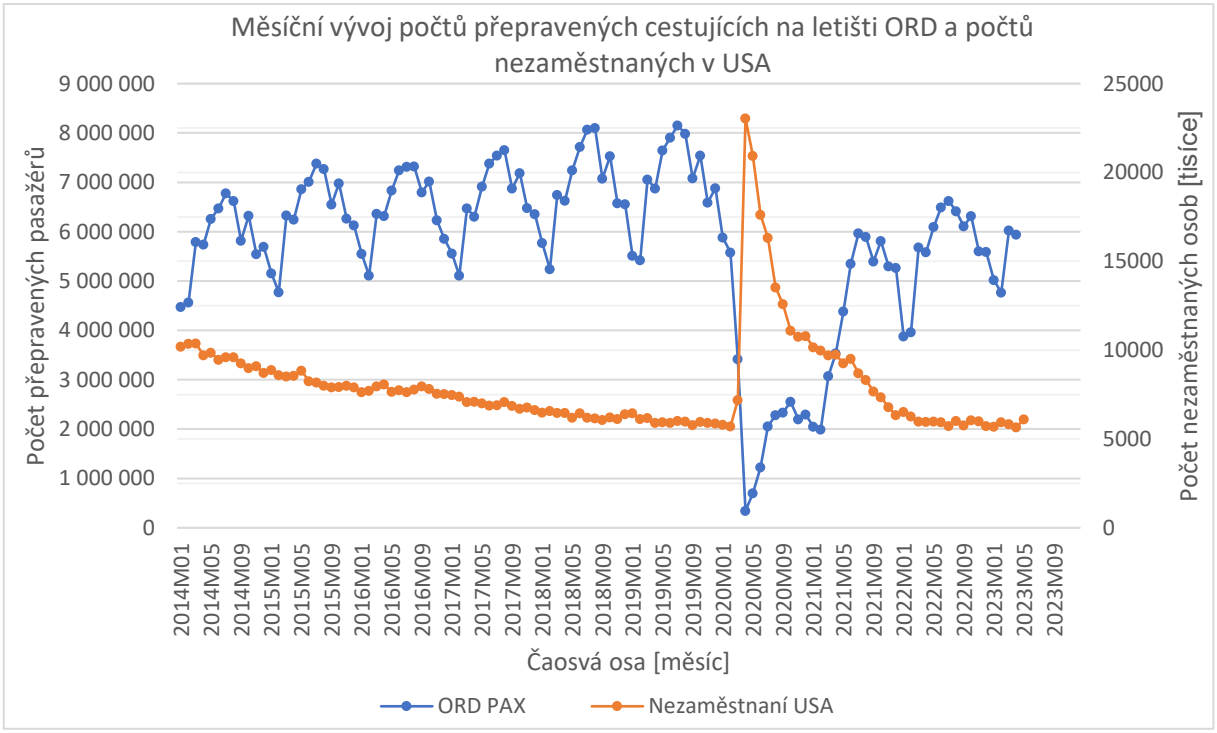
Obrázek 61 - Měsíční vývoj počtů přepravených cestujících na letišti v Římě a počtů nezaměstnaných v Itálii



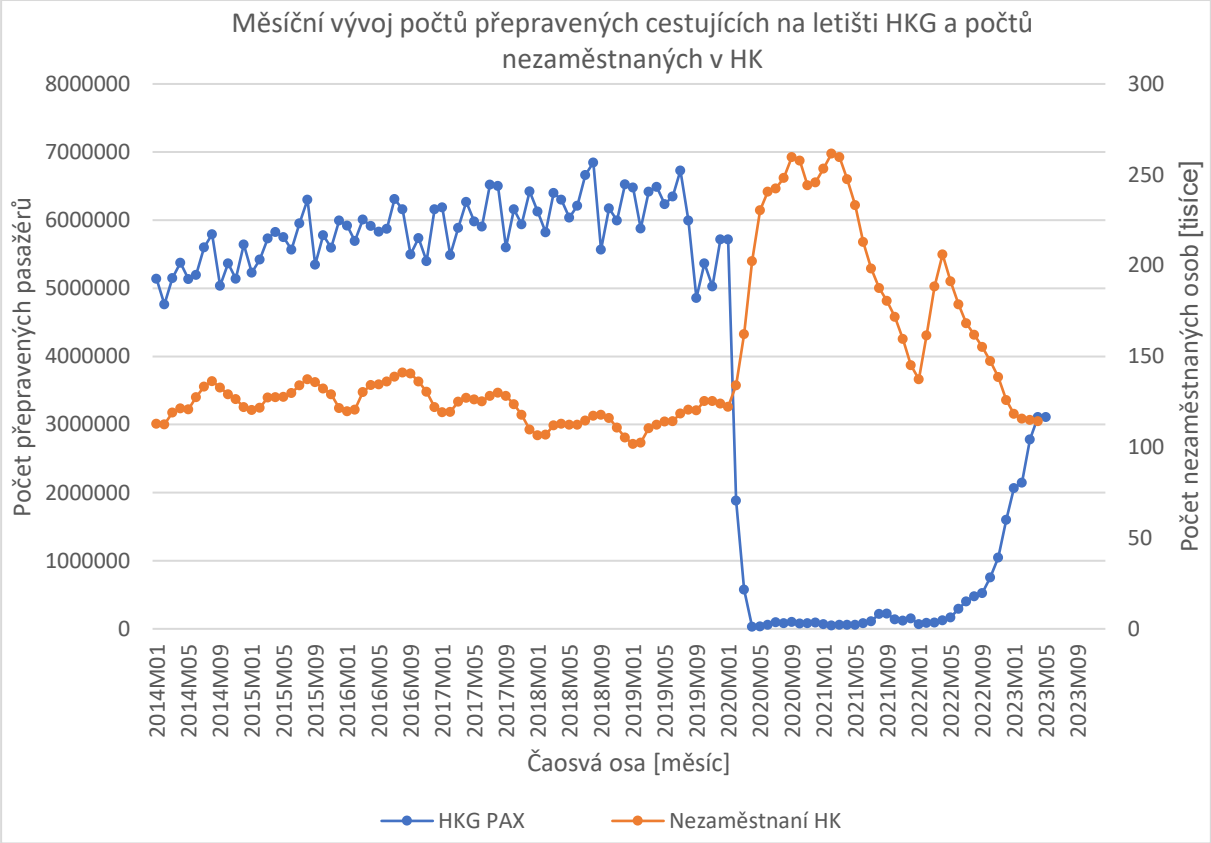
Obrázek 62 - Měsíční vývoj počtů přepravených cestujících na letišti v Amsterdamu a počtů nezaměstnaných v Nizozemsku



Obrázek 63 - Měsíční vývoj počtů přepravených cestujících na letišti v New Yorku a počtů nezaměstnaných ve Spojených státech

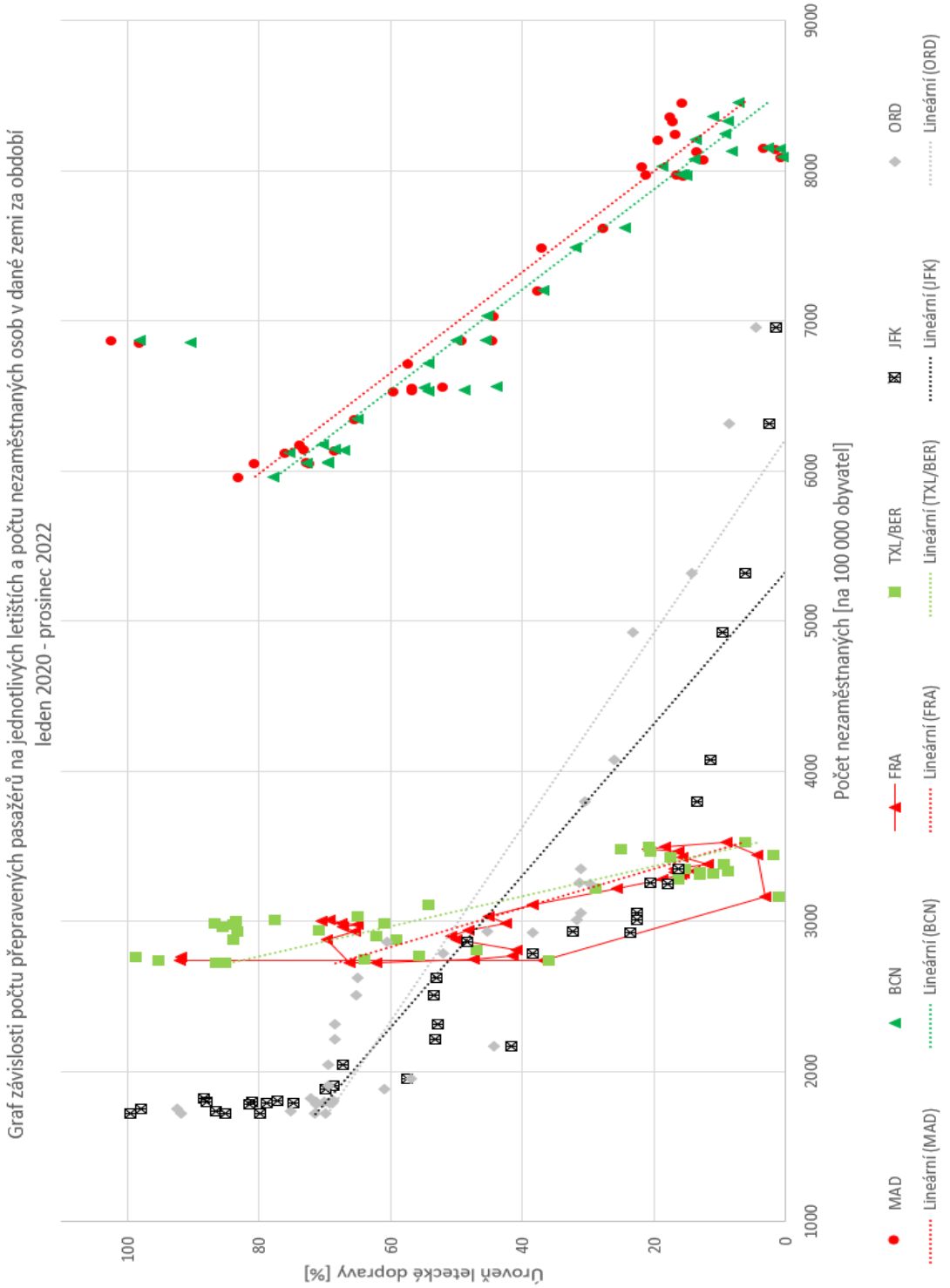


Obrázek 64 - Měsíční vývoj počtů přepravených cestujících na letišti v Chicagu a počtů nezaměstnaných ve Spojených státech

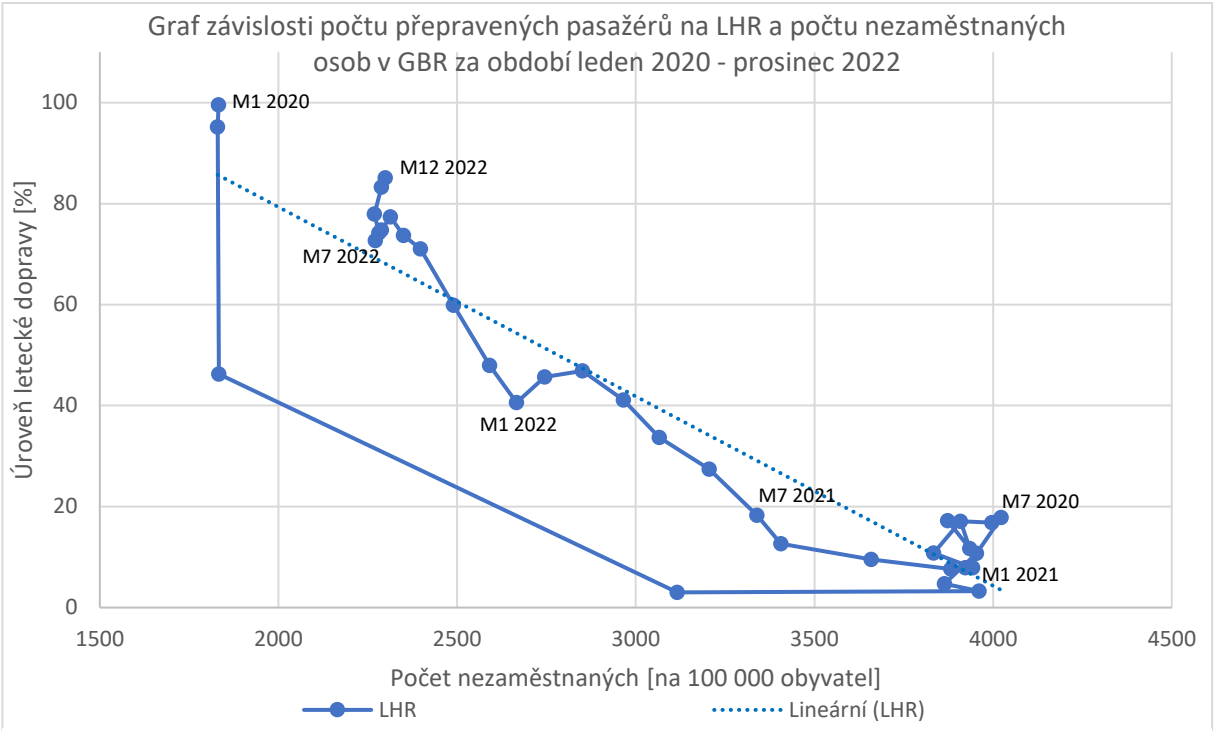


Obrázek 65 - Měsíční vývoj počtů přepravených cestujících na letišti v Hong Kongu a počtů nezaměstnaných v Hong Kongu

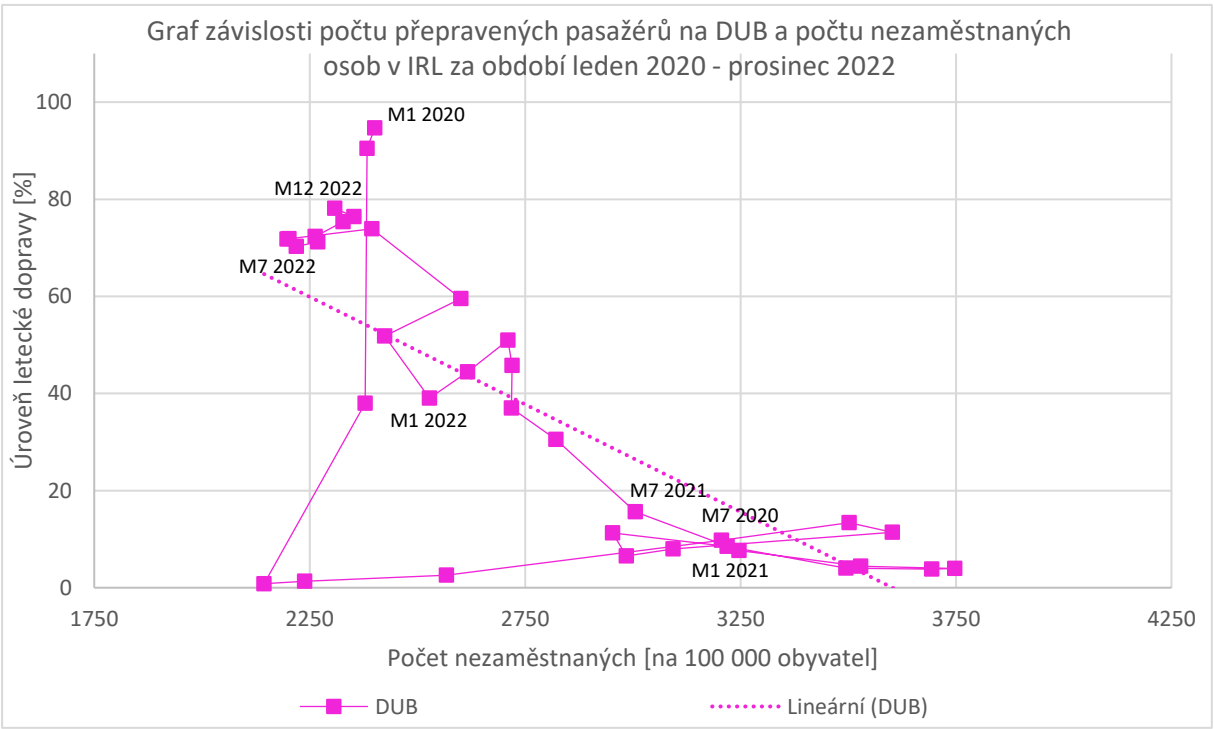
Příloha H – Vliv mezi leteckou dopravou a nezaměstnaností



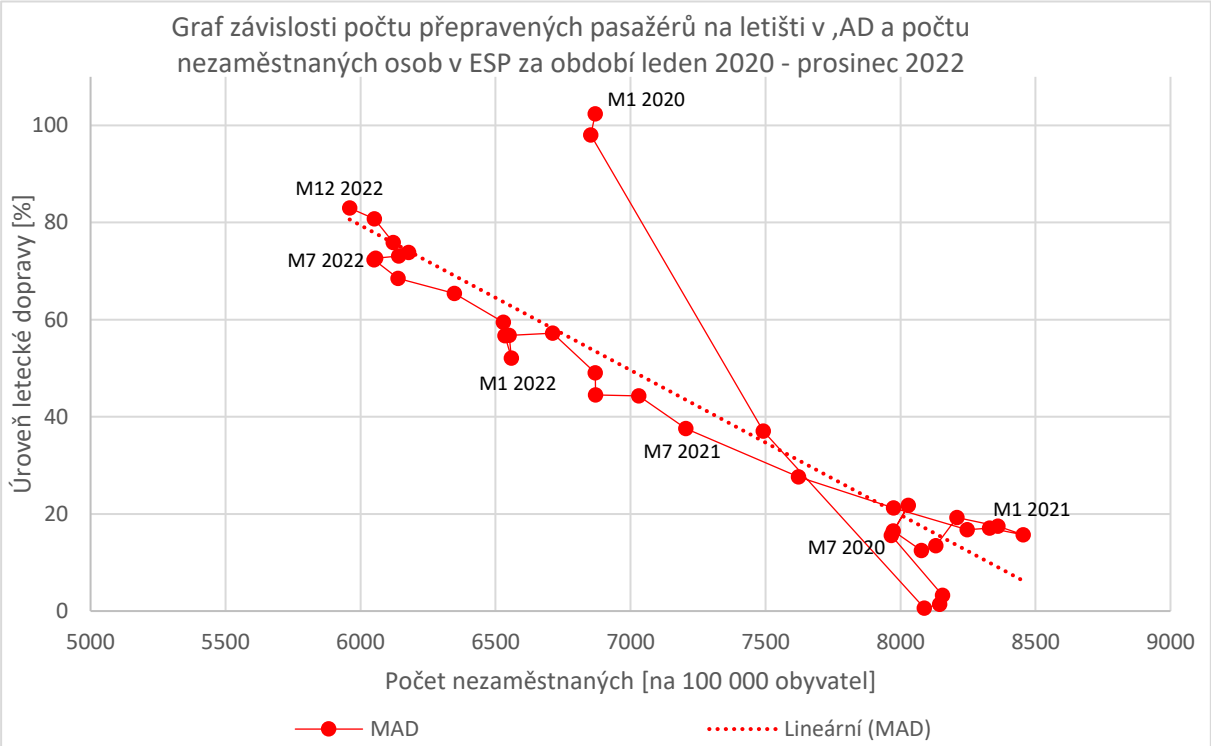
Obrázek 66 - Graf závislosti počtu přepravených pasažérů letištích a počtu nezaměstnaných osob v zemích s více letišti ve výběru za období leden 2020 - prosinec 2022



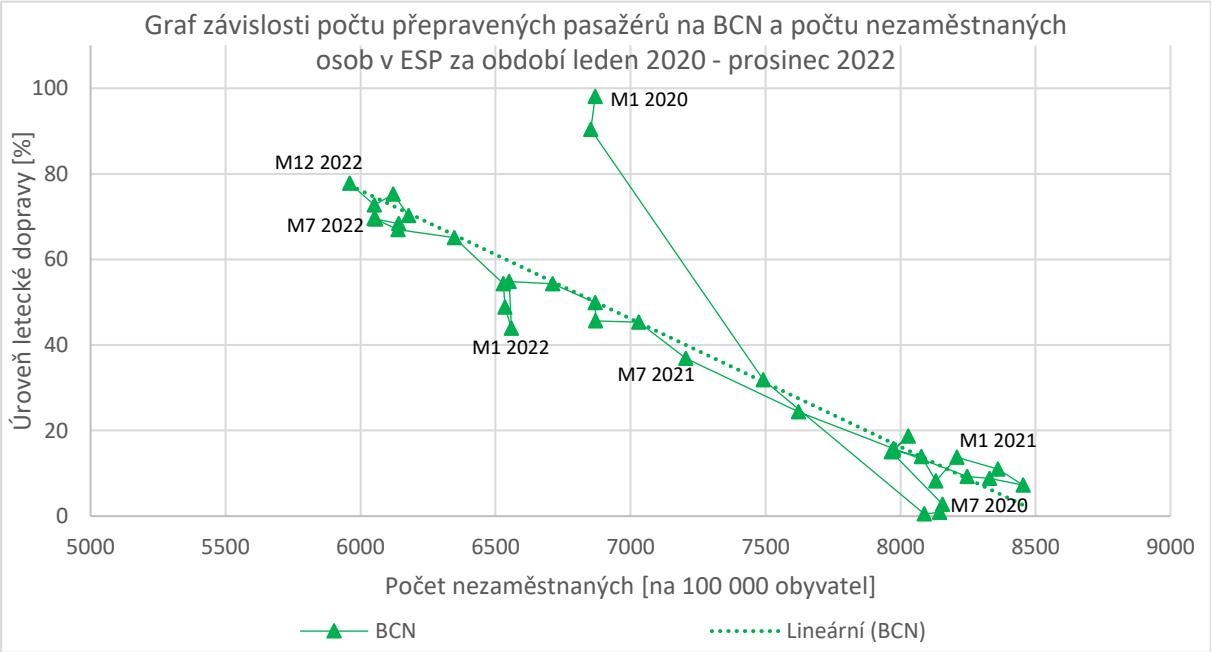
Obrázek 67 - Graf závislosti počtu přepravených pasažérů v Londýně a počtu nezaměstnaných osob ve Velké Británii za období leden 2020 - prosinec 2022



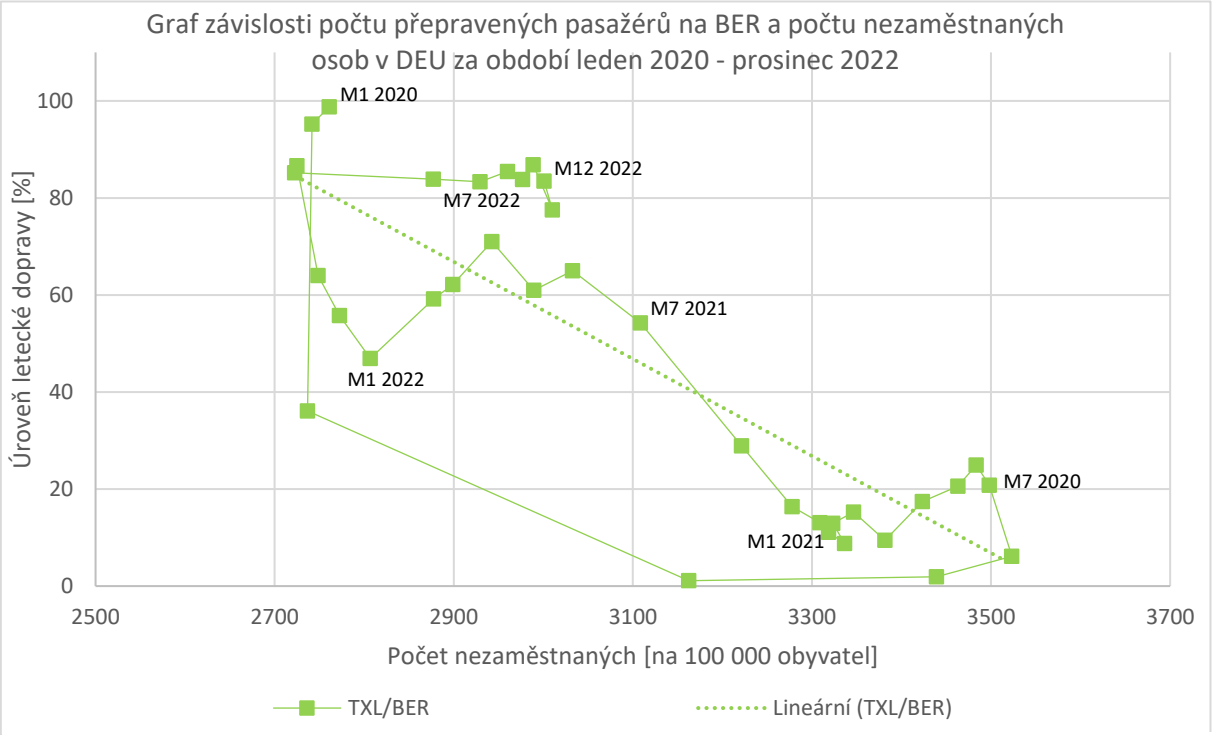
Obrázek 68 - Graf závislosti počtu přepravených pasažérů v Dublinu a počtu nezaměstnaných osob v Irsku za období leden 2020 - prosinec 2022



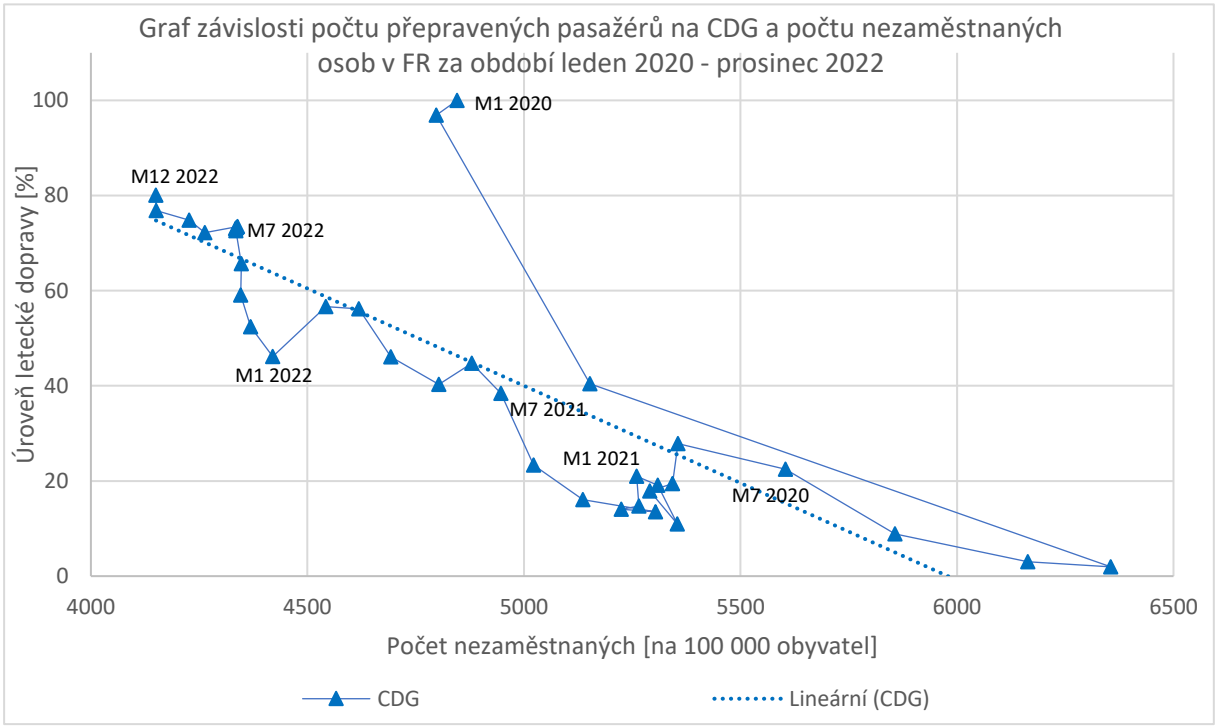
Obrázek 69 - Graf závislosti počtu přepravených pasažérů v Madridu a počtu nezaměstnaných osob ve Španělsku za období leden 2020 - prosinec 2022



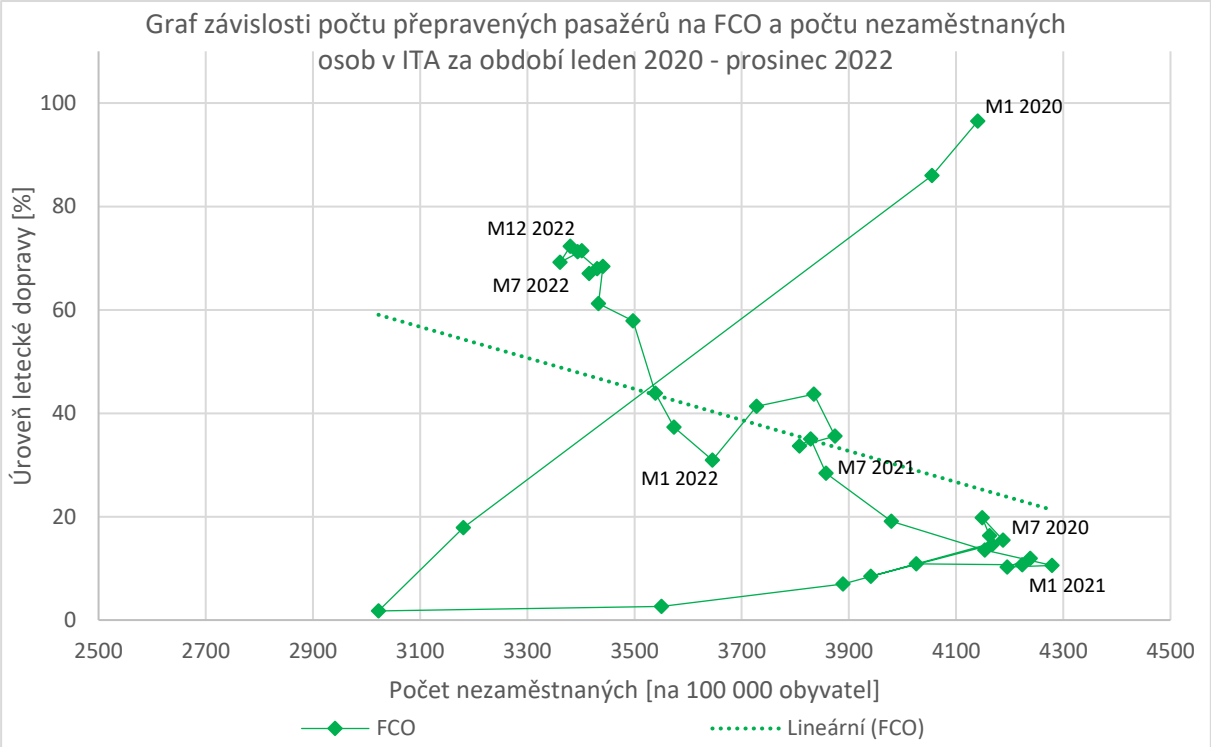
Obrázek 70 - Graf závislosti počtu přepravených pasažérů v Barceloně a počtu nezaměstnaných osob ve Španělsku za období leden 2020 - prosinec 2022



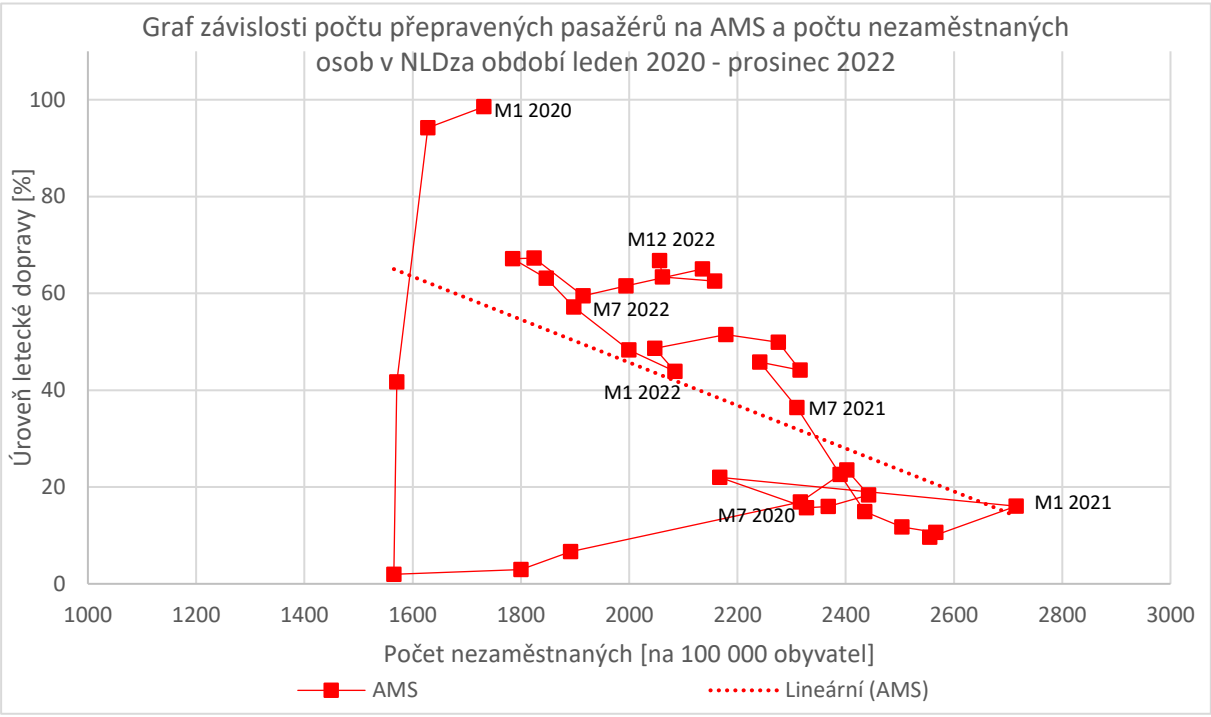
Obrázek 71 - Graf závislosti počtu přepravených pasažérů v Berlíně a počtu nezaměstnaných osob v Německu za období leden 2020 - prosinec 2022



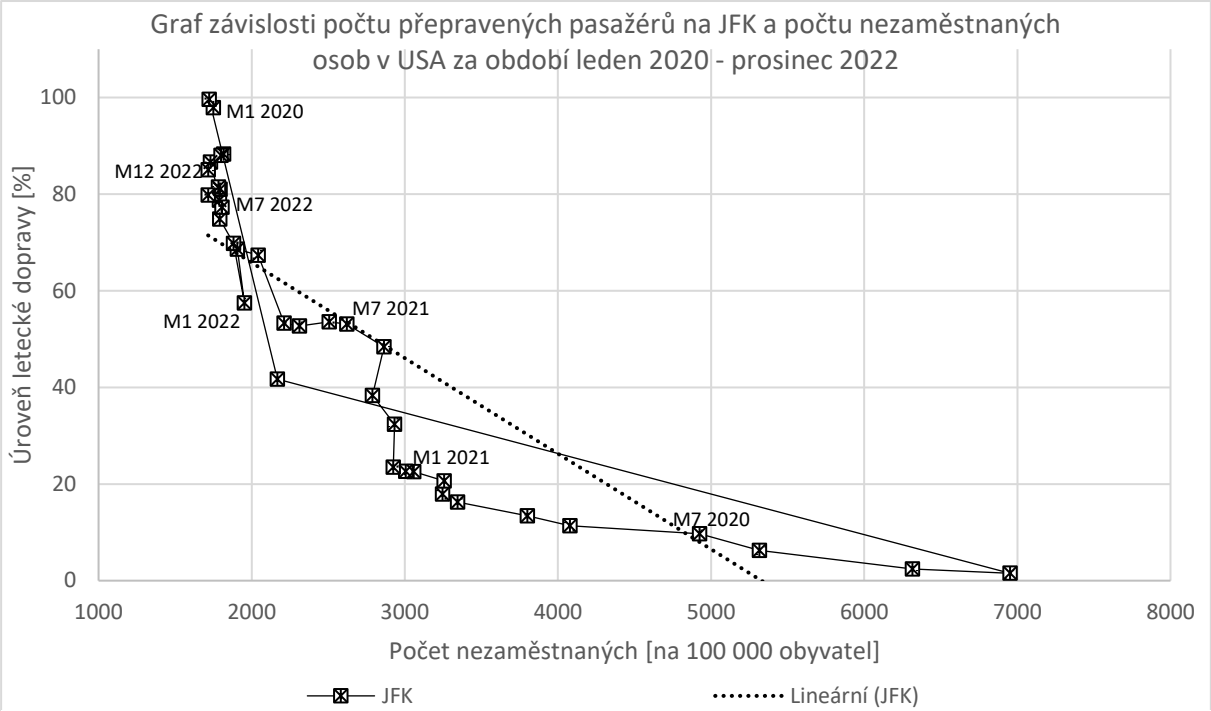
Obrázek 72 - Graf závislosti počtu přepravených pasažérů v Paříži a počtu nezaměstnaných osob ve Francii za období leden 2020 - prosinec 2022



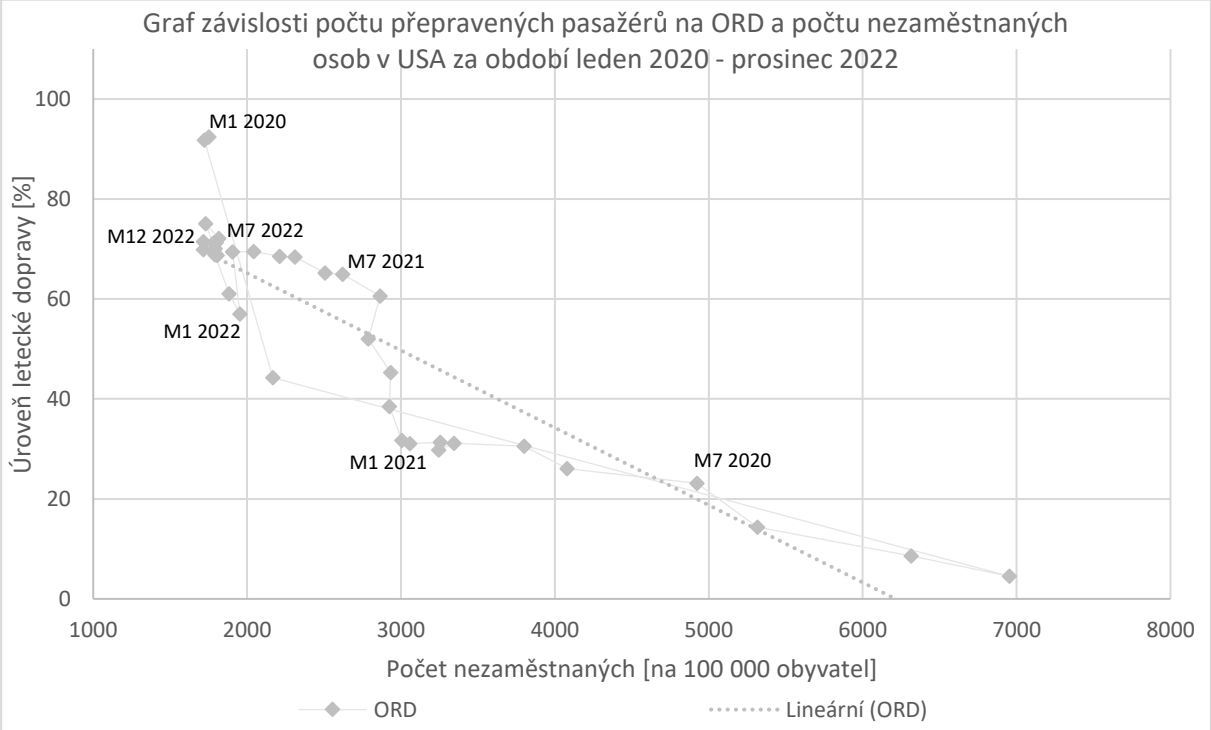
Obrázek 73 - Graf závislosti počtu přepravených pasažérů v Římě a počtu nezaměstnaných osob v Itálii za období leden 2020 - prosinec 2022



Obrázek 74 - Graf závislosti počtu přepravených pasažérů v Amsterdamu a počtu nezaměstnaných osob v Nizozemsku za období leden 2020 - prosinec 2022

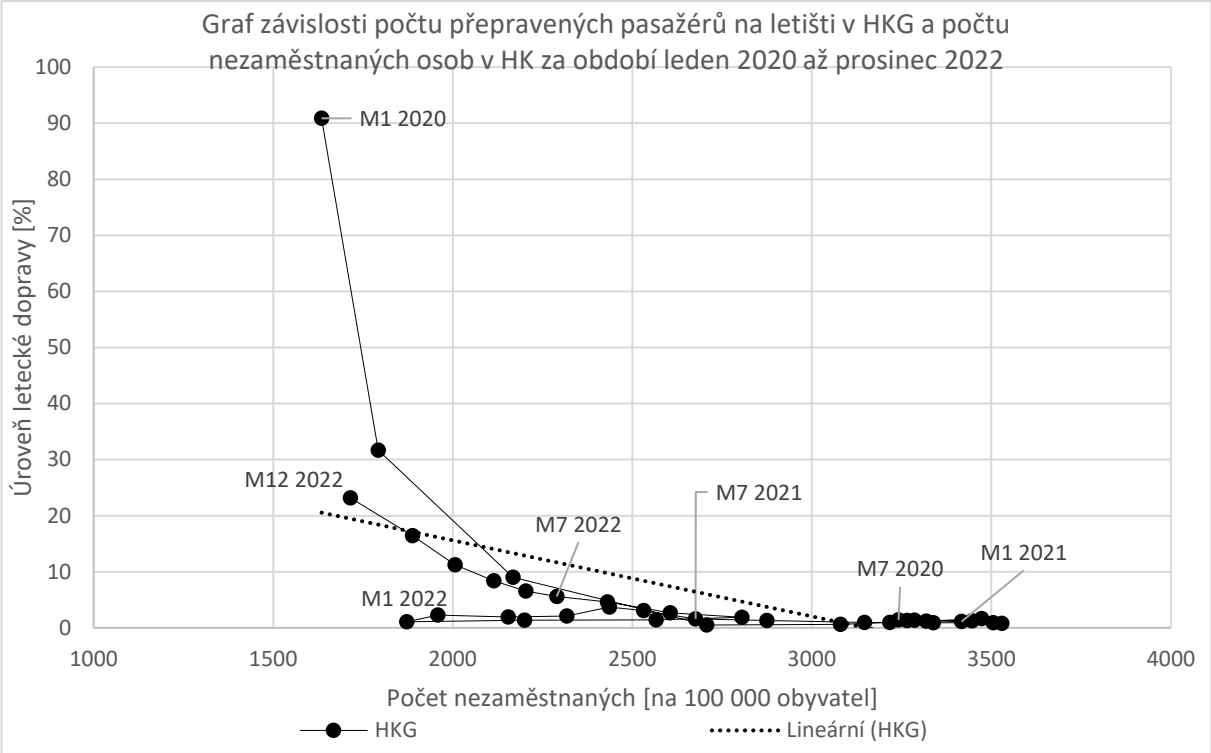


Obrázek 75 - Graf závislosti počtu přepravených pasažérů v New Yorku a počtu nezaměstnaných osob ve Spojených státech za období leden 2020 - prosinec 2022



Obrázek 76 - Graf závislosti počtu přepravených pasažérů v Chicagu a počtu nezaměstnaných osob ve Spojených státech za období leden 2020 - prosinec 2022

..



Obrázek 77 - Graf závislosti počtu přepravených pasažérů v Hong Kongu a počtu nezaměstnaných osob v Hong Kongu za období leden 2020 - prosinec 2022