ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní
Ústav letecké dopravy

Emise a jejich vliv na poptávku u vybraných leteckých společností
Emissions and their Impact on Demand on Selected Airlines

Bakalářská práce

Studijní program: Technika a technologie v dopravě a spojích
Studijní obor: Profesionální pilot

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

Adam Karnold

Praha 2023

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

K621.....Ústav letecké dopravy

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Adam Karnold

Studijní program (obor/specializace) studenta:

bakalářský – PIL – Profesionální pilot

Název tématu (česky): **Emise a jejich vliv na poptávku u vybraných leteckých společností**

Název tématu (anglicky): Emissions and their Impact on Demand on Selected Airlines

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte následujícími pokyny:

- Cílem práce je odhadnout vliv emisí na změnu poptávky po letecké dopravě u vybraných leteckých společností. Pro vyhodnocení vlivu na poptávku je potřeba vytvořit metodiku a vytvořit predikční model.
- Popište současný ekonomický a provozní pohled na emise v letecké dopravě z pohledu vlivu na poptávku.
- Prozkoumejte ekonomická, provozní a kontextová data o leteckých společnostech.
- Prozkoumejte zdroje dat, proveďte jejich sběr a zpracování, stanovte metodiku provedení odhadu vlivu emisí na poptávku.
- Proveďte odhad a interpretujte její závěry.
- Závěry predikce diskutujte, proveďte validaci výsledků a stanovte výhled pro další zkoumání.

ČVUT FD

Rozsah grafických prací:	dle pokynů vedoucího závěrečné práce
Rozsah průvodní zprávy:	minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
Seznam odborné literatury:	Larsson J., Elofsson A., et.al. - International and national climate policies for Aviation: Review 2019 Jiang Ch., Yang H., - Carbon tax or sustainable aviation fuel quota 2021 Markham F., et.al. - Does carbon pricing reduce air travel? Evidence from the Australian Clean Energy Future policy 2018

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

Datum zadání bakalářské práce: **7. října 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 bakalářské práce: **7. srpna 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.

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

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

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Adam Karnold
jméno a podpis studenta

V Praze dne 1. května 2023

Abstrakt

V posledních letech můžeme pozorovat celosvětový nárůst emisí CO_2 a jejich negativní dopad na globální změny klimatu. V rámci snižování množství těchto emisí mnoho zemí plánuje zavést nové či rozšířit existující emisní systémy a systémy kompenzace emisí. Pro evropský letecký průmysl jde v současnosti zejména o Evropský systém pro obchodování s emisemi. Tato bakalářská práce zkoumá dopad zmíněného systému na vybrané letecké společnosti a jejich vliv na poptávku v roce 2030. Práce v metodice odhadu změny poptávky zahrnuje vliv nových technologií, užívání udržitelného leteckého paliva i očekávaného růstu vybraných leteckých společností během následujících let a s tím spojeného růstu objemu provozu i emisí. Provedeným zkoumáním bylo zjištěno, že dodatečné náklady na placení emisí, či jejich kompenzaci nebo snižování, způsobí v roce 2030 navýšení provozních nákladů o 6-31 %. Pomocí cenových elasticit poptávky pro evropský trh bylo určeno, že toto navýšení způsobí pokles poptávky u těchto společností o 5-34 %. Práce se rovněž věnuje popisu zmíněných emisních systémů, technologiím na dekarbonizaci letecké dopravy a její možné způsoby.

Klíčová slova: cenová elasticita, letecké emise, oxid uhličitý, poptávka, udržitelné letecké palivo

Abstract

Over the last few years, we can observe a global increase in CO_2 emissions and it´s negative impact on global climate. As part of reducing the amount of these emissions many countries in a world are planning to introduce or expand already existing emission systems or emission offseting systems. This bachelor's thesis examines the impact of the European Union Emissions Trading Scheme for selected airlines and its effect on demand in the year 2030. The estimate in the change in demand for air transport includes the effect of new technologies, sustainable aviation fuel and the expected growth of selected airlines during the following years and the associated growth in the volume of traffic and emissions. The work found that the additional costs of paying for emissions or their compensation or reduction will cause an increase in operating costs by 6-31% in 2030 for airlines. Using price elasticities of demand for the European air market, it was determined that this increase would cause a 5-34% decrease in demand for these companies. The work is also devoted to the description of the emission systems, technologies for the decarbonization of air transport and its possible methods.

Keywords: Aviation emissions, Carbon dioxide, Demand, Price elasticities, Sustainable aviation fuel

Poděkování

Velké poděkování za podporu při studiu a při vypracování této bakalářské práce bych chtěl vyjádřit zejména rodině a přátelům. Rovněž velice děkuji i panu doc. Ing. Peteru Vittekovi, Ph.D, bez jehož odborného vedení a mnoha rad či připomínek by tato práce nemohla vzniknout.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem Emise a jejich vliv na poptávku u vybraných leteckých společností vypracoval samostatně a použil k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k bakalářské/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).

Praze dne 5. srpna 2023 ..... Kunold

Podpis

Obsah

Úvod **11**

1. Provozní pohled na emise v letecké dopravě **12**

1.1. Předpověď budoucího růstu emisí do roku 2050 14

1.2. Emisní systémy 15

1.3. EU ETS 16

1.4. CORSIA 19

1.5. Další evropské emisní systémy 22

1.6. Porovnání EU ETS a CORSIA 23

2. Emise v letecké dopravě a jejich vliv na poptávku **24**

2.1. Specifika poptávky v letecké dopravě 24

2.2. Faktory ovlivňující poptávku v letectví 26

2.3. Cenová elasticita 27

2.3.1. Elastická poptávka 28

2.3.2. Neelastická poptávka 28

2.3.3. Další druhy poptávky z hlediska elasticity 29

2.4. Elasticity v letectví 29

2.5. Zvýšení nákladů leteckých společností v souvislosti s emisemi 33

3. Data, metodika a odhad změny poptávky u vybraných leteckých společností **35**

3.1. Metodika postupu 35

3.2. Emisní závazky společnosti Ryanair 38

3.3. Výsledky analýzy společnosti Ryanair 39

3.4. Emisní závazky společnosti Wizzair 45

3.5. Výsledky analýzy společnosti Wizzair 46

3.6. Emisní závazky společnosti Easyjet 50

3.7. Výsledky analýzy společnosti Easyjet 52

4. Diskuze výsledků **57**

5. Závěr **60**

Seznam použité literatury **62**

Seznam příloh.....66

Seznam obrázků

Obrázek 1: grafické znázornění historického vývoje ASK, RPK a CO_2/RPK

Obrázek 2: procentuální sdílení emisí CO_2 a NOx podle délky letu a kategorie letounu

Obrázek 3: vývoj celosvětových emisí CO_2 (miliony tun)

Obrázek 4: schématické zobrazení rozdělení emisních povolenek

Obrázek 5: křivka poptávky

Obrázek 6: vývoj cen emisních povolenek EU ETS mezi lety 2013-2020

Obrázek 7: grafické znázornění metodiky odhadu změny poptávky

Obrázek 8: Ryanair Path to Net Zero

Obrázek 9: plán společnosti Easyjet na snižování emisí do roku 2050

Seznam tabulek

Tabulka 1: Predikce množství paliva a emisí v letectví pro rok 2050

Tabulka 2: hodnoty koeficientů s, i ve vzorci výpočtu kompenzace emisí CORSIA pro fázi 2

Tabulka 3: základní elasticity podle úrovně působení

Tabulka 4: koeficienty elasticity podle geografické lokace trhu

Tabulka 5: kombinace elasticit vycházející z výzkumu InterVISTAS

Tabulka 6: shrnutí elasticit ze studie Galhausen et al.

Tabulka 7: vývoj ročního počtu letů a provozních nákladů (2010-2020) a predikce počtu letů a provozních nákladů (2021-2030) u společnosti Ryanair

Tabulka 8: odhad provozních informací společnosti Ryanair pro rok 2030

Tabulka 9 –procentuální rozdělení provozních nákladů ve FY2023 a provozní náklady v tomto roce u společnosti Ryanair

Tabulka 10: odhadované provozní náklady se změněnou položkou „Palivo“ pro společnost Ryanair

Tabulka 11: odhadovaný pokles poptávky v roce 2030 u společnosti Ryanair podle uvedených cenových elasticit

Tabulka 12: vývoj ročního počtu letů a provozních nákladů (2012-2020) a predikce počtu letů a provozních nákladů (2021-2030) u společnosti Wizzair

Tabulka 13: odhad provozních informací společnosti Wizzair pro rok 2030

Tabulka 14: procentuální rozdělení provozních nákladů a provozní náklady ve FY2023 u společnosti Wizzair

Tabulka 15: odhadované provozní náklady se změněnou položkou „Palivo“ – navýšenou o odhadovaný vliv emisních poplatků či vyšších cen paliva ve FY2030 pro společnosti Wizzair

Tabulka 16: odhadovaný pokles poptávky v roce 2030 u společnosti Wizzair

Tabulka 17: odhad provozních informací společnosti Easyjet pro rok 2030

Tabulka 18: Procentuální rozdělení provozních nákladů ve FY2023 a porovnání ročních provozních nákladů v roce předcházejícím pro společnost Easyjet

Tabulka 19: odhadované provozní náklady se změněnou položkou „Palivo“ – navýšenou o odhadovaný vliv emisních poplatků či vyšších cen paliva ve FY2030 pro společnost Easyjet.

Tabulka 20: odhadovaný pokles poptávky v roce 2030 u společnosti Easyjet

Seznam symbolů a zkratek

ASK	Available Seat Kilometer – součin množství nabízených sedaček na palubě letadla a délky letu v kilometrech
CO_2	Oxid uhličitý
CO_2e	Ekvivalent CO_2 – tato jednotka v sobě zahrnuje kromě CO_2 další skleníkové plyny, které jsou vyjádřeny jako ekvivalentní množství CO_2 se stejným vlivem na globální změny klimatu
CORSIA	Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation
EU ETS	European Union Emissions Trading Scheme – Evropský systém pro obchodování s emisemi
RPK	Revenue Passenger Kilometer – součin platících pasažérů a uletěné vzdálenosti v kilometrech
RTK	Revenue tonne kilometer – součin celkové hmotnosti přepraveného platícího nákladu v tunách a uletěné vzdálenosti v kilometrech
SAF	Sustainable Aviation Fuel – udržitelné letecké palivo

Úvod

Již od prvního letu v roce 1903 můžeme v civilním letectví pozorovat jeden trend, a to je neustálý postupný růst provozu. Podle Mark D. Staples et al. [1] se např. počet přepravených pasažérů každoročně navýší o 5 %. Současně s tímto růstem se však zvyšuje také množství vypouštěných emisí, zejména oxidu uhličitého. Během posledních let se produkce CO_2 z letectví ustálila přibližně na 2,6 % celosvětové roční produkce CO_2.

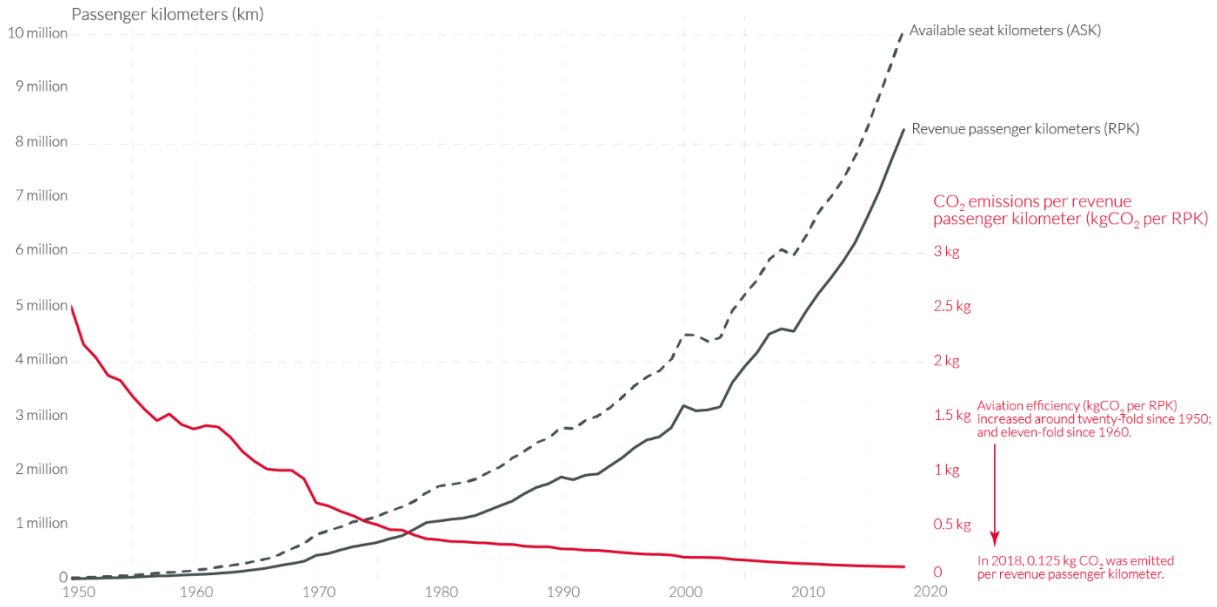
Vzhledem k prokázanému vlivu oxidu uhličitého na globální změny klimatu můžeme v podstatě na celém světě a ve všech odvětvích vidět snahu o snižování produkce tohoto plynu, letectví nevyjímaje. Právě zde se dosažení snížení emisí očekává zejména pomocí dvou způsobů. První je uvalení daně na producenty emisí CO_2 – zde konkrétně pomocí systémů emisních povolenek, druhý způsob je investice do nových technologií s nižší uhlíkovou stopou – zda naopak se vkládají velké naděje do tzv. Sustainable aviation fuel (SAF) a do nových letadel s menší spotřebou paliva. Oba tyto způsoby však znamenají pro letecké společnosti dodatečné zvýšení nákladů. Lze tak očekávat, že dojde k přímému či nepřímému přenosu těchto dodatečných nákladů na pasažéry v podobě vyšších cen letenek. Zde se tedy nabízí otázka, jak toto dodatečné zvýšení cen ovlivní poptávku a růst letecké dopravy. Dle zákonu klesající poptávky, který tvrdí, že za jinak neměnných podmínek s růstem ceny klesá poptávané množství, lze vyvozovat, že vlivem zvýšení cen bude v budoucnu letectví růst pomaleji a poptávka klesne.

Cílem této práce je, na základě veřejně dostupných informací o provozních nákladech leteckých společností, zejména nákladech na palivo a poplatcích za emisní povolenky, a současně se znalostí očekávaných nákladů do budoucna na postupnou dekarbonizaci letecké dopravy, odhadnout procentuální navýšení jednotlivých výše zmíněných bodů provozních nákladů leteckých společností. Na tomto základě bude poté možné odhadnout procentuální navýšení nákladů leteckých společností, které dle předpokladu bude převedeno na pasažéry v podobě vyšších cen letenek. Protože je však známo, jak trh reaguje na navýšení cen, bude možné na základě zjištěných dat provést odhad změny poptávky v reakci na dodatečné náklady na kompenzaci emisí. Základní myšlenka, kterou se tato práce zabývá je, že zvýšené náklady leteckých společností na dekarbonizaci způsobí pokles poptávky a zpomalení růstu civilního letectví. Hlavní přínos práce lze očekávat v podobě uceleného souhrnu způsobů na dekarbonizaci letecké dopravy, jeho možné provedení, výhody a nevýhody zmíněných způsobů, a zejména poté jejich očekávané zvýšení nákladů pro letecké společnosti. Práce se dále věnuje popisu ekonomiky leteckých společností, zejména jejich provozním nákladům, dále poptávce po letecké dopravě a čím je poptávka ovlivňována.

1. Provozní pohled na emise v letecké dopravě

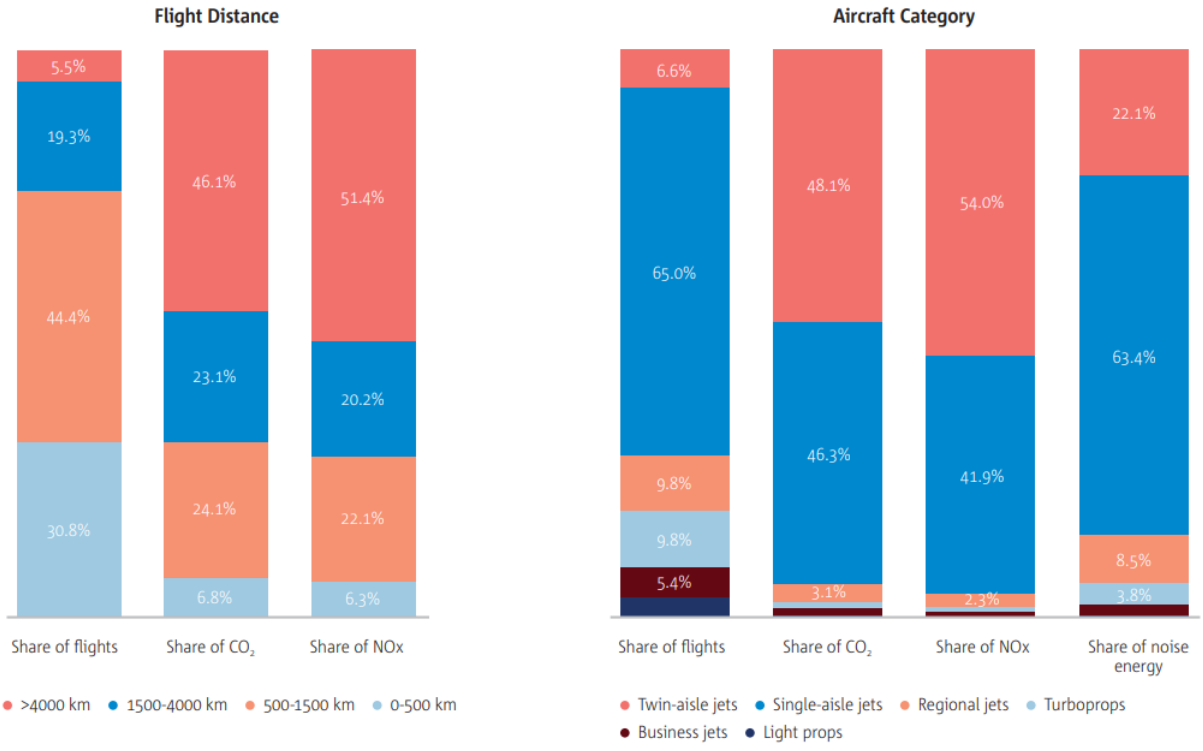
Jak již bylo zmíněno v úvodu, letectví produkuje okolo 2,5 – 3 % celkového objemu oxidu uhličitého ročně, Tyto emise rostou dlouhodobě, nicméně v posledních letech můžeme pozorovat zrychlení jejich meziročního růstu. V období 1970-2012 emise CO_2 rostly průměrným tempem 2,2 % ročně, ovšem v letech 2013-2018 bylo tempo jejich průměrné tempo růstu již 5 % ročně. V roce 2018 zároveň globální roční emise CO_2 z letectví překročily hodnoty 1000 milionů tun. Tato fakta uvádí ve svých pracích např. Mark D. Staples et al. [1] nebo Steve H. L. Yim et al. [2].

Nicméně David S. Lee et al. [3], který popisuje vliv letectví na změny klimatu, uvádí, že během stejného období došlo k obrovskému zefektivnění letecké dopravy. Letecká doprava totiž neustále roste, počet přepravených cestujících se mezi lety 1960 a 2018 zvýšil téměř 75x, kdežto celkové emise se v absolutním měřítku zvýšily pouze 7x. Zároveň došlo k podstatnému zvýšení obsazenosti letadel, v roce 1960 byla průměrná obsazenost 59 %, v roce 2018 to bylo již 82 %. Rovněž došlo ke zefektivnění leteckých motorů, vznikla letadla s menším aerodynamickým odporem nebo se zlepšila technologie výroby paliv. Výrazný pokrok udělalo rovněž plánování letů, letadla tak létají efektivněji. Všechny tyto skutečnosti vedly k tomu, že průměrné emise v přepočtu na RPK mezi lety 1960 a 2018 klesy přibližně 11x, přičemž v roce 2018 byla tato hodnota 125 g CO2/RPK. Grafické shrnutí je v obrázku č. 1.



Obrázek 1: grafické znázornění vývoje ASK (černá přerušovaná čára), RPK (černá čára) a CO_2/RPK (červená čára). Zatímco ASK a RPK neustále rostou, CO_2/RPK naopak historicky stále klesá. Značí to zvyšující se efektivitu letecké dopravy. Zdroj [4]

Podle zprávy European Aviation Environmental Report [5], která uvádí rozvržení a sdílení emisí CO_2 z hlediska vzdálenosti a kategorie letadla, bychom objevili nerovnoměrné rozvržení produkce těchto emisí. Obecně platí, že čím delší let je, tím větší množství CO_2 vyprodukuje a připadá na tento let větší procentuální množství. Např. lety do 500 km, které tvoří přibližně 30,8 % z celkového počtu letů, vyprodukují pouze 6,8 % CO_2 z celkového množství leteckých emisí. Naopak dlouhé lety, nad 4000 km, které tvoří pouze 5,5 % celkového počtu letů, vyprodukují celkově 46,1 % CO_2. Pokud bychom zkoumali toto sdílení emisí oxidu uhličitého z hlediska typu letounu, zjistili bychom rovněž zajímavé informace. Např. letouny s širokým trupem, které tvořily celkově 6,6 % letů, vyprodukovaly 48,1 % CO_2. Naopak na letouny s úzkým trupem, které tvořily 65 % letů, připadalo 46,3 % CO_2. Z výše uvedených faktů lze prohlásit, že největší množství emisí připadá na dlouhé lety, které jsou právě obsluhovány velkokapacitními letouny. Grafické shrnutí je v obrázku 2.



Obrázek 2: procentuální sdílení emisí CO_2 a NOx rozdělené podle délky letu a kategorie letounu, zdroj [5]

Letecké motory však neprodukují pouze emise oxidu uhličitého, z hlediska skleníkových plynů a globálních změn klimatu jsou nejvýznamnější vodní pára a emise dusíku. Z dalších emisí lze jmenovat uhlovodíky, oxid uhelnatý nebo pevné částice. O všech lze obecně prohlásit, že v posledních letech také rostou, ovšem výrazně nižším tempem než CO_2. Je to

dáno zejména přísnějšími emisními standardy pro letecké motory a vyšší kvalitou paliva. Emise uhlovodíků rostly v porovnání mezi lety 2005 a 2019 o 8 %, oxidu uhelnatého o 13 %, a pevných částic 15 %.

1.1. Předpověď budoucího růstu emisí do roku 2050

David S. Lee et al. [6] uvádí predikci růstu emisí v letectví. Tyto predikce jsou založeny na růstu RPK a světového HDP, konkrétně na predikci budoucího růstu HDP na následné znalosti korelace mezi světovým HDP a RPK. V této práci jsou předloženy 4 scénáře (A1t1, A1t2, B2t1, B2t2), každý za jiného předpokladu vývoje. Varianta A je tvořena součtem emisí CO_2 a dalších emisí produkovaných leteckými motory (zejména emise dusíku – NOx), které způsobují oteplování planety. Tyto emise jsou následně převedeny na ekvivalentní množství emisí CO_2. Scénář B je tvořen pouze emisemi CO_2. Scénáře t1 a t2 pak představují určitý stupeň technického vývoje (lepší aerodynamika, menší hmotnost, nové motory s nižší spotřebou…) a regulaci trhu či jiné poplatky. Nejdříve byla určena predikovaná spotřeba paliva, poté pomocí emisního koeficientu 3,15 [6, 32] bylo toto množství přepočítáno na vypuštěné emise CO_2. Shrnutí výsledků této práce pro různé scénáře předpovědi je v tabulce 1.

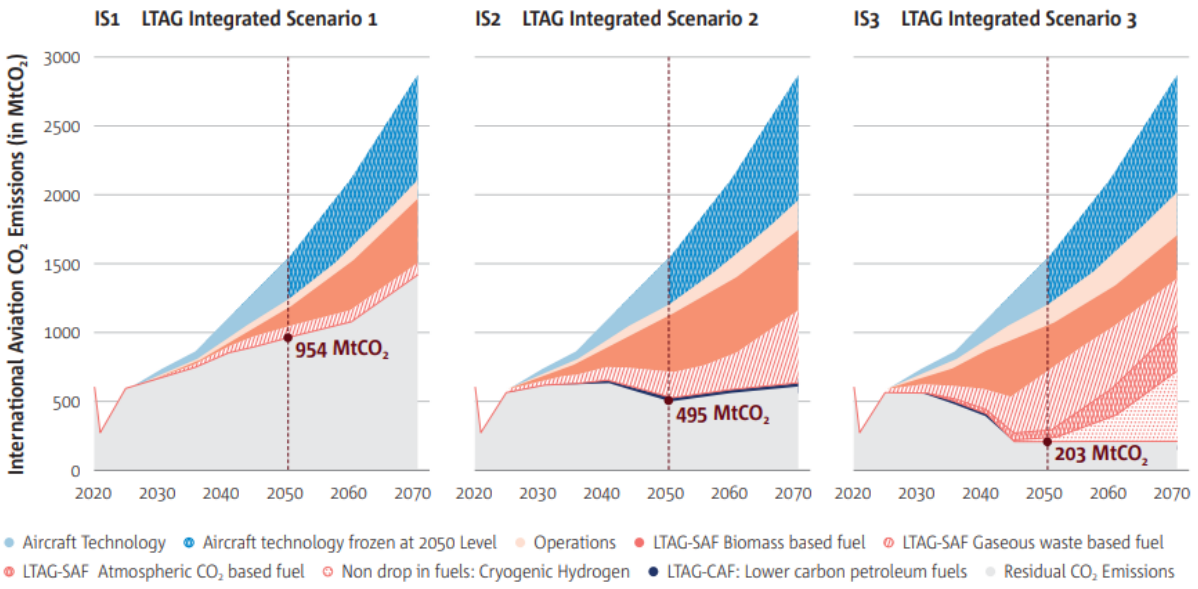
Tabulka 1: Predikce množství paliva a emisí v letectví pro rok 2050. Zdroj [6]

Rok	Palivo [mil tun]	Emise [mil tun]
2050 A1t1	816,0	2573
2050 A1t2	844,9	2665
2050 B2t1	568,8	1794
2050 B2t2	588,9	1857

Nicméně výše uvedená práce, byť velmi komplexní, byla tvořena v době, kdy nebyl tolik rozvinutý trh s emisními povolenkami a alternativními druhy paliva. Zároveň emisní závazky v letectví či povinné kvóty na užívání alternativních paliv byly v té době minimální či neexistující.

Mnohem aktuálnější data proto poskytuje European Aviation Environmental Report [5]. Tento dokument je zaměřen na popis vývoje a přístupu k leteckým emisím se zaměřením na evropský trh, je zde ovšem zmíněn i celosvětový trend. V této zprávě jsou uvedeny 3 scénáře vývoje, v každém scénáři je integrováno několik způsobů snížení emisí. Zejména jde o moderní technologie a SAF, dále i snížení emisí díky modernímu nízkoemisnímu konvenčnímu palivu JETA1 nebo vliv plánování letů se zaměřením na nižší emise.

Při scénáři 1 je predikováno roční množství emisí CO_2 v roce 2050 954 milionů tun (přibližně 1,6x více než 2019 - poslední rok před pandemií COVID-19). Při tomto scénáři by docházelo k ročnímu zvyšování efektivity paliva, měřené jako poměr spáleného paliva a RPK, o 1,20-1,31 %. Cíl ICAO je 2 % ročně. Při scénáři 2 je predikováno roční množství emisí CO_2 v roce 2050 495 milionů tun (přibližně 0,8x množství emisí roku 2019). Poměr palivo/RPK by se zlepšoval o 1,35-1,47 % ročně. Při nejambicióznějším scénáři 3 je predikováno roční množství emisí CO_2 v roce 2050 203 milionů tun (přibližně třetina množství emisí roku 2019). Poměr palivo/RPK by se zlepšoval o 1,42-1,60 % ročně. Nicméně tento scénář zahrnuje i např. užívání vodíku, pro který je tento ukazatel efektivity nevhodný. Není tak zcela vypovídající. Grafické shrnutí všech tří scénářů vývoje je v obrázku 3.



Obrázek 3: vývoj celosvětových emisí CO_2 (miliony tun) podle tří různých scénářů vývoje. Modrá oblast představuje technologický pokrok, oranžová představuje zlepšení plánování letů, červená SAF, šrafované oblasti představují nová potenciální paliva, zejména vodík. Každá oblast zastupuje snížení množství emisí CO_2, kterého lze dosáhnout pomocí dané technologie. Šedá oblast zastupuje zbytkové množství CO_2. Zdroj [5]

1.2. Emisní systémy

V důsledku historického vývoje emisí, jejich nárůstu a s tím souvisejících globálních změn klimatu, vzniklo mnoho projektů či závazků ve snaze tyto změny klimatu zpomalit. Namátkou lze zmínit Pařížskou dohodu z roku 2016, ve které se 195 států zavázalo

podniknout kroky k udržení nárůstu globální průměrné teploty pod hranicí 1,5 °C v porovnání s obdobím před průmyslovou revolucí. V letectví tyto cíle tvoří uhlíková neutralita k roku 2050.

Jedním z nástrojů, jak zmenšit množství vypouštěných emisí, jsou emisní systémy. Pro evropský trh jsou v současné době nejvýznamnějšími emisními systémy CORSIA a EU ETS. Oba systémy jsou založené na principu finanční kompenzace vypouštěných emisí. Ovšem zatímco program CORSIA je celosvětový program na snižování emisí v letectví, EU ETS je systém platný pouze na území Evropské unie (a dalších několika států, které se připojily dobrovolně) a vztahuje se pouze na lety mezi těmito územími. Na rozdíl od projektu CORSIA však EU ETS není určen primárně pro letecký průmysl.

Celosvětově existují i další systémy na hlášení a kompenzaci emisí, fungující na národní úrovni. Vzhledem k zaměření této práce však bude proveden popis pouze těch nejvýznamnějších pro Evropu – EU ETS a CORSIA.

1.3. EU ETS

Vývoj systému EU ETS je velmi dobře popsán na webových stránkách European Commssion: Climate [7], což jsou oficiální stránky Evropské komise věnující se změnám klimatu. Je zde rovněž popsáno, jak probíhala postupná implementace letecké dopravy do tohoto systému. Systém funguje na základě „cap and trade“ – provozovatel má stanoveno maximální množství vypuštěných emisí, které může každý rok vypustit. Z tohoto maximálního množství je určité procento povolenek uděleno bezplatně, zbytek potřebných povolenek na pokrytí roční produkce emisí si však musí provozovatel zakoupit (na trhu nebo speciálních aukcích). Každý rok musí poté provozovatel odevzdat příslušné množství povolenek. Množství bezplatně udělovaných povolenek se postupně snižuje, a naopak cena povolenek se zvyšuje. Pro provozovatele je poté výhodnější investovat do technologií s menší uhlíkovou stopou. Takto vybrané peníze jsou následně rozděleny mezi státy a investovány do nízkoemisních technologií. Celý projekt začal v roce 2005 a je rozdělen na 4 fáze.

Fáze 1 probíhala byla mezi lety 2005-2007. Jednalo se v podstatě o tříletý zkušební program, jehož cílem bylo ověření proveditelnosti projektu a ustanovení základních pravidel a určení dalšího vývoje. Do této fáze byly zahrnuty pouze emise z elektráren a energeticky náročných odvětví, zároveň však naprostá většina povolenek byla těmto provozovatelům dána zdarma (okolo 96,5 % bylo dáno bezplatně). Tato fáze mimo jiné stanovila:

- Cenu emisní povolenky (EUR/tuna CO_2)

- Možnost volného obchodování s přebytečnými povolenkami
- Metodiku pro měření a hlášení emisí
- Pokutu za nekompenzované emise CO_2 na 40 EUR/tuna

Fáze 2 probíhala v letech 2008-2012 a přinesla nižší množství volně udělovaných povolenek (množství se snížilo z 96,5 % na přibližně 90 %), došlo k připojení dalších zemí mimo EU (Island, Lichtenštejnsko a Norsko). Pokuta za nekompenzované emise CO_2 byla zvýšena na 100 EUR/tuna. 1.1.2012 došlo k začlenění leteckého průmyslu do tohoto systému.

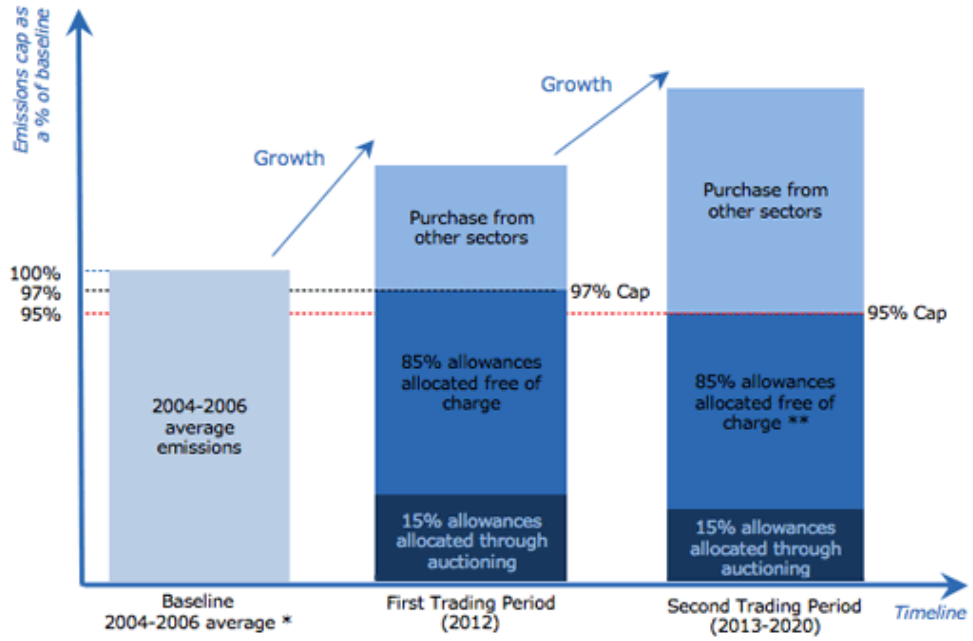
Fáze 3 probíhala mezi lety 2013-2020 a zavedla několik změn oproti předešlým fázím. Došlo k systémovému sjednocení množství volně udělovaných povolenek (namísto individuální národní úpravě tohoto množství). Rovněž se podstatně rozšířily možnosti získávání dodatečných povolenek na speciálních aukcích a bylo do systému bylo nově zapojeno více sektorů. Další výraznou změnou bylo zahrnutí emisí N_2O a perfluorocarbonu (PFCs) – oba tyto plyny, byť vznikají během spalování v řádově menších množstvích než CO_2, mají rovněž i řádově vyšší potenciál přispívat ke globálním změnám klimatu. Kompenzace začaly probíhat pomocí tzv. CO_2e (ekvivalent CO_2).

Aktuálně probíhá fáze 4, mezi roky 2021-2030. Na začátku tohoto období zahrnovala více než 11 000 provozovatelů, kteří byli dohromady zodpovědní za 45 % emisí CO_2 v EU. Vzhledem k zohlednění ekonomického vývoje posledních let i nových emisních cílů došlo ke změně systému EU ETS. Provozovatelé byli rozdělení podle rizika případného odchodu a přesunutí produkce mimo EU. Provozovatelé s vysokým obchodním rizikem odchodu budou v rámci emisního stropu dostávat 100 % povolenek bezplatně až do konce fáze 4. Naopak pro provozovatelé s nižším obchodním rizikem odchodu se v tomto období plánuje postupné snižování volně udělovaných povolenek až na nulu v roce 2030.

Jak již bylo zmíněno, letectví bylo zahrnuto do projektu EU ETS 1.1.2012, nicméně vzhledem k velmi specifickému druhu provozu se od začátku pro toto odvětví uplatňovala mírně odlišná pravidla. Podrobný popis fungování EU ETS a CORSIA v letectví, včetně všech výjimek a specifik, je popsán v článku od Janina Scheelhaase et al. [8]. Podle tohoto článku jsou všechny letecké společnosti spadající do tohoto systému povinny hlásit své roční emise. Dle toho byl poté stanoven limit vypuštěných emisí, na jehož základě budou společnosti dostávat emisní povolenky.

Během prvního roku fungování byl stanoven tento limit emisí na 97 % průměrných ročních emisí z let 2004-2006. Povolenky pokrývající 85 % z těchto 97 % emisí byly rozděleny mezi

provozovatel bezplatně na základě výpočtu, zbylých 15 % byly dostupné ve speciálních aukcích. Jakékoliv další množství povolenek si provozovatelé museli opatřit na volném trhu s povolenkami. Během fáze 3 (2013-2020) se tento limit snížil z 97 % na 95 %. Tyto povolenky jsou zároveň platné pouze v letectví. Grafické znázornění alokace povolenek je zobrazeno v obrázku 4.



Obrázek 4: schématické zobrazení rozdělení emisních povolenek, zdroj [9]

Výpočet alokace povolenek provozovatelům byl založen na efektivitě provozovatele v roce 2010 podle následujícího vzorce:

$$Bezplatné\ povolenky\ (společnost\ X) = \frac{TK\ (společnost\ X)}{TK\ (total)} * 85\ \% * 97\ \% * emisní\ limit, \quad (1)$$

kde:

- TK (společnost X) – celkové množství tunokilometrů společnosti X v roce 2010 na letech spadající pod EU ETS
- TK (total) – množství tunokilometrů všech společností v roce 2010 na letech spadající pod EU ETS
- 85 % a 97 % - množství volně udělovaných povolenek
- Emisní limit – průměrné roční emise všech společností na letech spadajících pod EU ETS mezi lety 2004-2006

$$TK\ (společnost\ X) = \sum(Platící\ zatížení * uletěná\ vzdálenost), \quad (2)$$

kde,

- Platící zatížení – představuje součet hmotností přepravených platících cestujících a nákladu. Je uvažováno, že 1 platící cestující = 100 kg (hmotnost pasažéra a jeho zavazadel)
- Uletěná vzdálenost – představuje nejkratší vzdálenost (ortodroma) mezi dvěma letišti + 95 km

Systém EU ETS se nevztahuje na lety v rámci PSO (Public Service Obligation) s ročním množstvím přepravených pasažérů do 30 000, dále se nevztahuje na společnosti s počtem letů za měsíc menším než 243 během tří po sobě jdoucích období čtyř měsíců. Poslední výjimka je na provozovatele s ročním množstvím emisí CO_2 menším než 10 000 tun.

Během fáze 4 začalo docházet k postupné redukci bezplatně udělovaných povolenek. Od roku 2021 se počet bezplatně udělovaných povolenek začal snižovat o 2,2 % ročně. V roce 2024 se počet volně udělovaných povolenek sníží na 75 % množství roku 2023 (sníží se tedy o 25 % z předchozího roku). V roce 2025 se sníží o 50 % z roku 2024. V roce 2026 už letečtí provozovatelé nebudou dostávat žádné bezplatné povolenky. Budou tedy nuceni kompenzovat 100 % svých ročních emisí.

1.4. CORSIA

Tento projekt vznikl iniciativou organizace ICAO s cílem vytvořit celosvětový program kompenzace leteckých emisí. První myšlenky na vznik podobného projektu se začaly objevovat v roce 2009, v roce 2016 byl tento program oficiálně přijat organizací ICAO a byl zaveden do Annexu 16 a od 1.1.2019 jsou všechny členské státy ICAO povinné program CORSIA implementovat do své legislativy. Program CORSIA se nevztahuje na vnitrostátní lety, na provozovatele, kteří mají roční emise CO_2 menší než 10 000 tun, dále na humanitární a záchranné lety nebo na lety s MTOM menší než 5700 kg.

Environmentální zpráva ICAO pro rok 2022, INNOVATION FOR A GREEN TRANSITION: ICAO 2022 Environmental Report [11], uvádí jako původní záměr tohoto projektu určit emisní limit (baseline), ze kterého se poté bude projekt odvíjet. Cíl byl tento limit stanovit jako průměr emisí z let 2019 a 2020. Jakékoliv nadbytečné emise by byli provozovatelé nucení kompenzovat. Nicméně vzhledem k pandemii COVID-19 byly přepravní výkony v roce 2020

výrazně omezené, např. počet RTK se meziročně snížil o 59,6 %. Pokud by byl jako výchozí strop množství emisí použit průměr z těchto dvou let, představovalo by to nadbytečnou zátěž pro již tak ekonomicky oslabený letecký průmysl. V důsledku toho se ICAO v červnu 2020 usneslo, že jako výchozí hodnota bude použito pouze množství emisí v roce 2019. Kompenzování emisí bude probíhat pouze na tratích mezi státy, které se projektu CORSIA účastní. Projekt je rozdělen do 3 fází.

Aktuálně probíhá pilotní fáze, trvá mezi lety 2021-2023. Jde o nepovinnou, zkušební fázi, účast pro státy ICAO je tedy čistě dobrovolná. K začátku roku 2023 se dobrovolně připojilo 115 států světa. Mezi lety 2024-2026 bude probíhat první fáze. V této fázi dojde ke snížení emisního limitu (baseline) na 85 % emisí roku 2019. Tento limit bude platit až do roku 2035. Účast bude stále dobrovolná. Druhá fáze bude probíhat od roku 2027, zatím dle dostupných informací má trvat minimálně do roku 2035, zcela jistě však bude projekt pokračovat i poté. Jedná se již o povinnou fázi pro všechny členské státy ICAO. Nebude povinná pro nejméně rozvinuté země (LDCs – Least Developed Countries), vnitrozemské rozvojové země (LLDCs - Landlocked Developing Countries), ostrovní rozvojové státy (SIDS – Small Island Developing States) nebo pro státy, jejichž celkový podíl na světovém RTK je menší než 0,5 %. Nicméně všechny tyto státy se mohou účastnit dobrovolně.

Od 1.1.2019 jsou všichni letečtí provozovatelé v zemích ICAO, na které se vztahuje program CORSIA, povinni hlásit své roční emise z mezinárodních letů. Pro výpočet a určení emisí je v rámci programu CORSIA schváleno pět různých postupů (tzv. CERT – Certified Estimation and Reporting Tool). Tyto emise se hlásí příslušnému státu, kde je provozovatel registrován, ovšem předtím musí být ještě zkontrolovány a potvrzeny nezávislou, schválenou organizací. Od 1.1.2021 bude příslušný stát povinen určit množství emisí nutné pro kompenzaci (offset).

Toto množství se určuje podle speciálně vyvinutého vzorce, který ve své práci opět popisuje Janina Scheelhaase et al. [8]. Pro pilotní fázi a fázi 1 je tento vzorec stejný:

$$Offset\ (X,t) = Emise\ CORSIA\ (X,t) * Růst\ sektoru\ (t), \tag{3}$$

kde:

- Offset (X,t) – představuje množství emisí, které musí daná letecká společnost X kompenzovat za daný rok t

- Emise CORSIA (X,t) – emise spadající do CORSIA vyprodukované leteckou společností X za rok t
- Růst sektoru (t) – koeficient zohledňující vývoj letectví s ohledem na emise, je definován jako:

$$Růst\ sektoru\ (t) = \frac{Emise\ CORSIA\ (t) - Emise\ CORSIA\ (baseline)}{Emise\ CORSIA\ (t)}, \quad (4)$$

kde:

- Emise CORSIA (t) – představují celkové množství emisí vyprodukované v rámci systému CORSIA za rok t
- Emise CORSIA (baseline) – množství emisí, které bylo stanoveno jako baseline. Ve fázi 1 dojde ke snížení tohoto limitu na 85 %

Je tedy vidět, že během pilotní fáze a fáze 1 systém výpočtu kompenzace emisí nebude zohledňovat individuální vývoj letecké společnosti, ale pouze vývoj systému jako celku. Pokud by tedy, čistě hypoteticky, letecká společnost po dobu trvání pilotní fáze a fáze 1 vyprodukovala každý rok stejné množství emisí, ovšem meziročně se celkové množství emisí v rámci systému CORSIA zvyšovalo, uvedená společnost by každý rok musela kompenzovat vyšší množství emisí. Individuální vývoj letecké společnosti je zohledněn ve výpočtu pro fázi 2:

$$Offset\ (X,t) = Emise\ CORSIA\ (X,t) * [s * Růst\ sektoru\ (t) + i * Růst\ společnosti\ (X,t)], \quad (5)$$

kde,

- Offset (X,t) – představuje množství emisí, které musí daná letecká společnost X kompenzovat za daný rok t
- Emise CORSIA (X,t) – emise spadající do CORSIA vyprodukované leteckou společností X za rok t
- s – koeficient růstu sektoru, během trvání fáze 2 se bude postupně snižovat (viz tabulka 2)
- Růst sektoru (t) – koeficient zohledňující vývoj letectví s ohledem na emise, výpočet zůstává stejný jako během předchozích fází
- i – koeficient růstu společnosti, během trvání fáze 2 se bude postupně zvyšovat (viz tabulka 2)
- Růst společnosti (X,t) – růst společnosti X za daný rok t, je určen jako:

$$Růst\ spoelečnosti\ (X,t) = \frac{Emise\ (X,t) - Emise(X,baseline)}{Emise(X,t)}, \quad (6)$$

kde:

- Emise (X,t) – množství emisí vyprodukovaných společností X za rok t
- Emise (X, baseline) – množství emisí vyprodukovaných společností X v roce 2019, který byl stanoven jako referenční rok

Tabulka 2: hodnoty koeficientů s, i ve vzorci výpočtu kompenzace emisí CORSIA pro fázi 2, Janina Scheelhaase et al. [8]

Období	s	i
2027-2029	1	0
2030-2032	max 0,8	min 0,2
2033-2035	max 0,3	min 0,7

1.5. Další evropské emisní systémy

Na webových stránkách icap [10], což jsou stránky věnované popisu emisních systémům, je uveden popis dalších těchto systémů. Jde většinou o národní projekty, které více či méně vycházejí z původního EU ETS. Naprostá většina z nich je založena na stejném principu.

Pravděpodobně nejvýznamnější z těchto dalších emisních systémů je UK ETS. Tento systém vznikl 1.1.2021, jeho vznik tedy přímo souvisí s odchodem Velké Británie z EU. Pokrývá vnitrostátní lety a lety odlétající z Velké Británie do zemí EU ETS a Swiss ETS, průmysl a energetiku. Aktuálně běží fáze 1, která probíhá v letech 2021-2030. Cílem je zajistit v roce 2030 redukci 68 % emisí CO_2 oproti roku 1990, do roku 2035 redukci 77 %, do roku 2050 nulové emise ve vybraných odvětvích ve Velké Británii. Cena povolenky je v podstatě stejná jako v EU ETS.

Další z evropských systémů je Swiss ETS. Tento systém z pohledu letectví je v podstatě identický jako EU ETS. Letectví jako odvětví s nutností kompenzovat své emise bylo do tohoto systému zavedeno v roce 2020, přičemž jako výchozí limit („cap“) byly použity hodnoty z roku 2019.

1.6. Porovnání EU ETS a CORSIA

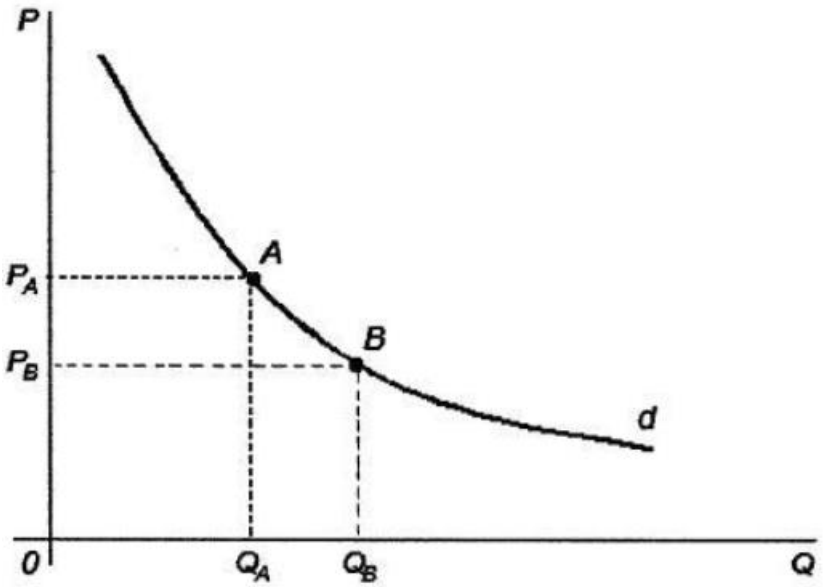
Přímé porovnání těchto dvou systémů nabízí ve svém článku Janina Scheelhaase [8]. Tvoří dva důležitě emisní systémy pro současné a budoucí letectví v Evropě i mimo Evropu. EU ETS mělo původně platit pro všechny lety přilétající a odlétající do a ze států EU, nicméně od tohoto záměru bylo upuštěno. EU ETS tak platí pouze pro lety v rámci států EU a dalších, dobrovolně se podílejících států. V roce 2017 tek tento systém pokrýval 8,5 % celosvětových leteckých emisí CO_2, ovšem protože letečtí provozovatelé jsou povinni kompenzovat pouze emise přesahující stanovený limit („cap“), bylo v roce 2017 v rámci tohoto systému kompenzováno pouze 2,1 % celosvětových emisí CO_2.

Naopak systém CORSIA je globální projekt, dle projekcí se předpokládá, že po plném spuštění fáze 2 bude pokrývat okolo 87,7 % celosvětového RTK. Systém by svojí podstatou měl zajistit neutrální uhlíkový růst od roku 2020, emise by tak neměly zvyšovat oproti výchozím hodnotám z roku 2019.

Vzhledem k faktu, že po plném uvedení projektu CORSIA do provozu by byly letecké společnosti v Evropě teoreticky nuceny kompenzovat své emise jak v rámci projektu CORSIA, tak i stále platném EU ETS, shodla se Evropská komise, že projekt CORSIA bude platit pro lety mimo státy zúčastněné v EU ETS. Pro lety mezi těmito státy zůstane v platnosti EU ETS.

2. Emise v letecké dopravě a jejich vliv na poptávku

Bijan Vasigh ve své knize Introduction to air transport economics: from theory to applications [12] poptávku definuje jako schopnost a ochotu koupit si určité množství zboží nebo služeb v určitý čas v určitém místě za jinak neměnných podmínek. Popisuje tedy vztah mezi množstvím koupeného zboží a jeho cenou. Nicméně hranice, odkdy si určitá osoba dané zboží nepořídí, je individuální a určena mnoha faktory. Pokud by byla cena velmi nízká, dané zboží si dle Vasigh pořídí velké množství osob, naopak se zvyšující se cenou se bude toto množství osob snižovat. Pokud bychom daný jev zanesli do grafu, kde na svislé ose se cena zboží a na vodorovné ose je množství zboží, které je v určitém čase poptáváno, dostali bychom tzv. křivku poptávky (viz obr. 4). Obecně platí, že s rostoucí cenou daného statku klesá poptávané množství daného statku – toto je tzv. zákon poptávky. Křivka poptávky nezobrazuje však skutečné nákupy, ale pouze znázorňuje množství, které by zákazník byl ochoten a schopen v daný čas za danou cenu koupit.



Obrázek 5: křivka poptávky. Na svislé ose P (Price, cena), na ose vodorovné Q (Quantity, množství) Zdroj [15]

2.1. Specifika poptávky v letecké dopravě

Prvním důležitým specifikem je fakt, že poptávka po letecké dopravě je tzv. odvozená. Ten fakt uvádějí ve svých knihách Bijan Vasigh [12], Rigas Doganis [13] i Stephen Holloway [14], ten k tomuto faktu dodává, že v tomto případě výrazný propad cen letenek nutně nemusí

vyvolat masivní nárůst poptávky, neboť jak již bylo zmíněno, poptávka nepramení přímo z touhy cestovat z místa A do místa B, ale je odvozena z jiných činností a od nutnosti cestovat.

Na druhou stranu, pokud by na dané trase působilo více leteckých společností s podobnými cenami letenek, a poté své ceny snížila pouze jedna z nich, téměř zcela jistě dojde, ať již k většímu či menšímu, přelivu cestujících k tomuto dopravci od ostatních leteckých společností. Celkový počet pasažérů na této trase ale zůstane přibližně zachován. A nutně se nemusí jednat pouze o letecké společnosti, na krátkých trasách může být alternativa k letecké dopravě i železniční nebo silniční doprava. Provozovatelé si tedy mohou dovolit do jisté míry volit cenovou strategii i na základě konkurence.

Naopak poptávka přímá, tudíž že daný statek či služba je vyžadována jako finální produkt, se v letecké dopravě vyskytuje v mnohem menší míře. Můžeme ji však pozorovat u letů všeobecného letectví, kde naopak většina pilotů létá, protože jim to přináší potěšení.

Jako druhý velmi důležitý fakt Rigas Doganis [13] ve své knize uvádí, že nabídka leteckých společností je ve velké míře homogenní. Služby, které letecká společnost nabízí, a letadla, která provozuje, jsou ve velké míře identická jako u konkurence. Tento fakt je ještě výraznější v ekonomické třídě a na kratších linkách (přibližně do 1500 km). Má to za důsledek, že letecké společnosti se musí snažit od konkurence nějakým způsobem odlišit – velmi často jde o nižší cenu letenek, nová letadla, vyšší četnost spojení, lepší servis či prémiová sedadla na palubě. Další specifikum je, že produkt nelze skladovat. Jakmile letoun zavře dveře a opustí prostor letiště, jakákoliv další možnost na zisk je ztracena a prázdný nákladový prostor nebo všechna nevyužitá místa jsou ztracena. Pro společnost to znamená, že zbylí pasažéři na palubě musí pokrýt nejen vlastní náklady, ale i náklady za nevyužitá místa. Obsazenost neboli load factor je proto klíčovým ukazatelem pro letecké společnosti.

Základní rozdělení při zkoumání poptávky je rozdělení podle druhu cesty – zde existují dvě hlavní skupiny – pracovní cesty a cesty za cílem rekreace, turismu, vzděláváním či návštěvou příbuzných. Při pracovních cestách jsou náklady na cestování pokryty firemními penězi, naopak ve druhé skupině je letenka placena přímo jednotlivcem či příbuzným. Tyto skupiny se zpravidla liší jak délkou doby pobytu, tak i třeba roční četností leteckých cest.

Další specifičnost leteckého provozu je jeho sezónnost. Počet přepravených pasažérů se liší na denní, týdenní i sezónní bázi. Toto může představovat částečně problém, neboť během určitého období je potřeba velké množství letadel, posádek, ale i např. pozemního personálu, ovšem v časech mimo špičku může jejich využití představovat problém. Čím větší

toto rozpětí mezi dopravní špičkou a sedlem je, tím větší problém ohledně využití flotily a posádek vzniká pro společnosti. Nicméně této dopravní špičky jsou velmi dobře předvídatelné, jde např. o víkendy, různé svátky nebo dobu prázdnin. Velký vliv představuje také klimatický vliv, např. v době horkého počasí je poptávka po přímořských destinacích značně zvýšená. Sezónnost je rovněž více výrazná na krátkých linkách.

2.2. Faktory ovlivňující poptávku v letectví

Rigas Doganis [13] ve své knize rozděluje faktory ovlivňující poptávku na dané trati na dvě skupiny – faktory obecné a faktory specifické, dané například geografickou polohou nebo historickým vývojem.

Mezi obecné faktory řadí úroveň disponibilního příjmu, úroveň ekonomické aktivity či obchodu, velikost a růst populace v místě odletu i příletu, sociální podmínky (do této skupiny řadí například množství placené dovolené nebo obecně přístup k cestování). Jako další obecný faktor zde uvádí stav nabídky na dané trati. Do této skupiny zahrnuje cenu letenek, rychlost a obecně využitelnost daného spojení – např. čas odletu a příletu nebo vhodné alternativy k letecké dopravě (např. rychlovlak).

Mezi faktory specifické (lokální) řadí úroveň turistického ruchu na daném spojení (dané např. geografickými podmínkami nebo historickým vývojem, cenami v destinaci nebo turistickou infrastrukturou), cestovní omezení, historické či kulturní vazby, migraci obyvatelstva nebo povahu ekonomické aktivity.

Jako další faktor, který je provázaný s vývojem letecký dopravy, uvádí úroveň a vývoj světového HDP. Na základě historického vývoje je prokázána silná pozitivní korelace. Obecně řečeno platí, že celosvětové RPK roste meziročně 1,5x-2x rychleji než světové HDP. Tento fakt je velmi často využíván při predikci vývoje letecké dopravy (viz zdroj [6]).

Vasigh [12] ve své knize uvádí stejné faktory. Kromě výše uvedených však uvádí i některé další, např. věrnost pasažérů k dopravci nebo věrností programy letecké společnosti. Dále zde uvádí úroveň bezpečnosti letecké společnosti nebo typ letadla či lokaci letiště, ze které letecká společnost létá. Letiště jsou pro letecký provoz nezbytná, každé letiště má tzv. spádovou oblast, ta tvoří poptávku na daném letišti.

Jako poslední skupinu faktorů zde uvádí náhodné, jen velmi těžko předvídatelné faktory, např. výbuch sopky, epidemie nebo teroristické útoky.

2.3. Cenová elasticita

S analýzou poptávky velmi úzce souvisí i pojem cenová elasticita poptávky. Tento pojem, jak uvádí Čáp [15] popisuje reakci poptávaného množství na změnu ceny a ukazuje, o kolik procent se změní množství poptávaného zboží při jeho změně ceny o 1 %. Cenová elasticita je vždy záporná, neboť pokud se cena zvýší, dle zákona poptávka se poptávané množství sníží. Vzorec pro výpočet je následující.

$$Cenová\ elasticita = \frac{\%\ změna\ poptávky}{\%\ změna\ ceny}. \tag{7}$$

Pokud by tedy letecká společnost zdražila své letenky o 5 % a následně zjistila pokles poptávky na dané trati o 15 %, byla by cenová elasticita -3.

$$Cenová\ elasticita = \frac{-15}{5} = -3.$$

Cenová elasticita je velmi často užívána leteckými společnostmi pro zkoumání hypotetických situací, např. jaký by byl vliv na poptávku, pokud by se cena zvýšila o několik procent z důvodu nového letištního poplatku či jiného důvodu.

Pro hlubší popis cenové elasticity slouží ještě termíny elastická a neelastická poptávka, případně dále ještě jednotkově elastická poptávka, dokonale elastická a dokonale neelastická poptávka. Popisují vztah změny poptávky a změny ceny. Zda je poptávka elastická či neelastická je určeno podle absolutní hodnoty cenové elasticity následovně:

Elastická poptávka	| Cenová elasticita | > 1
Neelastická poptávka	| Cenová elasticita | < 1
Jednotkově elastická	| Cenová elasticita | = 1
Dokonale elastická poptávka	| Cenová elasticita | = ∞
Dokonale neelastická poptávka	| Cenová elasticita | = 0

2.3.1. Elastická poptávka

V případě elastické poptávky je absolutní hodnota cenové elasticity větší než 1. Znamená to, že procentní změna ceny vyvolá větší než procentní změnu poptávaného zboží. V případě letecké společnosti by tento druh poptávky znamenal, že pokud by došlo ke snížení cen letenek, tak i přes jejich nižší cenu by celkové příjmy společnosti rostly, neboť relativní snížení ceny by bylo menší než relativní zvýšení počtu pasažérů. Tento jev lze samozřejmě pozorovat i opačně, v případě zvýšení cen letenek by celkové příjmy společnosti klesly, neboť vyšší ceny by nekompenzovaly nižší počet pasažérů.

Vasigh [12] uvádí, že elastickou poptávku můžeme pozorovat obecně více na kratších tratích, kde existují i alternativní způsoby přepravy, nebo třeba v chudších zemích (např. země Latinské Ameriky). Vyšší elasticitu můžeme pozorovat rovněž na tratích do dovolenkových destinací, neboť pro právě tento druh pasažérů je cena jednou z hlavních priorit při výběru letu. Doganis [13] navíc ještě uvádí, že elastickou poptávku můžeme rovněž více pozorovat u nízkonákladových leteckých společností. Rovněž uvádí, že čím větší množství druhů spojení na dané trati existuje (např. kombinace železniční, silniční a letecké dopravy), tím více je poptávka elastická.

2.3.2. Neelastická poptávka

Tento druh poptávka je opakem poptávky elastické, absolutní hodnota cenové elasticity je menší než 1. Znamená to tedy, že procentní změna ceny vyvolá menší než procentní změnu poptávaného zboží. V případě tohoto druhu poptávka má zákazník silnou touhu či potřebu si daný statek pořídit, cena proto bývá méně podstatná. Pokud tedy letecká společnost potřebuje zvýšit zisky na dané trati, může si dovolit cenu zvýšit, neboť vyšší ceny letenek budou kompenzovat nižší počet pasažérů.

Neelastickou poptávku lze pozorovat na delších tratích, kde neexistuje žádná rozumná alternativa k leteckému spojení, dále v rozvinutějších a bohatších zemích. Méně elastickou poptávku lze pozorovat na tratích mezi většími městy, kde více než turistické cesty převládají cesty obchodní. Méně elastickou až neelastickou poptávku můžeme pozorovat u tradičních dopravců (př. British Airways, Air France, KLM…), v případě jejich pasažérů hraje vyšší roli při výběru např. věrnost letecké společnosti než cena. V případě soukromých letů je poptávka výrazně neelastická.

Vasigh [12] ve své knize ještě rozděluje druh poptávky z časového hlediska. Neelastickou poptávku můžeme pozorovat v krátkodobém horizontu před odletem (jednotky dnů). Naprostá většina pasažérů, která si pořizuje letenky pouze pár dnů před odletem, tento let zkrátka potřebuje a jsou ochotní akceptovat vyšší cenu. V tomto případě jde zejména o pasažéry na pracovních cestách. Naopak v delším časovém horizontu před odletem (měsíce) můžeme pozorovat poptávku výrazně elastickou. Zde jde zejména o pasažéry cestující za turismem či odpočinkem. Tohoto jsou si letecké společnosti vědomy, proto tak nejlevnější letenky lze pořídit v horizontu měsíců před odletem, naopak pár dní před odletem může být cena letenky i několikanásobně vyšší. Tento jev navíc nepozorujeme pouze u letectví (nebo obecně u dopravy), ale lze ho pozorovat téměř ve všech odvětvích.

2.3.3. Další druhy poptávky z hlediska elasticity

Mezi další druhy poptávky řadíme jednotkově elastickou poptávku, dokonale elastickou a dokonale neelastickou poptávku. Jednotkově elastická poptávka znamená, že procentní změna ceny způsobí přesně procentní změnu poptávaného množství zboží. Dokonale elastická poptávka znamená, že cenová elasticita je rovna nekonečnu, teoreticky by to tedy znamenalo, že při sebemenším zvýšení ceny by poptávka klesla na nulu. Naopak při dokonale neelastické poptávce je cenová elasticita rovna nule. Znamená to, že bez ohledu na zvýšení či zmenšení ceny, poptávané množství se nemění.

2.4. Elasticity v letectví

V roce 2007 si organizace IATA nechala zpracovat společností InterVISTAS Consulting Inc. odhad cenových elasticit letecké dopravy pro světové trhy [16]. Cílem této studie bylo poskytnou leteckým společnostem nástroj pro možný odhad změny poptávky v případě zavedení nových poplatků, zvýšení daní atd. Jako jedna z hlavních motivací, proč tato studie vznikla, byl odhad změny poptávky na tehdy nově chystané emisní systémy a systémy placení či kompenzace emisí v letectví. Tato studie, založená na kombinaci studie předchozích podobných studií a vlastního modelování, stanovila tzv. koeficienty elasticity, ve třech úrovních – nadnárodní (supra-national), národní (national), trh/trať (route/market). Pro každou z těchto úrovní stanovuje dva koeficienty (pro krátké a dlouhé tratě). Tyto koeficienty byly stanoveny pro každý z významných světových leteckých trhů.

Tyto koeficienty ve studii InterVISTAS jsou určeny jako násobek dvou koeficientů elasticity. První je tzv. základní elasticita (base elasticity), druhý je definován svoji geografickou polohou, zde je ve studii určeno osm světových oblastí, pro každou byl určen koeficient elasticity.

Základní elasticity jsou určené podle úrovně působení (viz tabulka 3) na tři kategorie, a to úroveň trati/trhu, národní úroveň a nadnárodní úroveň.

Tabulka 3: Základní elasticity podle úrovně působení, zdroj [16]

Základní elasticity	
Trať/trh	-1,4
Národní úroveň	-0,8
Nadnárodní úroveň	-0,6

Jako druhý koeficient elasticit autoři určili podle geografické lokace trhu. Zde uvádějí koeficienty pro osm světových trhů (viz tabulka 4). Autoři ještě rozdělují krátké a dlouhé lety, protože poptávka na krátkých letech je obecně více elastická kvůli více možnostem přepravy. Autoři proto určili, že krátký let je ten s dobou letu pod jednu hodinu, a kromě výše zmíněných koeficientů se ještě výsledná elasticita pro tento let vynásobí hodnotou 1,1 (elasticita je navýšena o 10 %). Tento koeficient pro krátké tratě není uplatňován na oblast Severní Amerika-Evropa a Severní Amerika-Asie, neboť tyto lety jsou považovány za delší než jednu hodinu letu. Zároveň tento koeficient není uplatňován na krátkých letech v Evropě pro úroveň trať/trh z důvodu, že při vynásobení tímto koeficientem by vycházela hodnota cenové elasticity vyšší než 2. Autoři uvádějí, že tato hodnota by již nebyla vypovídající.

Tabulka 4: koeficienty elasticity podle geografické lokace trhu, zdroj [16]

Geografický lokace trhu	Koeficient elasticity
Severní Amerika	1,00
Evropa	1,40
Asie	0,95
Afrika	0,60
Jižní Amerika	1,25
Severní Amerika-Evropa	1,20
Severní Amerika-Asie	0,60
Evropa-Asie	0,90

Poměrně vysoké hodnoty koeficientu pro Evropu jsou dány hustotou letů, nízkými cenami i velkým rozšířením nízkonákladových společností, dále zde je zohledněn i vliv husté železniční a silniční sítě. Naopak poměrně nízká hodnota koeficientu pro Afriku je vysvětlena tím, že zde je velmi málo rozšířená střední třída, naprostou většinu poptávky tvoří lidé s vyšším příjmem, kteří jsou obecně méně citliví na změnu ceny. Poměrně vysokou hodnotu koeficientu lze najít i u spojení Severní Amerika-Evropa, i to je zde vysvětleno velkou

hustotou letů, častými charterovými lety do turistických destinací i poměrně nízkými cenami (v porovnání např. s oblastí Severní Amerika-Asie).

Pro učení cenové elasticity musíme mezi sebou vynásobit příslušné koeficienty. Pokud by tedy například došlo k zavedení nové, celoevropské daně pro krátké lety, cenová elasticita by vycházela ze 3 koeficientů – nadnárodní (-0,6), oblast Evropa (1,4) a koeficient pro krátké lety (1,1) – výsledná elasticita by se spočítala jako $-0{,}6 * 1{,}4 * 1{,}1 = -0{,}924$

Pokud by například došlo k zvýšení poplatků na letišti v Africe, tak elasticita na konkrétní trase by se určila jako $-1{,}4 * 0{,}6 = -0{,}84$. Všechny kombinace jsou uvedeny v tabulce 5.

Tabulka 5: všechny kombinace elasticit vycházející z výzkumu InterVISTAS, zdroj [16]

	Úroveň trati/trhu		Národní úroveň		Nadnárodní úroveň	
	Krátký let	Dlouhý let	Krátký let	Dlouhý let	Krátký let	Dlouhý let
USA	-1,54	-1,40	-0,88	-0,80	-0,66	-0,60
Vnitrozemská Evropa	-1,96	-1,96	-1,23	-1,12	-0,92	-0,84
Asie	-1,46	-1,33	-0,84	-0,76	-0,63	-0,57
Afrika	-0,92	-0,84	-0,53	-0,48	-0,40	-0,36
Jižní Amerika	-1,93	-1,75	-1,10	-1,00	-0,83	-0,75
Severní Amerika-Evropa	-1,68	-1,68	-0,96	-0,96	-0,72	-0,72
Severní Amerika-Asie	-0,84	-0,84	-0,48	-0,48	-0,36	-0,36
Lety Evropa-Asie	-1,39	-1,26	-0,79	-0,72	-0,59	-0,54

Další zajímavý pohled na elasticity uvádí ve své knize Marc C. Gelhausen et al. [17], který neuvádí pouze cenové elasticity, ale i další druhy elasticit. Celkem zde takto uvádí 8 faktorů. Kniha nicméně není přímo věnovaná leteckým spojením a leteckým společnostem, ale letištím. V práci je provedena predikce vývoje počtu pasažérů na roky 2030 a 2040 pro vybraná letiště (resp. dvojice letišť). Elasticity zde uvedené jsou tedy na stejné úrovni jako trať/trh ve výzkumu InterVISTAS. Nicméně Gelhausen zde uvádí kromě cenové elasticity i další, např. vliv HDP, počtu obyvatel nebo výdajů či příjmů z turismu (viz shrnutí v tabulce 6). Např. pro populaci v zemi příletu zde uvádí elasticitu 0,36 – zvýší-li se populace v zemi odletu o 1 %, poptávka se zvýší o 0,36 %. Naopak pro hustotu obyvatelstva v zemi odletu zde uvádí elasticitu -0,05, znamená to tedy, že pokud se zvýší hustota o 1 %, poptávka klesne o 0,05 %.

Tabulka 6: shrnutí elasticit ze studie Galhausen et al. [17]

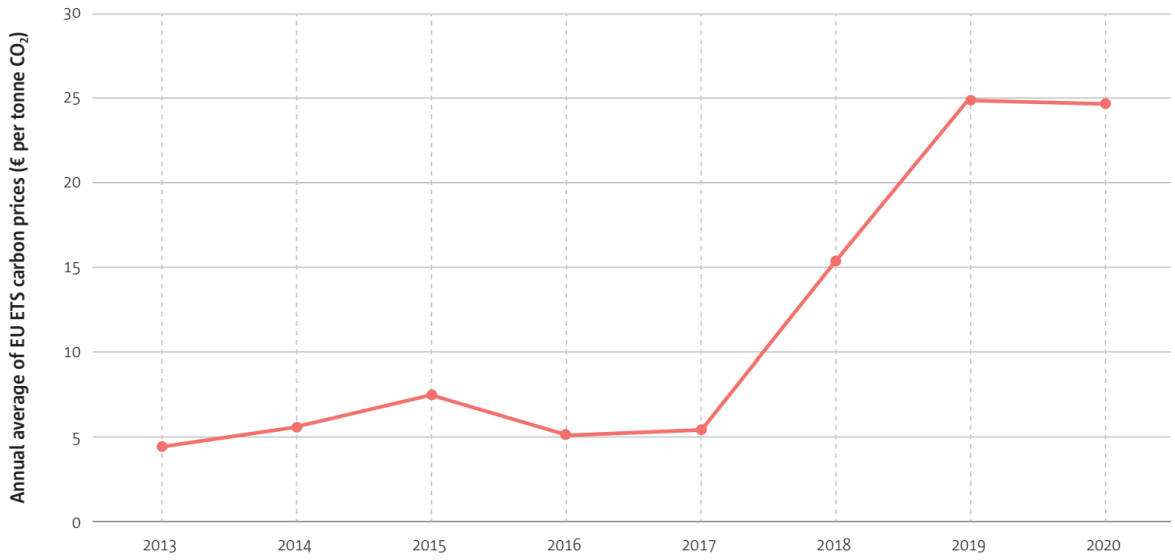
Faktor	Hodnota elasticity [%]
Populace (země odletu)	0,36
Populace (země příletu)	0,27
Hustota populace (země odletu)	-0,05
Příjmy z turismu (země příletu)	0,25
Výdaje na turismus (země odletu)	0,08
Cena letenky	-1,11
HDP (země odletu)	0,23
HDP (země příletu)	0,45

V roce 2017 zveřejnil Chiara Morlotti et al [18] studii zkoumající cenové elasticity nízkonákladových společností v Evropě, konkrétně jeho práce zkoumala linky společnosti Easyjet z Amsterodamu. Ve své práci neobjevil výraznější odchylky v cenových elasticitách uváděných společností IATA [16] nebo které uvádí Galhausen [17]. Z celkového množství 21 tratí, které byly v práci zkoumány, byla na 4 tratích, konkrétně Split, Lisabon, Praha a Bristol, prokázána elastická poptávka. Přesněji největší elasticita byla zaznamenána pro destinaci Split -1,915, dále Lisabon -1,286, Praha -1,175 a Bristol -1,076. Naopak na všech ostatních tratích byla pozorována neelastická poptávka. Tato práce rovněž zkoumala cenové elasticity podle měsíce v roce nebo dne v týdnu. Obecně větší cenové elasticity byly objeveny v letních měsících a o víkendu.

V roce 2021 zveřejnilo Německé středisko pro letectví a kosmonautiku článek pod vedením Janina Scheelhaase et al. [19]. Práce se věnovala možnému dopadu na poptávku na vybraných tratích při několika scénářích obsazenosti letadla (konkrétně 60 % a 90 %) a přenesení dodatečné ceny na pasažéra (v práci bylo modelováno 50 % a 100 % přenesení dodatečných nákladů na pasažéra). Bylo zde pracováno s cenovými elasticitami, které ve své knize uvádí Gelhausen [17]. Práce předpovídá největší dodatečné náklady u dlouhých letů, tudíž procentuální zvýšení ceny letenek a pokles poptávky na těchto letech bude nejvýraznější. Pro tyto linky však neexistuje jiný alternativní způsob přepravy. Tato práce však odlišně určovala zvýšení cen letenek. Autoři práce vzali cenu letenky v určitý čas před odletem a na základě několika kombinací předpokládané obsazenosti letadla a dodatečné ceny za emisní povolenky určili několik scénářů navýšení cen letenky. Poté pomocí elasticity určili pokles poptávky. V závislosti na kombinaci výše uvedených faktorů zde autoři uvádějí pokles poptávky od 3,5 % až do 54,61 %.

2.5. Zvýšení nákladů leteckých společností v souvislosti s emisemi

Jak již bylo zmíněno v první kapitole této práce, od roku 2026 letecké společnosti přestanou dostávat volné emisní povolenky, všechny potřebné povolenky si tedy budou muset obstarat na volném trhu za obchodní cenu. Např. podle výročních zpráv [20] společnost Ryanair ve finančním roce 2020 (1.4.2019-31.3.2020) obdržela společnost Ryanair povolenky, které jim kompenzovaly 41,4 % vyprodukovaných emisí, tudíž 58,6 % emisí společnost musela kompenzovat na vlastní náklady. Společnost Ryanair v tomto roce jedna emisní povolenka stála průměrně 20 EUR. V tomto finančním roce společnost musela na pokrytí emisních povolenek v rámci systému EU ETS vydat 150 milionů EUR. Tyto povolenky navíc v posledních několika letech prudce zdražily (viz obrázek 6). Pokud bychom jako srovnávací rok vzali rok 2030, tak v tomto roce budou muset společnosti již nakupovat povolenky pro všechny vypuštěné emise, dále dle predikcí vývoje cen povolenek EU ETS se očekává, že cena povolenky se může pohybovat v rozmezí 130-180 EUR/tuna CO_2 [21].



Obrázek 6: vývoj cen emisních povolenek EU ETS mezi lety 2013-2020, zdroj [5]

Další zvýšení nákladů se očekává v souvislosti s tankováním SAF. V rámci projektu „Fit for 55“ se zavedla rovněž mimo jiné i povinnost přimíchávat udržitelná letecká paliva do paliv konvenčních. S povinným užíváním paliv se má začít v roce 2025, kdy z celkového množství spotřebovaného paliva v Evropě má být minimálně 2 % SAF. V roce 2030 to má být 5 %, v roce 2035 už 20 % a v roce 2050 dle aktuálních plánů má tato hodnota dosáhnout 70 % [22]. Současné letecké motory mohou bez jakýchkoliv dodatečných úprav spalovat 50 % směs SAF

a konvenčního leteckého paliva. Tento balíček dále zakazuje při odletu z letišť v EU i tzv. tankering, cílem tohoto kroku je snížit zbytečné emise z důvodu zvýšené hmotnosti.

Cenu udržitelného leteckého paliva je velmi těžké predikovat, aktuálně se např. prodává přibližně za 3x vyšší cenu než konvenční fosilní paliva [20]. Podle studie publikované v březnu 2022, která se věnuje současným a budoucím nákladům na výrobu a odhadu prodejních cen [24], se odhaduje pro rok 2030 přibližně 1,5x-2x vyšší cena oproti fosilním palivům. Dorovnání cen se očekává v období 2045-2050. Je nutné ovšem poznamenat, že spousta leteckých společností vydala prohlášení, že mají v plánu tankovat větší než zákonem nařízené množství udržitelných leteckých paliv. Např. společnost Ryanair se zavázala, že do roku 2030 bude celková roční spotřeba paliva tvořena z 12,5 % udržitelnými palivy [20].

V mnoha studiích či pracích [23, 24, 25, 26] věnujících se SAF je navíc uvedeno, že čím větší množství tohoto paliva se bude vyrábět, tím menší bude jeho cena díky snižujícím se výrobním nákladům. Navíc čím více společnost tankuje tato paliva, tím menší emise CO_2 letadlo produkuje. Platí, že letadlo letící na 100 % SAF má o 80 % nižší emise CO_2 oproti letadlu letícím na klasické palivo. Čím více tedy letecká společnost tankuje SAF, tím méně produkuje CO_2 a méně potřebuje emisní povolenky. Vzhledem ke stále rostoucím cenám emisních povolenek [27] je očekáván nárůst poptávky po udržitelných palivech.

Podle společnosti SHELL, která vydala v roce 2021 ve spolupráce s Deloitte analýzu a možné způsoby dekarbonizace letectví [28], budou další náklady na dekarbonizaci letectví tvořeny hlavně jednorázovými investicemi. Zde se jedná zejména o modernizaci letadlového parku nebo investice do infrastruktury, dále jde např. o plánování letů s ohledem na snížení spotřeby. Největší vliv na snížení emisí se však v současnosti vkládá do používání udržitelných paliv.

3. Data, metodika a odhad změny poptávky u vybraných leteckých společností

Po analytickou část této bakalářské práce byly určeny tři letecké společnosti – Ryanair, Wizzair, Easyjet. Tyto tři letecké společnosti byly vybrány zejména na základě dostupnosti informací a jejich velkého množství. Všechny tyto společnosti ve svých výročních zprávách zveřejňují mimo jiné i roční spotřebu paliva, množství vyprodukovaných emisí CO_2, náklady spojené s kompenzací emisí (pro tyto společnosti zejména EU ETS), load factor nebo počet letů. Další důvod výběru těchto společností je jejich téměř absolutní zaměření na evropský trh, vztahují se na ně tak z naprosté většiny emisní systémy EU ETS nebo UK ETS.

3.1. Metodika postupu

Na základě výročních zpráv leteckých společností Ryanair [20], Wizzair [29] a Easyjet [30] byla prozkoumána ekonomická data o jejich provozu, zejména jednotlivé složky provozních nákladů a jejich procentuální zastoupení. Na základě historického vývoje dat byly u každé společnosti provedeny dvě predikce vývoje do roku 2030 – predikce počtu letů a predikce celkových nákladů. Pro veškeré zpracování dat byl použit program Microsoft Excel, pro predikce byl použit nástroj List prognózy, funkce FORECAST.ETS. Tato funkce slouží k analýze časových řad a predikuje budoucí hodnotu na základě historických hodnot pomocí lineárního trendu. Je zde využito exponenciální vyrovnání – to znamená, že časově starším datům je dána menší váha při predikci. Tato funkce byla zvolena z důvodů její jednoduchosti a spolehlivým výsledkům.

Pro určení budoucího navýšení nákladů leteckých společností v souvislosti s emisemi (resp. jeho procentuální navýšení) bylo nutné nejprve určit celkovou velikost nákladů letecké společnosti v roce 2030. Pro tento účel byla vybrána data vývoje ročních provozních nákladů letecké společnosti a z těchto dat byla provedena predikce vývoje do roku 2030. Pro eliminaci výkyvu dat z období COVID-19 byla u všech společností zvolena data pouze do této pandemie, data pozdějšího vývoje provozních nákladů byla zanedbána. Postup pomocí predikce vývoje provozních nákladů byl zvolen i z dalšího důvodu – historicky v sobě zahrnuje inflaci i např. zvyšující se náklady na platy zaměstnanců a další vlivy. Metodika tyto ostatní vlivy zohledňuje v původních datech.

Po stanovení celkových provozních nákladů letecké společnosti v roce 2030 bylo nutné tyto celkové náklady rozdělit na jednotlivé nákladové položky. Při zkoumání výročních zpráv bylo zjištěno, že byť se velikost jednotlivých nákladových položek každý rok navyšuje, jejich procentuální zastoupení v celkových provozních nákladech je přibližně neměnné. Největší

proměnlivost vykazovalo procentuální zastoupení položky „Palivo“, do které letecké společnosti zahrnují kromě cen paliva i právě cenu za emisní povolenky. Historicky, v závislosti na ceně leteckého paliva, se toto zastoupení měnilo přibližně v rozsahu 10 %. Platí, že čím dražší letecké palivo je, tím větší je procentuální zastoupení této položky v nákladech společnosti. Vzhledem k rostoucím cenám leteckého paliva a predikcím vývoje [31] byla pro rozdělení celkových odhadovaných nákladů pro rok 2030 použita aktuální procentuální rozdělení nákladových položek leteckých společností. Toto nejnovější rozdělení v sobě zahrnuje již vyšší procentuální zastoupení položky „Palivo“, a to vlivem vyšších cen paliva i emisních povolenek. Takto byly určeny provozní náklady letecké společnosti a jejich rozdělení mezi jednotlivé nákladové položky.

Pro odhad změny poptávky bylo poté použito porovnání dvou hodnot provozních nákladů v roce 2030. První hodnota byla brána jako výchozí a je tvořena výše získanou hodnotou celkových nákladů v roce 2030 bez dalších úprav. Druhá hodnota byl adekvátně navýšena o očekávané zvýšené náklady za emise. Porovnáním těchto hodnot bylo získáno procentuální navýšení a pomocí cenových elasticit byl proveden odhad změny poptávky. Do zvýšených nákladů v roce 2030 vstupovaly následující tři hodnoty:

- Cena emisní povolenky – v práci je počítáno s cenou povolenky 150 EUR/tuna CO_2 (viz kapitola 2.5.). Jde o střední hodnotu z odhadu uvedeném ve studii vývoje cen emisních povolenek [21].
- Cena JET A1 – velké množství studií vztahuje cenu SAF právě k ceně konvenčních leteckých paliv, resp. uvádějí jeho možnou cenu jako násobek ceny JET A1 [5, 23, 24, 25, 26]. Vývoj ceny leteckého paliva je velmi nestálý a silně závislý na vnějších vlivech [31], společnosti mají rovněž ceny dlouhodobě nasmlouvané a paliva nakupují za velmi odlišné ceny. V době psaní bakalářské práce (první polovina roku 2023) stála 1 tuna JET A1 průměrně 800-850 EUR. Podle studií je předpokládáno, že se cena JET A1 mezi lety 2020-2030 zvýší přibližně o 5-30 % [4, 20]. V práci bylo zvoleno navýšení o 30 % – bylo proto počítáno s cenou JET A1 1100 EUR/t.
- Cena SAF – bude předpokládáno, že jeho cena bude 1,5x vyšší [24], než cena konvenčních fosilních paliv (viz kapitola 2.5.) – 1650 EUR/t.

Druhá predikce, vývoj počtu letů, slouží k určení počtu pasažérů a k určení vyprodukovaných emisí CO_2. Predikce počtu letů v roce 2030 byla provedena obdobným způsobem jako predikce provozních nákladů v roce 2030. Jako výchozí hodnoty byly brány roční počty letů do pandemie COVID-19. Z těchto dat byla provedena predikce do roku 2030.

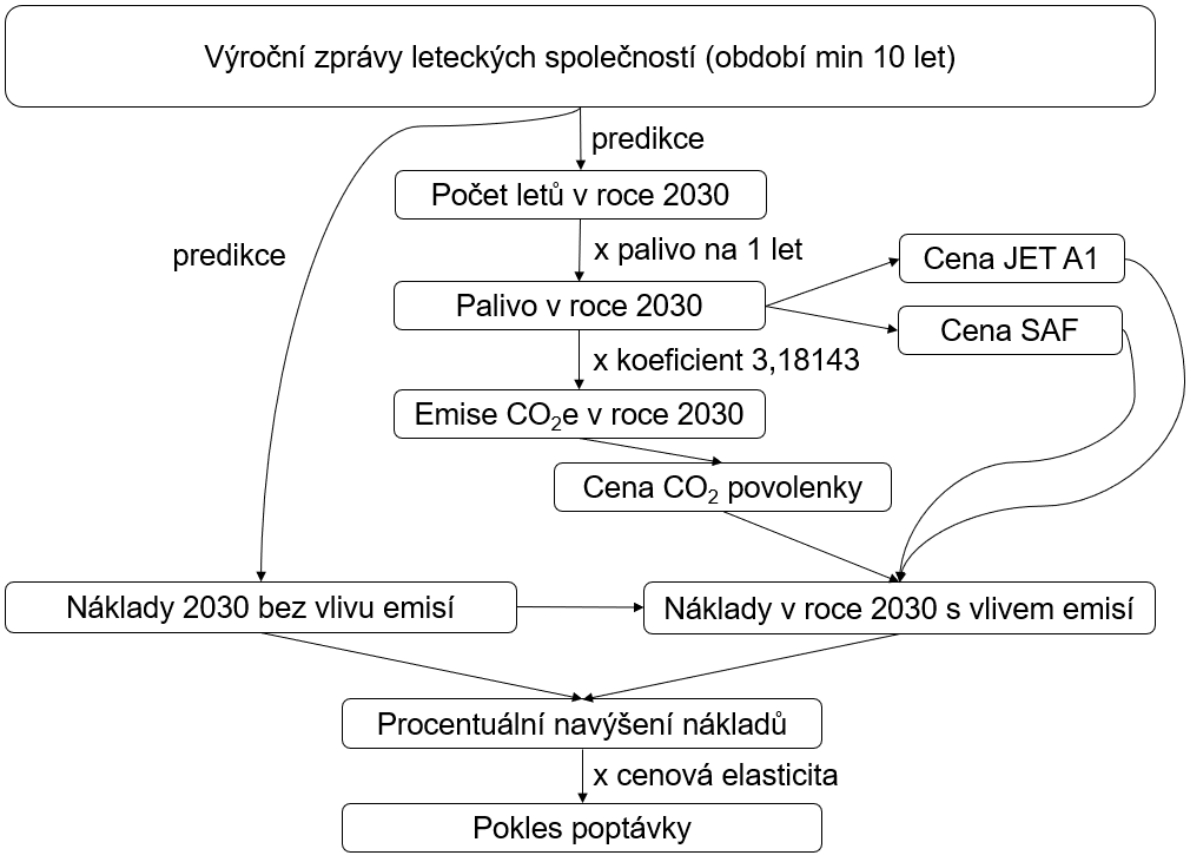
Podle počtů letů v tomto roce byly poté zjištěny dvě hodnoty – první celkové množství paliva v roce 2030 a druhá celkové množství emisí v roce 2030.

Z výročních zpráv leteckých společností byla na základě dvou ukazatelů (celková roční spotřeba paliva a počet letů) určena průměrné spotřeba paliva na jeden let. Celkové množství paliva v roce 2030 bylo poté získáno vynásobením průměrné spotřeby paliva na jeden let a predikovaným počtem letů. Pro zpřesnění tohoto výpočtu byla průměrná spotřeba paliva na jeden let snížena, neboť všechny společnosti uvažované v této bakalářské práci do budoucna počítají s nasazením nových letadel s nižší spotřebou paliva. Snížení průměrné spotřeby paliva na jeden let byla provedeno podle udávaných očekávaných úspor letecké společnosti.

Na základě znalosti celkové spotřeby paliva v roce 2030 lze určit i celkové roční množství emisí, a to vynásobením hmotnosti spotřebovaného paliva emisním koeficientem 3,18143. Jde o tzv. fuel based method, metoda výpočtu emisí založená na znalosti spotřebovaného paliva. Dle GHG protokolu [32], který poskytuje metodiku výpočtu emisí, má tato metoda vždy přednost, pokud jsou k dispozici údaje o spotřebovaném palivu. Tato metoda používá emisní koeficient pro letecké palivo 3,18143 [32] a slouží k výpočtu CO_2e – při spálení 1 tuny leteckého paliva vznikne 3,18143 t CO_2e. Pro výpočet čistě emisí CO_2 je zde uveden koeficient 3,15 [32] (při spálení 1 tuny leteckého paliva vznikne 3,15 tuny CO_2).

Při určování celkového množství emisí v roce 2030 byly rovněž zohledněny zákonné kvóty o používání SAF (konkrétně pro rok 2030 musí celková roční spotřeba paliva leteckou společností být tvořena 5 % SAF). Emise tak byly adekvátně sníženy, konkrétně práce vychází z předpokladu, že letadlo letící ze 100 % na SAF má o 80 % nižší emise CO_2. Tento údaj je kromě výročních zpráv leteckých společností uveden a propagován mimo jiné i např. na webových stránkách organizace IATA [33].

Počet pasažérů byl určen na základě veřejně dostupných informací ohledně budoucí flotily letecké společnosti. Tím se získá počet letadel a zejména průměrná kapacita letadla ve flotile. Po jejím vynásobení počtem letů a průměrnou obsazeností se získá počet pasažérů za daný rok. Průměrná obsazenost byla brána u všech společností stejná – 95 %. Metodika je graficky shrnuta v obrázku 7.



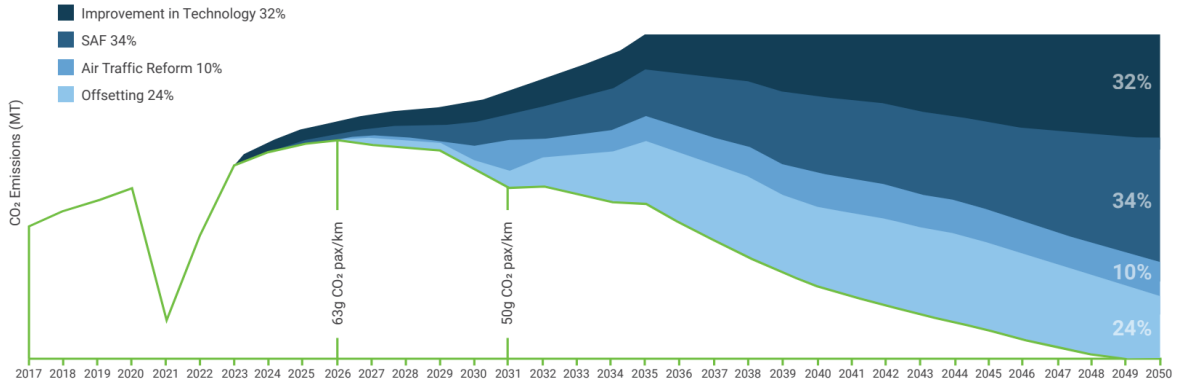
Obrázek 7: grafické znázornění metodiky odhadu změny poptávky

3.2. Emisní závazky společnosti Ryanair

Letecká společnost Ryanair se ve svých výročních zprávách prezentuje jako jedna z nejekologičtějších leteckých společností v Evropě. Stejného faktu hojně využívá i v marketingu, například uvádí, že pasažér, který dá přednost společnosti Ryanair místo klasické letecké společnosti (tzv. legacy airlines), bude mít o 50 % nižší emise za let. Společnost se zároveň v rámci projektu „Ryanair Path to Net Zero“ zavázala dosáhnout uhlíkové neutrality v roce 2050. Tohoto ambiciózního cíle chce společnost Ryanair dosáhnout pomocí kombinace několika věcí (shrnutí v obrázku 8):

- Moderních technologií – zde se jedná zejména o nákup nových letounů B737MAX. Společnost ve výročních zprávách uvádí, že od těchto letadel očekává o 16 % nižší spotřebu v porovnání s B737NG. Zároveň tyto letouny mají vyšší kapacitu (B737MAX 200 má kapacitu 197 míst, nové B737MAX 10 budou mít kapacitu dokonce 228 míst, stávají B737-800 má kapacitu 189 míst). Zde společnost očekává snížení emisí o 32 %.

- SAF – společnost plánuje masivní používání udržitelných leteckých paliv, např. do roku 2030 se společnost zavázala užívat už 12,5 % SAF (namísto povinných 5 %). Zde se očekává úspora 34 % emisí CO_2.
- Zlepšení plánování letů – zde jde zejména o zlepšení ATC. Ryanair zde předpokládá další úsporu 10 % CO_2.
- Zbývající emise, zde podle predikcí společnosti 24 % emisí CO_2, chce Ryanair kompenzovat pomocí různých projektů.



Obrázek 8: Ryanair Path to Net Zero – cesta k uhlíkové neutralitě, zdroj [20]

3.3. Výsledky analýzy společnosti Ryanair

Po provedení predikcí vyšly pro FY2030 hodnoty počtu letů 1 194 954, resp. celkové provozní náklady 14 685 mil EUR. Shrnutí predikce v tabulce 7, predikce dostupné v příloze 1.

Tabulka 7: vývoj ročního počtu letů a provozních nákladů (2010-2020) a predikce počtu letů a provozních nákladů (2021-2030)

Rok	Vývoj a predikce počtu letů	Vývoj a predikce provozních nákladů [mil EUR]
2010	427900	2586
2011	463460	3141
2012	489759	3707
2013	512765	4166
2014	524765	4378
2015	545034	4611
2016	609501	5076
2017	675482	5114
2018	725044	5484
2019	789771	6680
2020	823897	7367
2021	861055	8100
2022	898155	8832
2023	935255	9563
2024	972355	10295
2025	1009455	11027
2026	1046555	11758
2027	1083655	12490
2028	1120755	13221
2029	1157855	13953
2030	1194954	14685

Dalším krokem bylo určení počtu letadel ve flotile pro rok 2030. Určení počtu letadel probíhalo na základě následujících faktů:

- Současná flotila je tvořena 565 letadly [34], z toho 410 B737-800NG, 29 A320, 126 B737MAX 200. Flotila je tvořena ještě 1 B737-700, který je používán pro firemní účely (výcviky, přeprava zaměstnanců, materiálu…)
- Do roku 2025 má společnost obdržet dalších 84 B737MAX 200
- Mezi lety 2027-2033 má probíhat dodávka 300 B737MAX 10. Není nikde specifikováno, jak rychle má dodávka probíhat, v práci proto bude předpokládáno, že dodávky budou probíhat průměrně v počtu 45 letadel ročně. V roce 2030 tak bude ve flotile 180 těchto letadel
- U B737MAX 10 společnost ve výročních zprávách uvádí, že polovina z těchto dodaných letadel má nahradit nejstarší B737-800NG – v práci je proto uvažováno, že do roku 2030 společnost vyřadí celkem 90 B737NG

Celková flotila v roce 2030 bude tedy tvořena 320 B737NG, 210 B737MAX 200, 180 B737MAX 8, 30 dalších letadel. Celkem tedy 740 letadel.

Na základě znalosti kapacity 1 letadla a počtu těchto letadel ve flotile byla určena průměrná kapacita 1 letadla v roce 2030, ta vyšla 200,4 míst na 1 let.

- B737-800NG – 189 míst
- B737MAX 200 – 197 míst
- B737MAX 8 – 228 míst
- Ostatní letadla ve flotile – 180 míst

$$Průměrná\ kapacita = \frac{189 * 320 + 210 * 197 + 180 * 228 + 30 * 180}{740}$$

$$Průměrná\ kapacita = 200{,}4\ míst$$

Další krok bylo určení množství paliva. Určení množství paliva bylo provedeno na základě ročního počtu letů a celkové roční spotřeby paliva z FY2017-FY2021, kdy společnost provozovala pouze B737-800NG. Průměrná spotřeba B737-800NG na 1 let tak byla stanoven na 4,67 tuny. Společnost Ryanair uvádí, že zavedením B737MAX dojde ke snížení celkové spotřeby na 1 let o 16 %. Na 1 let B737MAX tak bylo počítáno se spotřebou o 16 % menší, tudíž 3,93 tuny. Podle znalosti složení flotily v roce 2030 byla stanovena průměrná spotřeba na 1 let – 4,28 tuny.

$$Průměrná\ spotřeba = \frac{320 * 4{,}67 + 210 * 3{,}93 + 180 * 3{,}93 + 30 * 4{,}67}{740}$$

$$Průměrná\ spotřeba = 4{,}28\ tuny$$

Počet přepravených pasažérů v roce 2030 byl určen z počtu letů, průměrné kapacity 1 letadla a průměrné obsazenosti, která byla v práci brána v úvahu pro všechny letecké společnosti stejná – 95 %. Počet přepravených pasažérů tak vychází na 227 milionů.

$$Počet\ pasažérů = 1194954 * 200{,}4 * 0{,}95$$

$$Počet\ pasažérů = 227\ 486\ 220$$

Posledním krokem bylo určení emisí, pomocí počtu letů a průměrného množství paliva na 1 let bylo určeno roční množství spotřebovaného paliva, zde konkrétně 5 113 662 tun. Poté pomocí emisního koeficientu 3,18143 a na základě závazku společnosti Ryanair, že v roce 2030 bude tankovat 12,5 % SAF, byly určeny roční emise CO2e – konkrétně 14 641 881 tun. Shrnutí výsledků je v tabulce 8.

$$Množství\ paliva = 1194954 * 4{,}28 = 5\ 113\ 662\ tun$$

$$Množství\ emisí\ bez\ SAF = 5113662 * 3{,}18143 = 16\ 268\ 756\ tun$$

$$Množství\ emisí\ se\ SAF = 0{,}875 * 16268756 + 0{,}125 * 16268756 * 0{,}2 = 14\ 641\ 881\ tun$$

Tabulka 8: odhad provozních informací společnosti Ryanair pro rok 2030

Počet letů	1194954
Load factor [%]	95
Počet B737NG ve flotile	320
Počet B737MAX200 ve flotile	210
Počet B737MAX8 ve flotile	180
Počet jiných letadel ve flotile	30
Celkem letadel ve flotile	740
Průměrná kapacita A320	180
Průměrná kapacita B737NG	189
Průměrná kapacita B737MAX200	197
Průměrná kapacita B737MAX8	228
Průměrná kapacita letadla ve flotile	200,4
Průměrné množství paliva na 1 let NG [tuny]	4,67
Průměrné množství paliva na 1 let MAX [tuny]	3,93
Průměrná množství paliva na 1 let celkově [tuny]	4,28
Počet přepravených pasažérů [mil]	227
Potřebné množství paliva [tuny]	5113662
Vypuštěné emise [tuny] - nebrán v potaz SAF	16268756
Vypuštěné emise [tuny] - SAF	14641881

Jako výchozí hodnoty procentuálních rozdělení byly zvoleny z FY2023. Tyto hodnoty byly zvoleny ze dvou důvodů – zahrnují v sobě již zvýšené náklady na palivo a jen velmi málo se odlišují od průměrného rozdělení mezi lety FY2010-FY2020 (v tomto období připadalo průměrně na palivo 39,8 %) – celé toto rozdělení dostupné v příloze 2 a shrnutí výsledku v tabulce 9 a 10. Nová hodnota položky „Palivo“ byla spočítána následovně:

$$Cena\ "Palivo" = 5113662 * 0{,}875 * 1100 + 5113662 * 0{,}125 * 1650 + 14641881 * 150$$

$$Cena\ "Palivo" = 8\ 172\ 874\ 613\ \text{EUR}$$

Tabulka 9: procentuální rozdělení provozních nákladů ve FY2023 a provozní náklady v tomto roce. V posledním sloupci je odhadované rozdělení provozních nákladů ve FY2030, rozdělení bylo provedeno podle procentuálního zastoupení jednotlivých položek ve FY2023.

	% rozdělení provozních nákladů ve FY2023	Provozní náklady ve FY2023 [mil EUR]	Odhadované provozní náklady ve FY2030 bez vlivu emisí [mil EUR]
Ostatní náklady	0,0	0,0	0,0
Palivo	43,1	4025,7	6334,4
Letištní a jiné poplatky	13,3	1240,5	1951,9
Amortizace	9,9	923,2	1452,7
Mzdy	12,8	1191,4	1874,7
Přeletové poplatky	9,7	903,7	1422,0
Marketing	7,2	674,4	1061,2
Údržba	4,0	373,7	588,0
Pronájem letadel	0,0	0,0	0,0
Náklady SPOLU	100,0	9332,6	14684,8

Tabulka 10: odhadované provozní náklady se změněnou položkou „Palivo“ pro společnost Ryanair. Ve sloupci vpravo je možné vidět nové procentuální rozdělení provozních nákladů. Např. položka palivo by v tomto případě tvořila 49,5 % provozních nákladů.

	Odhadované provozní náklady ve FY2030 s vlivem emisí [mil EUR]	Odhadované % rozdělení provozních nákladů ve FY2030
Ostatní náklady	0,0	0,0
Palivo	8172,9	49,5
Letištní a jiné poplatky	1951,9	11,8
Amortizace	1452,7	8,8
Mzdy	1874,7	11,3
Přeletové poplatky	1422,0	8,6
Marketing	1061,2	6,4
Údržba	588,0	3,6
Pronájem letadel	0,0	0,0
Náklady SPOLU	16523,3	100,0

Odhadované procentuální navýšení nákladů bylo určeno jako poměr odhadovaných provozních nákladů ve FY2030 s vlivem emisí a odhadovaných provozních nákladů ve FY2030. Shrnutí výsledků podle cenových elasticit v tabulce č. 11.

$$Procentuální\ navýšení\ nákladů = \frac{16523{,}3}{14684{,}8} * 100 - 100 = 12{,}52\ \%$$

Tabulka 11: odhadovaný pokles poptávky v roce 2030 u společnosti Ryanair podle výše uvedených cenových elasticit. V prvním případě je odhadován pokles poptávky o 13,9 % (počet pasažérů by se snížil z 227 mil na 196 mil), v druhém případě s nižší elasticitou pouze 10,5 % (pokles počtu pasažérů na 204 mil).

	Elasticita	Procentuální navýšení nákladů	Změna poptávky [%]	Počet pasažérů [mil]
Gelhausen [17]	-1,11	12,52	-13,90	196
IATA Demand elasticities - Intra EURope [16]	-0,84	12,52	-10,52	204

3.4. Emisní závazky společnosti Wizzair

Podobně jako společnost Ryanair, tak i Wizzair je v současnosti řazen mezi letecké společnosti s nejmenšími emisemi (v přepočtu na přepravené pasažéry). Wizzair o sobě uvádí ve svých výročních zprávách [29], že kdyby každá letecká společnost v Evropě byla tak efektivní jak oni, evropské emise CO_2 z letectví by se snížily o 34 %. Zároveň uvádí, že na žádné z leteckých tratí, kterou provozují, neexistuje alternativní způsob přepravy s dobou cesty pod 4 hodiny. Z leteckých společností, které byla vybrány pro bakalářskou práci, má Wizzair největší průměrnou délku letu 1674 km [29] (Ryanair 1232 km [20] a Easyjet 1193 km [30]). Wizzair provozuje flotilu s průměrným stářím pod 5 let, což dále přispívá ke snižování spotřeby a snižování emisí, uvádí, že od roku 2020 má každý dodaný Airbus speciální brzdy, které jsou oproti standardně dodávaným o 20 kg lehčí. Společnost rovněž, kdykoliv je to možné, používá pozemní zdroj elektrické energie místo APU.

Wizzair rovněž zavedl speciální provozní opatření ke snížení množství spotřebovaného paliva, dle odhadů všechna tato opatření vedla ke snížení spotřeby o 0,85 % ročně. Mezi tato opatření patří:

- Speciální software na optimalizaci continuous descent operation – odhadovaná úspora 950 tun paliva ročně
- Speciální software na optimalizace zero fuel weight – odhadovaná úspora 810 tun paliva ročně
- Používání nižšího nastavení klapek na vzlet a na přistání kdykoliv je to možné – odhadovaná úspora 4080 tun paliva ročně
- Používání reverzů na volnoběh kdykoliv je to možné – odhadovaná úspora 2000 tun paliva ročně
- Pojíždění s jedním motorem kdykoliv je to možné – odhadovaná úspora 810 tun paliva ročně
- Speciální software na optimalizaci reservního množství paliva na každý let (namísto užívání fixních hodnot) – odhadovaná úspora 2700 tun paliva ročně

Wizzair rovněž podepsal smlouvu se společností OMV o dodávkách SAF od roku 2025. Minimální dodávky by měly být 36 000 tun ročně. V dubnu 2023 investoval Wizzair 5 milionů GBP do vývoje SAF. Ve FY2030 by společnost chtěla dosáhnout 25 % snížení emisí oproti FY2020, v roce 2050 si vytyčila za cíl dosáhnout uhlíkové neutrality.

3.5. Výsledky analýzy společnosti Wizzair

Po provedení predikcí vyšly pro FY2030 hodnoty počtu letů 451 548, resp. celkové provozní náklady 6 901 mil EUR. Shrnutí predikce v tabulce č. 12, predikce dostupné v příloze 3.

Tabulka 12: vývoj ročního počtu letů a provozních nákladů (2012-2020) a predikce počtu letů a provozních nákladů (2021-2030)

Rok	Vývoj a predikce počtu letů	Vývoj a predikce provozních nákladů [mil EUR]
2012	73801	722
2013	80059	813
2014	90293	902
2015	105627	1060
2016	125501	1194
2017	141698	1325
2018	168208	1656
2019	190017	1961
2020	214207	2423
2021	237938	2858
2022	261672	3307
2023	285407	3757
2024	309141	4206
2025	332876	4655
2026	356610	5104
2027	380345	5554
2028	404079	6003
2029	427814	6452
2030	451548	6901

Dalším krokem ve výpočtu bylo určení počtu letadel ve flotile v roce 2030, který proběhl za následujících faktů:

- Současná flotila společnosti Wizzair je tvořena 188 letadly [35], z toho 46 A320, 41 A321, 6 A320neo a 95 A321neo.
- Během příštích let, nejpozději však do roku 2029, by měla společnost obdržet 13 A320neo, 292 A321neo a 47 A321XLR.
- Společnost nikde neuvádí, zda zároveň s dodávkou nových letadel plánuje i vyřazení některých starších ve flotile, bude tak předpokládáno, že žádné letadlo vyřazeno nebude.

Flotila společnosti Wizzair v roce 2030 bude tvořena 46 A320, 41 A321, 19 A320neo, 387 A321neo a 47 A321XLR. Celková velikost flotily je tak odhadnuta na 540 letadel.

Na základě znalosti kapacity 1 letadla a počtu těchto letadel ve flotile byla určena průměrná kapacita 1 letadla v roce 2030, ta vyšla na 231,4 míst.

- A320 – 180 míst
- A321 – 230 míst
- A320neo – 186 míst
- A321neo a A321XLR – 239 míst

$$Průměrná\ kapacita = \frac{180 * 46 + 230 * 41 + 186 * 19 + 239 * 434}{540}$$

$$Průměrná\ kapacita = 231{,}4\ míst$$

Dalším krokem bylo určení potřebného množství paliva na rok. To bylo provedeno na základě průměrné spotřeby paliva a ročního počtu letů z období FY2017-2019. V tomto období společnost provozovala pouze A320/A321. Průměrná spotřeba na 1 let v tomto období tak byla stanovena na 5,3 tuny. Wizzair nicméně nikde neuvádí, o kolik % by nová letadla měla mít nižší spotřebu v porovnání se současnou generací letadel A320/A321. Na stránkách firmy Airbus [37] jsou uvedeny informace, že tato letadla by měla mít o 20 % nižší spotřebu oproti straším generacím. Firma Wizzair pouze uvádí, že zavedením nových letadel očekává úsporu paliva na 1 let ve výši 10 %. V práci je tak počítáno s hodnotou 10 % namísto udávaných 20 % společností Airbus. Na 1 let A320/A321neo tak bylo počítána spotřeba o 10 % nižší v porovnání s A320/A321 – konkrétně 4,8 tuny/let. Dalším krokem bylo stanovení průměrné spotřeby na 1 let v roce 2030 – to bylo stanoveno na 4,90 tuny.

$$Průměrná\ spotřeba = \frac{46 * 5{,}3 + 41 * 5{,}3 + 19 * 4{,}8 + 434 * 4{,}8}{540}$$

$$Průměrná\ spotřeba = 4{,}9\ tuny$$

Počet pasažérů v roce 2030 byl určen z predikovaného počtu letů, průměrné kapacity 1 letadla a průměrné obsazenosti – 95 %. Počet přepravených pasažérů vychází na 99,3 mil.

$$Počet\ pasažérů = 451548 * 231{,}4 * 0{,}95$$

$$Počet\ pasažérů = 99\ 274\ 944$$

Dále následovalo určení množství paliva a množství emisí na rok 2030. Množství paliva se určilo pomocí počtu letů v roce 2030 a průměrného množství paliva na 1 let

$$Množství\ paliva = 451548 * 4{,}9 = 2\ 210\ 544\ tun$$

Následně bylo pomocí emisního koeficientu určeno množství emisí, resp. množství emisí se SAF. Společnost Wizzair neuvádí žádné cíle v užívání SAF, bylo tak počítáno se povinnými 5 % SAF v roce 2030. Shrnutí výsledků je v tabulce 13.

$$Množství\ emisí\ bez\ SAF = 2210544 * 3{,}18143 = 7\ 032\ 692\ tun$$

$$Množství\ emisí\ se\ SAF = 7\ 032\ 692 * 0{,}95 + 7\ 032\ 692 * 0{,}05 * 0{,}2 = 6\ 751\ 384\ tun$$

Tabulka 13: odhad provozních informací společnosti Wizzair pro rok 2030

Počet letů	451548
Load factor [%]	95
Počet A320 ve flotile	46
Počet A321 ve flotile	41
Počet A320neo ve flotile	19
Počet A321neo ve flotile	434
Celkem letadel ve flotile	540
Průměrná kapacita A320	180
Průměrná kapacita A321	230
Průměrná kapacita A320neo	186
Průměrná kapacita A321neo	239
Průměrná kapacita letadla ve flotile	231,4
Průměrné množství paliva na 1 let [tuny]	5,3
Průměrné množství paliva na 1 let neo [tuny]	4,8
Průměrná množství paliva na 1 let celkově [tuny]	4,90
Počet přepravených pasažérů [mil]	99,3
Potřebné množství paliva [tuny]	2210544
Vypuštěné emise [tuny] - nebrán v potaz SAF	7032692
Vypuštěné emise [tuny] - SAF	6751384

Jako v případě společnosti Ryanair byly i zde zvoleny jako výchozí hodnoty procentuálního rozdělení nákladů nejaktuálnější data – z FY2023. Procentuální rozdělení od FY2012 do FY2023 v příloze 4 a výsledky shrnuty v tabulce 14 a 15.

$$Palivo = 2210544 * 0{,}95 * 1100 + 2210544 * 0{,}05 * 1650 + 6751384 * 150$$

$$Palivo = 3\ 505\ 095\ 960\ \text{EUR}$$

Tabulka 14: procentuální rozdělení provozních nákladů ve FY2023 a provozní náklady v témže roce. V pravém sloupci je odhadované rozdělení provozních nákladů ve FY2030, rozdělení bylo provedeno podle procentuálního zastoupení jednotlivých položek ve FY2023.

	% rozdělení provozních nákladů ve FY2023	Provozní náklady ve FY2023 [mil EUR]	Odhadované provozní náklady ve FY2030 bez vlivu emisí [mil EUR]
Mzdy	8,6	373,9	591,5
Palivo	44,8	1954,4	3091,8
Marketing	2,1	91,5	144,7
Údržba	5,4	237,1	375,1
Letištní poplatky	22,1	963,2	1523,7
Amortizace	13,8	601,1	950,9
Další výdaje	3,2	141,3	223,5
Pronájem letadel	0,0	0,0	0,0
Náklady SPOLU	100,0	4362,5	6901,3

Tabulka 15: odhadované provozní náklady se změněnou položkou „Palivo“ – navýšenou o odhadovaný vliv emisních poplatků či vyšších cen paliva ve FY2030. V pravém sloupci je možno vidět nové procentuální rozdělení provozních nákladů. Např. položka palivo by v tomto roce tvořila 47,8 % provozních nákladů.

	Odhadované provozní náklady ve FY2030 s vlivem emisí [mil EUR]	Odhadované % rozdělení provozních nákladů ve FY2030
Mzdy	591,5	8,1
Palivo	3505,1	47,9
Marketing	144,7	2,0
Údržba	375,1	5,1
Letištní poplatky	1523,7	20,8
Amortizace	950,9	13,0
Další výdaje	223,5	3,1
Pronájem letadel	0,0	0,0
Náklady SPOLU	7314,6	100,0

Odhadované navýšení nákladů bylo spočítáno jako poměr odhadovaných provozních nákladů s vlivem emisí ve FY2030 a odhadovanými provozními náklady ve FY2030. Výsledky poklesu poptávky v tabulce 16.

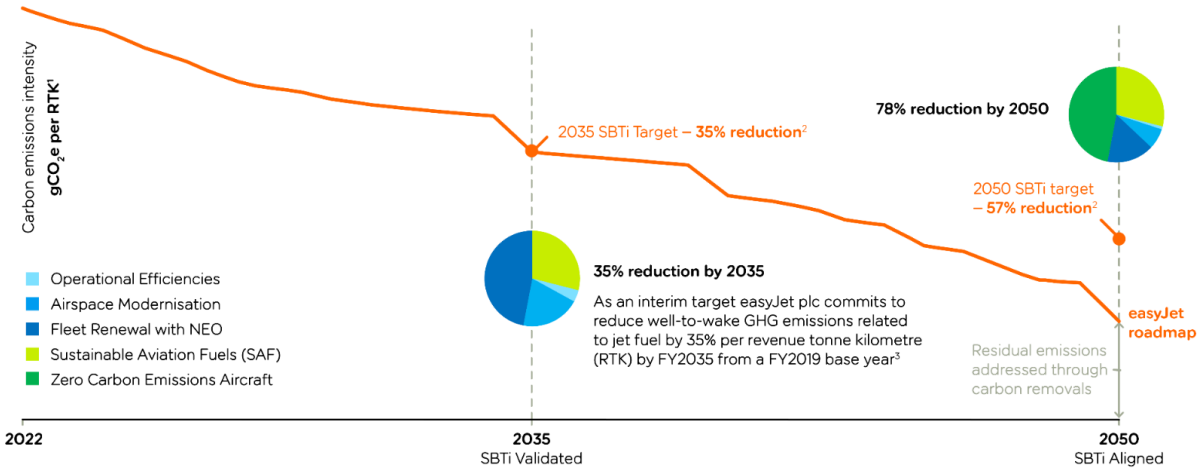
$$Procentuální\ navýšení\ nákladů = \frac{7314{,}6}{6901{,}3} * 100 - 100 = 5{,}99\ \%$$

Tabulka 16: odhadovaný pokles poptávky v roce 2030 u společnosti Wizzair podle výše uvedených cenových elasticit. V prvním případě je odhadován pokles poptávky o 6,65 % (počet pasažérů by se snížil z 99,3 mil na 92,7 mil), v druhém případě s nižší elasticitou pouze 5,03 % (pokles počtu pasažérů na 94,3 mil).

	Elasticita	Procentuální navýšení nákladů	Změna poptávky [%]	Počet pasažérů [mil]
Gelhausen [17]	-1,11	5,99	-6,65	92,7
IATA Demand elasticities - Intra EURope [16]	-0,84	5,99	-5,03	94,3

3.6. Emisní závazky společnosti Easyjet

Společnost Easyjet rovněž ve svých propagačních materiálech a výročních zprávách [30] uvádí, že jde o společnost s velmi nízkými emisemi v přepočtu na pasažéra. V roce 2021 společnost provedla v rámci propagace SAF let mezi Londýnem-Gatwick a Glasgow poháněný 30 % směsí SAF. Rovněž v rámci projektu „ultra low emissions turnaround“ (čili nízkoemisní pozemní obraty), který probíhal na letišti Bristol, dokázala společnost snížit vyprodukované emise CO_2 během pozemního obratu o 97 %. Společnost rovněž uzavřela spolupráci se společností Airbus a Rolls-Royce na podpoře vývoje vodíkového letadla a motorů. Dále se rovněž zavázala být v roce 2050 uhlíkově neutrální (viz obrázek 9). K tomuto cíli mají společnosti dopomoct nová letadla řady A320neo, lepší plánování letů a zejména tankování SAF. Společnost, na rozdíl od předchozích dvou, dává velké ambice do vývoje bezemisního letadla s pohonem na vodík.



Obrázek 9: plán společnosti Easyjet na snižování emisí do roku 2050. V plánu nicméně ve velké části figurují bezemisní letadla, která ještě neexistují. Zdroj [26]

3.7. Výsledky analýzy společnosti Easyjet

Po provedení predikcí vyšly pro FY2030 hodnoty počtu letů 1 108 091, resp. celkové provozní náklady 11 522 mil GBP. Shrnutí je v tabulce 17, predikce jsou dostupné v příloze 5.

Tabulka 17: vývoj ročního počtu letů a provozních nákladů (2011-2019) a predikce počtu letů a provozních nákladů (2020-2030)

Rok	Vývoj a predikce počtu letů	Vývoj a predikce provozních nákladů [mil GBP]
2011	393147	3183
2012	411008	3523
2013	420311	3761
2014	439943	3946
2015	457479	3998
2016	482110	4171
2017	516902	4643
2018	559857	5438
2019	605899	5919
2020	651545	6429
2021	697200	6939
2022	742855	7449
2023	788509	7959
2024	834164	8469
2025	879818	8978
2026	925473	9488
2027	971127	9998
2028	1016782	10510
2029	1062436	11017
2030	1108091	11522

Dále následovalo určení počtu letadel ve flotile v roce 2030. Easyjet o současném stavu a o vývoji svojí flotily uvádí společnost ve svých výročních zprávách [30] nebo na webových stránkách [36] následující informace:

- Současná flotila je tvořena 96 letadly A319, 168 A320, 19 A320neo a 19 A321neo [36], celkem tedy 302 letadel.
- Podle současných plánů by do FY2027 měla společnost obdržet celkem 160 A320neo a 29 A321neo.
- Společnost nikde neuvádí, zda plánuje s dodávkou nových strojů současně vyřadit i některé starší stroje, v práci tak je uvažováno, že žádná letadla vyřazena nebudou.

Celková velikost flotily by měla být tedy 491 letadel – z toho 96 A319, 168 A320, 179 A320neo a 48 A321neo.

Na základě znalosti kapacity 1 letadla a počtu těchto letadel byla spočítána průměrná kapacita letadla ve flotile Easyjet v roce 2030.

- A319 – 156 míst
- A320 – 180 míst
- A320neo – 186 míst
- A321neo – 235 míst

$$Průměrná\ kapacita = \frac{156 * 96 + 180 * 168 + 186 * 179 + 235 * 48}{491}$$

$$Průměrná\ kapacita = 182{,}9\ míst$$

Dále bylo spočítáno potřebné množství paliva na rok 2030. To bylo provedeno na základě znalosti průměrné spotřeby paliva a ročního počtu letů z období FY2016-FY2017 – společnost v tomto období provozovala pouze A319/A320. Průměrná spotřeba paliva na 1 let tak byla stanovena na 4,3 tuny. Společnost však nikde neuvádí, jaké snížení absolutní spotřeby od nových letadel očekává. Tuto informaci prezentuje pouze ve formě očekávaného snížení emisí na pasažéra. Ve výpočtech pro tuto společnost tak byl použit stejný koeficient 10 %, jaký ve svých zprávách uváděla společnost Wizzair – jinými slovy že zavedením nových letadel se předpokládá 10% snížení spotřeby paliva. Konkrétně to tedy pro nová letadla A320neo/A321neo vychází na 3,9 tuny/let. Průměrná spotřeba paliva na 1 let v roce 2030 tak vychází na 4,09 tuny.

$$Průměrná\ spotřeba = \frac{96 * 4{,}3 + 168 * 4{,}3 + 179 * 3{,}9 + 48 * 3{,}9}{491}$$

$$Průměrná\ spotřeba = 4{,}1\ tuny$$

Počet pasažérů byl určen z predikovaného počtu letů v roce 2030, průměrné kapacity letadla a průměrné obsazenosti – 95 %. Počet přepravených pasažérů vychází na 192,5 mil.

$$Počet\ pasažérů = 1108091 * 182{,}9 * 0{,}95$$

$$Počet\ pasažérů = 192\ 506\ 490$$

Množství paliva v roce 2030 bylo určeno pomocí počtu letů v roce 2030 a průměrné spotřeby na 1 let.

$$Množství\ paliva = 1108091 * 4{,}1 = 4\ 532\ 043\ tun$$

Následně pomocí emisního koeficientu 3,18143 bylo určeno množství emisí, resp. množství emisí se SAF. Společnost Easyjet, podobně jako Wizzair, také neuvádí žádné závazky na tankování většího než povinného množství SAF, tudíž bylo výpočtech počítáno 5 % SAF. Shrnutí výsledků v tabulce 18.

$$Množství\ emisí\ bez\ SAF = 4532043 * 3{,}18143 = 14\ 418\ 378\ tun$$

$$Množství\ emisí\ se\ SAF = 14418378 * 0{,}95 + 14418378 * 0{,}05 * 0{,}2 = 13\ 841\ 643\ tun$$

Tabulka 18: odhad provozních informací společnosti Easyjet pro rok 2030

Počet letů	1108091
Load factor [%]	95
Počet A319 ve flotile	96
Počet A320 ve flotile	168
Počet A320neo ve flotile	179
Počet A321neo ve flotile	48
Celkem letadel ve flotile	491
Průměrná kapacita A319	156
Průměrná kapacita A320	180
Průměrná kapacita A320neo	186
Průměrná kapacita A321neo	235
Průměrná kapacita letadla ve flotile	182,9
Průměrné množství paliva na 1 let [tuny]	4,3
Průměrné množství paliva na 1 let neo [tuny]	3,9
Průměrná množství paliva na 1 let celkově [tuny]	4,09
Počet přepravených pasažérů [mil]	193
Potřebné množství paliva [tuny]	4532043
Vypuštěné emise [tuny] - nebrán v potaz SAF	14418378
Vypuštěné emise [tuny] - SAF	13841643

V případě společnosti Easyjet bylo použito stejné procentuální rozdělení nákladových položek jako ve zprávě této společnosti za první polovinu FY2023. Procentuální rozdělení nákladových položek v období FY2011-H1 FY2023 je uvedeno v příloze 6. Ve výpočtu nové hodnoty položky „Palivo“ bylo předpokládáno, že 1 EUR = 0,9 GBP, byl vzat průměr z kurzů uvedených ve výročních zprávách. Shrnutí výsledků v tabulce je 19 a 20.

$$Palivo = 4532043 * 0{,}95 * 0{,}9 * 1100 + 4532043 * 0{,}05 * 0{,}9 * 1650 + 13841643 * 150 * 0{,}9$$

$$Palivo = 6\,467\,512439\ GBP$$

Tabulka 19: Procentuální rozdělení provozních nákladů ve FY2023 a porovnání ročních provozních nákladů v roce předcházejícím – FY2022 pro společnost Easyjet. V pravém sloupci je odhadované rozdělení provozních nákladů ve FY2030, rozdělení bylo provedeno podle procentuálního zastoupení jednotlivých položek v první polovině FY2023.

	% rozdělení provozních nákladů ve H1 FY2023	Provozní náklady ve FY2022 [mil GBP]	Odhadované provozní náklady ve FY2030 bez vlivu emisí [mil GBP]
Palivo	25,1	1279,0	2893,4
Letištní poplatky	23,8	1716,0	2743,5
Mzdy	13,8	767,0	1586,4
Přeletové poplatky	5,4	339,0	617,3
Údržba	5,7	301,0	651,0
Marketing	3,3	173,0	385,4
Ostatní náklady	12,5	655,0	1436,7
Pronájem letadel	0,0	2,0	3,7
Amortizace	10,0	539,0	1156,1
Amortizace nehmotného majetku	0,4	25,0	48,6
Náklady SPOLU	100,0	5796,0	11522,1

Tabulka 20: odhadované provozní náklady se změněnou položkou „Palivo“ – navýšenou o odhadovaný vliv emisních poplatků či vyšších cen paliva ve FY2030 pro společnost Easyjet. V pravém sloupci je možno vidět nové procentuální rozdělení provozních nákladů. Položka palivo by v tomto roce tak tvořila 42,8 % provozních nákladů.

	Odhadované provozní náklady ve FY2030 s vlivem emisí [mil GBP]	Odhadované % rozdělení provozních nákladů ve FY2030
Palivo	6467,5	42,8
Letištní poplatky	2743,5	18,2
Mzdy	1586,4	10,5
Přeletové poplatky	617,3	4,1
Údržba	651,0	4,3
Marketing	385,4	2,6
Ostatní náklady	1436,7	9,5
Pronájem letadel	3,7	0,0
Amortizace	1156,1	7,7
Amortizace nehmotného majetku	48,6	0,3
Náklady SPOLU	15096,3	100,0

Odhadované navýšení nákladů bylo spočítáno jako poměr odhadovaných provozních nákladů s vlivem emisí ve FY2030 a odhadovanými provozními náklady ve FY2030. Výsledky odhadu poklesu poptávky jsou v tabulce 21.

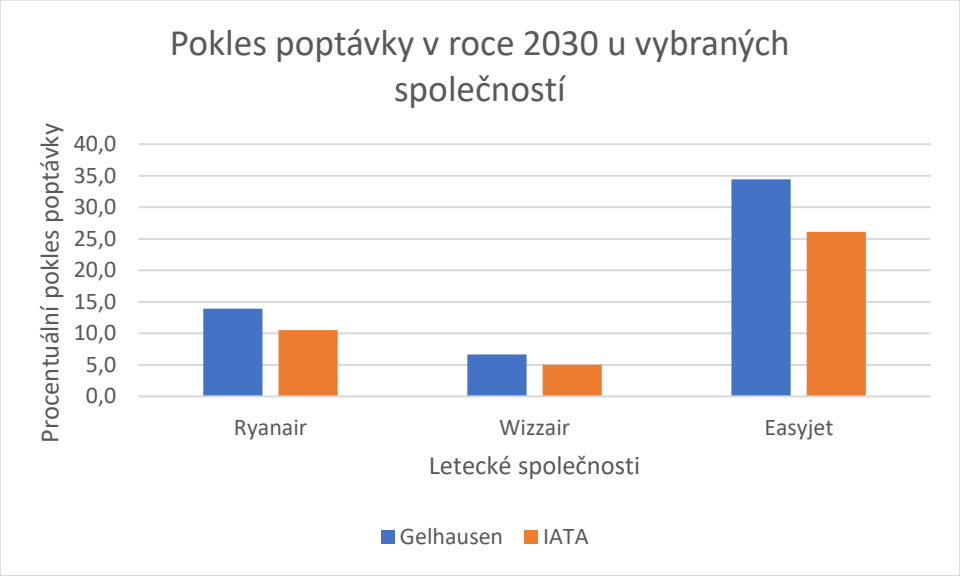
$$Procentuální\ navýšení\ nákladů = \frac{15096{,}3}{11522{,}1} * 100 - 100 = 31{,}02\ \%$$

Tabulka 21: odhadovaný pokles poptávky v roce 2030 u společnosti Easyjet podle výše uvedených cenových elasticit. V prvním případě je odhadován pokles poptávky o 34,4 % (počet přepravených pasažérů by se snížil z 193 mil na 126 mil), v druhém případě s nižší elasticitou pouze 26,06 % (počet přepravených pasažérů by se snížil na 142 mil).

	Elasticita	Procentuální navýšení nákladů	Změna poptávky [%]	Počet pasažérů [mil]
Gelhausen [17]	-1,11	31,02	-34,43	126
IATA Demand elasticities - Intra Europe [16]	-0,84	31,02	-26,06	142

4. Diskuze výsledků

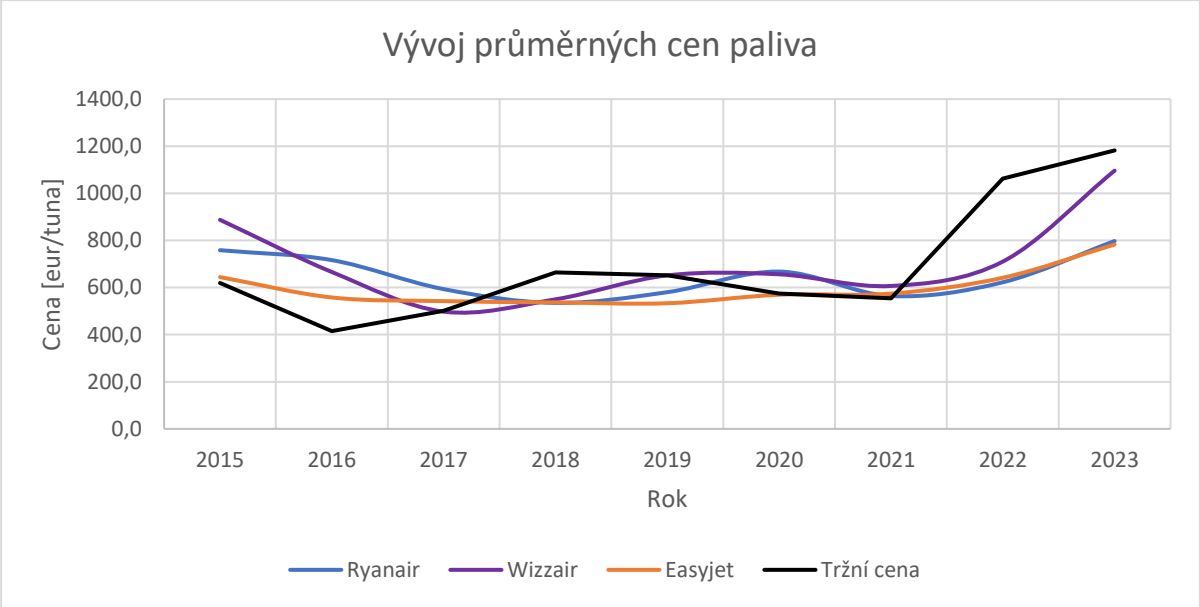
Nejmenší odhadované navýšení nákladů bylo určeno u společnosti Wizzair, naopak největší u společnosti Easyjet. Tento výsledek je do značné míry dán metodikou postupu, neboť vychází z aktuálního procentuálního rozdělení provozních nákladů společnosti. U společností Ryanair a Wizzair se do tohoto rozdělení nákladů, vzhledem k cyklu vydávání zpráv 1.4.-31.3., již projevily rostoucí ceny paliva, emisních povolenek a celkově rychlé zotavení leteckého průmyslu po pandemii COVID-19. Např. u společnosti Ryanair tvořilo v FY2021 palivo 21,9 % provozních nákladů, v FY2022 to bylo již 33,1 % a v roce FY2023 dosáhlo hodnoty 43,1 %, se kterou bylo v práci počítáno. Obdobné je to u společnosti Wizzair, zde ve FY2021 tvořilo palivo 27,4 % celkových nákladů, v FY2022 30,6 % a FY2023 již 44,8 %. Tento trend je v souladu s teorií, kterou ve svých knihách uvádějí Doganis [13] i Vasigh [12]. Oba uvádějí, že palivo tvoří největší nákladovou položku leteckých společností, v závislosti na jeho ceně se běžně pohybuje okolo 20-50 %.



Graf č. 1 – shrnutí výsledků odhadu poklesu poptávky

U společnosti Easyjet, vzhledem k výše zmíněnému odlišnému cyklu vydávání výročních zpráv, se ještě nestačil projevit efekt vyšších cen paliva a povolenek (např. za FY2021 tvořilo palivo 15,67 % celkových provozních nákladů, v FY2022 22,1 % a první polovině FY2023 to bylo 25,1 %). Pokud by bylo u společnosti Easyjet použito stejné procentuální rozdělení nákladů jako u společnosti Wizzair, tudíž za předpokladu, že v roce 2030 bude palivo tvořit 44,8 % provozních nákladů jako u společnosti Wizzair, vycházelo by celkové procentuální navýšení nákladů pro rok 2030 o 8,3 %, pokles poptávky poté o 9,2 %, resp. 7,0 %. V případě

rostoucích cen paliva je navíc ještě nutné zohlednit fakt, že letecké společnosti mají ceny paliva často nasmlouvané i na několik let dopředu. Na tržní cenu tedy reagují s mírným zpožděním (viz graf č. 2 níže), dojde-li tedy např. ke skokovému zdražení paliva, jako se např. stalo minulý rok v březnu v reakci na válku na Ukrajině [31], zdražení paliva pro letecké společnosti se neprojeví okamžitě.



Graf č. 2 – vývoj cen paliva u leteckých společností a porovnání s tržní cenou, zdroj [20, 29, 30, 31]

Pro společnost Ryanair vyšlo zvýšení nákladů o 12,52 %. V případě, že by společnost místo oznámených 12,5 % tankovala pouze povinných 5 % SAF, tak by navýšení nákladů bylo nepatrně nižší, pouze 12,08 %. Pokles poptávky by byl 13,4 %, resp. 10,1 %. Společnost by v tomto případě měla podstatně vyšší náklady na emisní povolenky, nicméně ty by byly kompenzovány nižšími náklady na palivo. Při uvažovaných cenách emisních povolenek a SAF by se tedy letecké společnosti finančně nevyplatilo tankovat více SAF než povinné množství.

Vasigh [12] i Doganis [13] ve svých knihách rovněž uvádějí, že samotné určování cenových elasticit je velmi obtížné a silně závisí na podmínkách výpočtu. Při postupu výpočtu se např. musí stanovit průměrná cena letenky, od které se potom měří změny ceny a počtu pasažérů, nicméně oba shodně uvádějí, že pojem jako „průměrná cena letenky“ v podstatě vůbec neexistuje, neboť tyto ceny letenek se mění s časem i velmi výrazně. [16] Rovněž závisí i na ročním období, ve kterém zkoumání probíhá, a trati, které je zkoumaná. Cenové elasticity použité ve výpočtu tak nejsou shodné pro všechny tratě provozované leteckou společností.

Oba autoři také shodně uvádějí, že dojde-li ve společnosti k navýšení nákladů a je potřeba zvýšit cenu letenek, tratě s menší elasticitou poptávky společnost zatíží více vyššími cenami než tratě s větší elasticitou. Přesnější odhad změny poptávky by musel zahrnovat konkrétní tratě, kde by bylo možné výpočet upravit pro každou trať zvlášť a vzít v úvahu výše zmíněný fakt.

Pro analytickou část byly z důvodu dostupnosti dat vybrány pouze nízkonákladové společnosti, nicméně pasažéři těchto společností jsou obecně více citlivější na změnu ceny. Doganis [13] například uvádí, že cenová elasticita pro nízkonákladové společnosti může dosáhnout i hodnot větších než -2,0 na některých tratích. Naopak studie zkoumající cenové elasticity společnosti Easyjet [18] neobjevila výraznější odchylky v cenových elasticitách uváděných společností IATA [16] nebo které uvádí Gelhausen [17]. Tento jev však je možná částečně způsoben zaměřením letecké společnosti Easyjet, která se profiluje na trhu jako nízkonákladová společnost se zaměřením na pracovní cesty. Tato společnost např. v porovnání se společností Ryanair létá na hlavní letiště v evropských městech (např. Milán Malpensa a Linate v porovnání Milán Bergamo u společnosti Ryanair) nebo nabízí více možností změny letenky, její posunutí nebo úplné zrušení. Z tohoto pohledu tak lze očekávat větší cenové elasticity u společnosti Ryanair, a naopak menší citlivost na změnu ceny u pasažérů společnosti Easyjet.

Dalším faktorem nutným na zvážení je průměrná délka letu, neboť kratší linky jsou obecně více cenově elastické, neboť zde existuje více alternativních způsobů přepravy. Z tohoto pohledu lze za nejméně ohroženou společnost považovat Wizzair, neboť na žádné lince, kterou provozuje, neexistuje alternativní spojení s dobou cesty pod 4 hodiny. Zároveň má ze všech vybraných společností nejdelší průměrnou délku letu 1674 km. Naopak společnost Easyjet s průměrnou délkou 1193 km lze na základě zmíněné úvahy považovat za nejvíce ohroženou.

Podle společnosti SHELL a její analýzy dekarbonizace letectví [25] z roku 2021 lze, v rozporu s výše uvedenou teorií, do budoucna očekávat pokles množství pasažérů cestujících pracovně. Jsou zde uvedeny dva hlavní důvody – se zvyšujícími se cenami letenek se budou firmy snažit ušetřit a na pracovní cesty budou posílat méně zaměstnanců. Dále již dnes se velké množství firem snaží o snižování svých emisí či dokonce dosažení uhlíkové neutrality, i z tohoto důvodu společnost SHELL do budoucna očekává pokles cestujících na pracovních cestách, neboť každá pracovní cesta přispívá k celkové uhlíkové stopě firmy.

5. Závěr

Cílem práce bylo odhadnout vliv emisí na změnu poptávky po letecké dopravě u vybraných leteckých společností. Metodika práce je založena na základě historického vývoje leteckých společností a očekávaného vývoje emisních systémů a poplatků za emise.

V první části práci byl proveden stručný vývoje letecké dopravy s ohledem na vývoj emisí. Na základě rešerše bylo potvrzeno, že byť se množství vypouštěných emisí každoročně zvyšuje, v přepočtu na přepraveného pasažéra se toto množství stále snižuje, mezi lety 1960-2018 došlo ke snížení CO_2/RPK přibližně 11x až na hodnotu 125 g CO_2/RPK. Při zkoumání podílu na produkci emisí CO_2 bylo zjištěno, že zdaleka největší podíl mají lety nad 4000 km společně s širokotrupými letadly (wide-body). Lety nad 4000 km se podílejí na celosvětové produkci leteckých emisí CO_2 z 46,1 %, širokotrupá z 48,1 %. Zároveň dle predikcí se očekává další výrazný růst i v budoucnu. Některé studie předpovídají v roce 2050 celosvětově i 3x vyšší množství emisí oproti roku 2023, nicméně tyto predikce velmi závisí na budoucím užívání SAF a technologickém pokroku v oblasti bezemisního létání. Podle dalších scénářů s výrazným podílem těchto technologií se další růst emisí CO_2 již neočekává, naopak se předpovídá postupné snižování těchto emisí.

V druhé části byly popsány současné emisní systémy v Evropě, jejich historický vývoj, současné fungování i budoucí vývoj. V případě systému EU ETS je jeho největším omezením platnost pouze lety mezi členskými státy či na odlety z těchto zemí. Letecké společnosti jsou navíc povinny kompenzovat pouze emise přesahující předem definovaný strop (cap). Např. v roce 2017 tak tento systém kompenzoval pouze 2,1 % leteckých emisí CO_2. Toto nízké pokrytí emisí by mělo být vyřešeno dalším emisním systémem – CORSIA. Zde se dle odhadů očekává, že tento celosvětový projekt bude pokrývat až 87,7 % celosvětových leteckých emisí.

V další části byl proveden rozbor poptávky a specifika poptávky v letectví, zejména že se jedná o poptávku odvozenou, je tedy odvozena od jiných činností. Dále že podle základního rozdělení pasažérů – na cestující pracovně a na cestující za turismem či odpočinkem, je právě druhá skupina výrazně náchylnější na změnu ceny a více bude reagovat sníženou poptávkou. Posledním specifikem je sezónnost letecké dopravy, vždy se najde nějaká dopravní špička a naopak sedlo. Zmíněnou sezónnost lze pozorovat v denním, ale i týdenním či ročním cyklu. Dále byly popsány faktory ovlivňující poptávku po letecké dopravě – zde se jedná zejména o faktory obecné – HDP, velikost populace v místě příletu i odletu, úroveň turismu v místě příletu i odletu, ceny letenek a velikost nabídky na dané trati, včetně možných alternativních způsobů

přepravy. Další faktory jsou tzv. specifické (lokální) – zde můžeme najít např. souvislost s historickým vývojem, dále se jedná o různá cestovní omezení nebo povahu ekonomické aktivity. Na základě historického vývoje je rovněž prokázána korelace mezi celosvětovým HPD a vývojem letectví – to meziročně roste přibližně 1,5x-2x rychleji než světové HDP.

Dále byl proveden rozbor cenových elasticit poptávky, na jejichž základě byl proveden odhad změny poptávky. Byly popsány pojmy jako elastická a neelastická poptávka, dále byly vysvětleny a popsány hodnoty cenových elasticit poptávky pro letecký trh. Zároveň bylo zjištěno, že cenové elasticity nízkonákladových dopravců jsou stejné nebo pouze mírně vyšší v porovnání s klasickými dopravci.

Jako poslední z teoretické části bylo popsáno, které emisní položky se budou v budoucnu podílet na zvýšení nákladů leteckých společností. Zde se jedná zejména o SAF a emisní povolenky. Mnoho studií vztahuje cenu SAF na konvenční letecká paliva, podle predikcí by mělo k vyrovnání cen těchto paliv dojít v období 2045-2050. Druhá položka, která se bude velkou mírou podílet na zvýšení nákladů jsou emisní povolenky v rámci systému EU ETS. Tyto povolenky v posledních několika letech prudce zdražily (mezi lety 2017-2023 došlo přibližně k 15x-20x zvýšení těchto cen).

Poté byl proveden odhad změny poptávky u vybraných leteckých společností, společnosti byly vybrány na základě dvou kritérií – aby se jednalo o evropskou společnost, které provozuje lety převážně na evropském kontinentu, a aby daná společnost zveřejňovala informace o množství spotřebovaného paliva a vypouštěných emisích. Na základě těchto požadavků byly vybrány tři letecké společnosti – Ryanair, Wizzair a Easyjet. Na základě vytvořené metodiky byl proveden odhad poklesu změny poptávky u těchto společností. Odhadovaný pokles poptávky pro tyto společnosti vyšel v rozmezí -5 % až -34,4 %. Bylo tak potvrzeno, že rostoucí náklady na dekarbonizaci letectví způsobí pokles poptávky po letecké dopravě a zpomalení růstu letecké dopravy.

Cíl práce – provedení odhadu vlivu emisí na poptávku u vybraných leteckých společností byl splněn. Hlavní přínos této práce vidím v uceleném souhrnu technologií a způsobů dekarbonizace letectví a jejich ekonomickém dopadu na letecké společnosti.

Jako možnost pro další zkoumání je provést odhad nikoliv na úrovni letecké společnosti, jako v této práci, ale na úrovni trati, kde bude možné zohlednit různé cenové elasticity mezi odlišnými destinacemi.

Seznam použité literatury

1. Mark D. Staples, Robert Malina, Pooja Suresh, James I. Hileman, Steven R.H. Barrett, Aviation CO2 emissions reductions from the use of alternative jet fuels, Energy Policy, Volume 114, 2018, Pages 342-354, ISSN 0301-4215, https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.12.007, dostupné z: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421517308224
2. YIM, Steve H L, Gideon L LEE, In Hwan LEE, et al. Global, regional and local health impacts of civil aviation emissions. Environmental Research Letters [online]. 2015, 10(3) [cit. 2023-07-18]. ISSN 1748-9326. Dostupné z: doi:10.1088/1748-9326/10/3/034001
3. LEE, D.S., D.W. FAHEY, A. SKOWRON, et al. The contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing for 2000 to 2018. Atmospheric Environment [online]. 2021, 244 [cit. 2023-04-13]. ISSN 13522310. Dostupné z: doi:10.1016/j.atmosenv.2020.117834
4. Our World in Data. Climate change and flying: what share of global CO2 emissions come from aviation? [online]. [cit. 2023-08-01]. Dostupné z: https://ourworldindata.org/co2-emissions-from-aviation
5. EUROPEAN AVIATION ENVIRONMENTAL REPORT 2022 [online]. 2022 [cit. 2023-04-19].Dostupné z: doi:10.2822/04357
6. LEE, David S., David W. FAHEY, Piers M. FORSTER, Peter J. NEWTON, Ron C.N. WIT, Ling L. LIM, Bethan OWEN a Robert SAUSEN. Aviation and global climate change in the 21st century. Atmospheric Environment [online]. 2009, 43(22-23), 3520-3537 [cit. 2023-04-13]. ISSN 13522310. Dostupné z: doi:10.1016/j.atmosenv.2009.04.024
7. EURopean Commssion: Climate [online]. [cit. 2023-07-19]. Dostupné z: https://climate.ec.EURopa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/development-eu-ets-2005-2020_en
8. Janina Scheelhaase, Sven Maertens, Wolfgang Grimme, Martin Jung, EU ETS versus CORSIA – A critical assessment of two approaches to limit air transport's CO2 emissions by market-based measures, Journal of Air Transport Management, Volume 67, 2018, Pages 55-62, [cit. 2023-07-18]. ISSN 0969-6997. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2017.11.007.
9. Verifavia: aviation|airports|shipping [online]. [cit. 2023-07-19]. Dostupné z: https://www.verifavia.com/greenhouse-gas-verification/fq-how-does-aviation-ets-work-6.php

10. Icap: International Carbon Action Partnership [online]. [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: https://icapcarbonaction.com/en/ets
11. INNOVATION FOR A GREEN TRANSITION: ICAO 2022 Environmental Report [online]. [cit. 2023-07-20]. Dostupné z: https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/EnvironmentalReports/2022/ICAO%20ENV%20Report%202022%20F4.pdf
12. VASIGH, Bijan, Tom TACKER a Ken FLEMING. Introduction to air transport economics: from theory to applications. Aldershot: Ashgate, 2013. ISBN 978-1-4094-5486-1.
13. RIGAS, Doganis. Flying off course : airline economics and marketing. 5th Edition. New York: Routledge, 2019. ISBN 9781138224230
14. HOLLOWAY, Stephen. Straight and Level [online]. Routledge, 2016 [cit. 2023-08-01]. ISBN 9781317049661. Dostupné z: doi:10.4324/9781315610894
15. ČÁP, Pavel. Modelování poptávky v letecké dopravě [online]. Pardubice, 2013 [cit. 2023-07-24]. Dostupné z: https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/52550/CapP_ModelovaniPoptavky_KP_2013.pdf?sequence=3. Diplomová práce. Univerzita Pardubice. Vedoucí práce Ing. Kateřina Pojkarová, Ph.D.
16. Estimating Air Travel Demand Elasticities: Final Report [online]. 2007, 28 December 2007, 1-38 [cit. 2023-07-25]. Dostupné z: https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/estimating-air-travel-demand-elasticities---by-intervistas/
17. Airport Capacity Constraints And Strategies For Mitigation [online]. Elsevier, 2020 [cit. 2023-07-25]. ISBN 9780128126578. Dostupné z: doi:10.1016/C2016-0-01894-6
18. MORLOTTI, Chiara, Mattia CATTANEO, Paolo MALIGHETTI a Renato REDONDI. Multi-dimensional price elasticity for leisure and business destinations in the low-cost air transport market: Evidence from easyJet. Tourism Management [online]. 2017, 61, 23-34 [cit. 2023-07-28]. ISSN 02615177. Dostupné z: doi:10.1016/j.tourman.2017.01.009
19. SCHEELHAASE, Janina, Marc GELHAUSEN a Sven MAERTENS. How would ambitious CO2 prices affect air transport?. Transportation Research Procedia [online]. 2021, 52, 428-436 [cit. 2023-07-28]. ISSN 23521465. Dostupné z: doi:10.1016/j.trpro.2021.01.050
20. RYANAIR: INVESTOR RELATIONS. Results Centre: Annual Reports [online]. [cit. 2023-07-25]. Dostupné z: https://investor.ryanair.com/results-centre/
21. CARBON CREDITS.com. Left Unchecked – The Carbon Price Goes to Infinity [online]. January 21, 2022 [cit. 2023-07-25]. Dostupné z: https://carboncredits.com/eu-ets-carbon/

22. EURopean Commssion. EURopean Green Deal: new law agreed to cut aviation emissions by promoting sustainable aviation fuels [online]. 26 April 2023 [cit. 2023-07-25]. Dostupné z: https://ec.EURopa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_2389
23. ICAO: Environment. SAF rules of thumb [online]. [cit. 2023-07-25]. Dostupné z: https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/SAF_RULESOFTHUMB.aspx
24. ZHOU, Yuanrong, Stephanie SEARLE a Nikita PAVLENKO. Current and future cost of e-kerosene in the United States and EURope. Icct: The International Council on Clean Transportation [online]. March 2022, 1-13 [cit. 2023-07-25]. Dostupné z: https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/02/fuels-us-EURope-current-future-cost-ekerosene-us-EURope-mar22.pdf
25. ABRANTES, Ivo, Ana F. FERREIRA, André SILVA a Mário COSTA. Sustainable aviation fuels and imminent technologies - CO2 emissions evolution towards 2050. Journal of Cleaner Production [online]. 2021, 313 [cit. 2023-07-27]. ISSN 09596526. Dostupné z: doi:10.1016/j.jclepro.2021.127937
26. BONNEFOY, Philippe A. a Roger SCHAUFELE. Placing Costs Associated with LTAG Integrated Scenarios in Context [online]. 2022 [cit. 2023-07-27]. Dostupné z: https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/EnvironmentalReports/2022/ENVReport2022_Art100.pdf
27. EMBER: climate. Carbon Price Tracker: The latest data on EU and UK ETS carbon prices [online]. [cit. 2023-07-27]. Dostupné z: https://ember-climate.org/data/data-tools/carbon-price-viewer/
28. Decarbonising Aviation: CLEARED FOR TAKE-OFF: Industry Perspectives. SHELL [online]. 2021 [cit. 2023-07-25]. Dostupné z: https://www.shell.com/energy-and-innovation/the-energy-future/decarbonising-aviation/_jcr_content/root/main/section_copy/promo/links/item0.stream/1667916358181/e4f516f8d0b02333f1459e60dc4ff7fd1650f51c/decarbonising-aviation-industry-report.pdf
29. Wizzair: Information & Services. Investor Information: Annual reports [online]. [cit. 2023-07-26]. Dostupné z: https://wizzair.com/en-gb/information-and-services/investor-relations/investors/annual-reports
30. EasyJet: Corporate. INVESTORS: Reports and presentations [online]. [cit. 2023-07-26]. Dostupné z: https://corporate.easyjet.com/investors/reports-and-presentations/2023
31. U.S. Energy Information Administration [online]. [cit. 2023-07-27]. Dostupné z: https://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=PET&s=EMA_EPJK_PWG_NUS_DPG&f=M

32. GHG protocol. GHG Protocol Guidance [online]. [cit. 2022-11-17]. Dostupné z: https://ghgprotocol.org/guidance-0
33. Net zero 2050: sustainable aviation fuels [online]. In: . 2022, s. 1-4 [cit. 2023-07-27]. Dostupné z: https://www.iata.org/en/iata-repository/pressroom/fact-sheets/fact-sheet---alternative-fuels/
34. Ryanair: Our Fleet [online]. [cit. 2023-08-01]. Dostupné z: https://corporate.ryanair.com/about-us/our-fleet/
35. Wizzair: About WIZZ [online]. [cit. 2023-08-01]. Dostupné z: https://wizzair.com/en-gb/information-and-services/about-us/about-wizz
36. EasyJet: Our fleet [online]. [cit. 2023-08-01]. Dostupné z: https://www.easyjet.com/en/help/boarding-and-flying/our-fleet
37. AIRBUS: Aircraft. A320neo [online]. [cit. 2023-07-27]. Dostupné z: https://aircraft.airbus.com/en/aircraft/a320-the-most-successful-aircraft-family-ever/a320neo-creating-higher-customer-value#efficiency

Seznam příloh

Příloha 1: předpověď počtu letů a celkových nákladů v roce 2030 společnosti Ryanair

Příloha 2: Procentuální rozdelění nákladových položek společnosti Ryanair

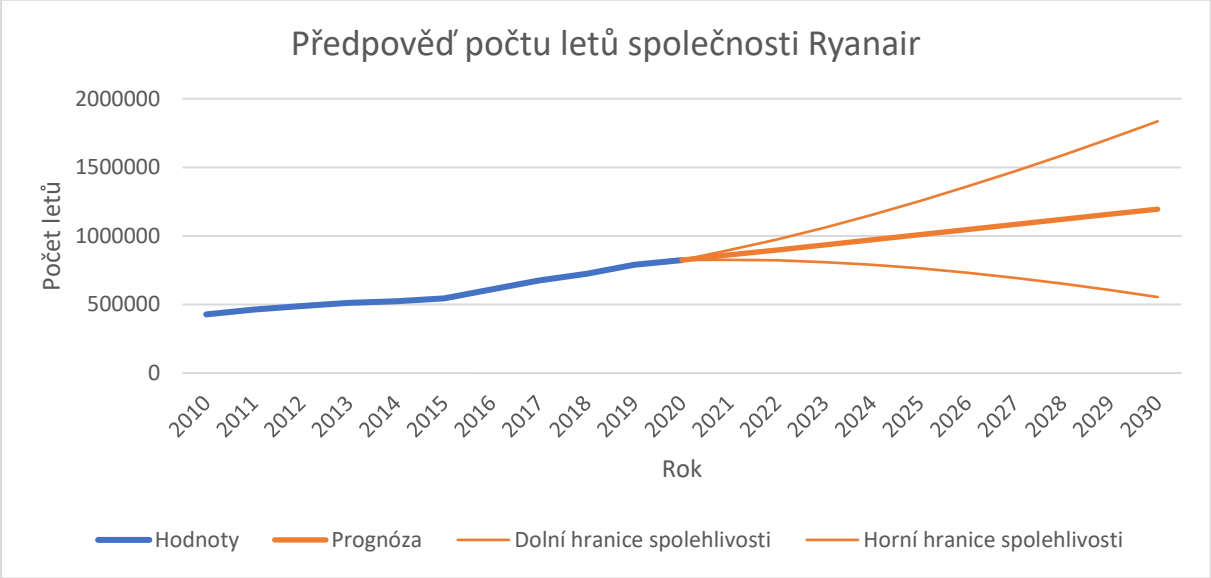
Příloha 3: předpověď počtu letů a celkových nákladů v roce 2030 společnosti Wizzair

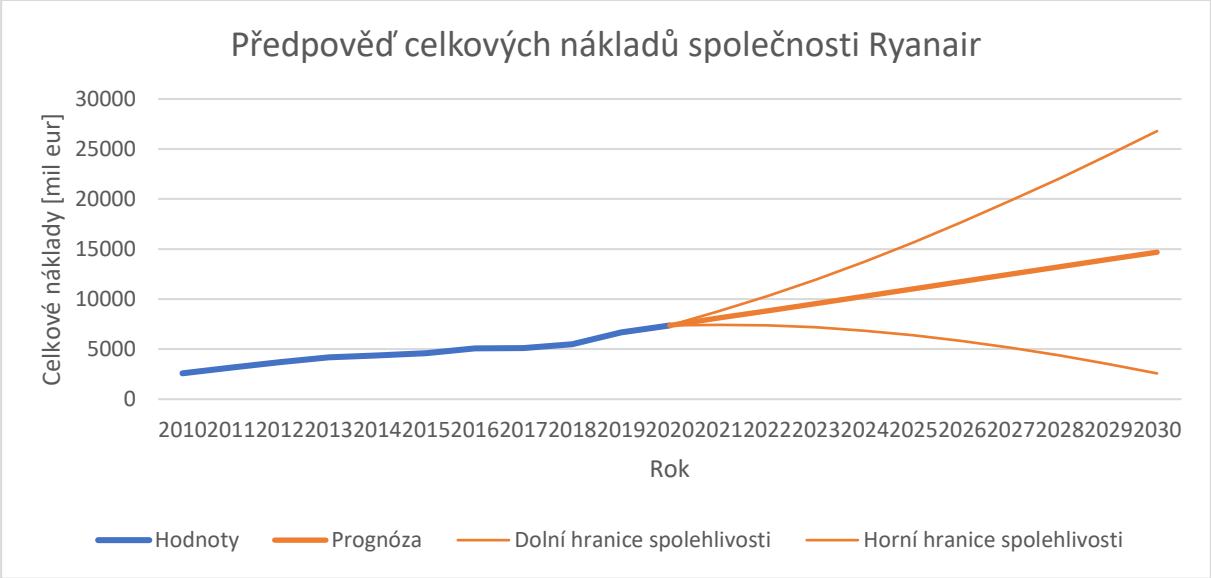
Příloha 4: procentuální rozdelění nákladových položek společnosti Wizzair

Příloha 5: předpověď počtu letů a celkových nákladů v roce 2030 společnosti Easyjet

Příloha 6: procentuální rozdelění nákladových položek společnosti Easyjet

Příloha 1: předpověď počtu letů a celkových nákladů v roce 2030 společnosti Ryanair

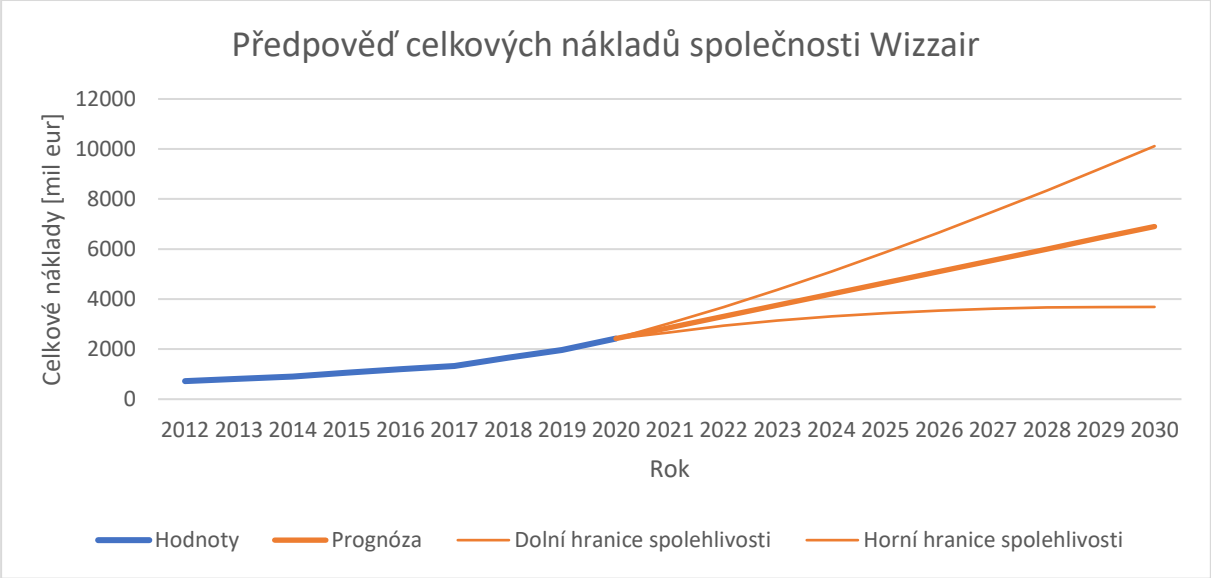




Příloha 2: Procentuální rozdělení nákladových položek společnosti Ryanair

	Procentuální rozdělení provozních nákladů														
	2023	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	Průměr 2010-2020
Ostatní náklady	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0
Palivo	43,1	33,1	21,9	37,5	36,3	34,7	37,4	40,8	43,2	46,0	45,3	43,0	39,1	34,6	39,8
Letištní a jiné poplatky	13,3	15,8	11,6	15,5	15,9	17,1	16,9	16,4	15,5	14,1	14,7	14,9	15,7	17,8	15,9
Amortizace	9,9	14,0	23,1	10,2	9,6	10,2	9,7	8,4	8,2	8,0	7,9	8,3	8,8	9,1	9,0
Mzdy	12,8	13,4	19,1	15,0	14,7	13,5	12,4	11,5	10,9	10,6	10,5	11,2	12,0	13,0	12,3
Přeletové poplatky	9,7	10,7	7,6	10,0	11,2	12,8	12,8	12,3	11,9	11,9	11,7	12,4	13,1	13,0	12,1
Marketing	7,2	8,0	8,1	7,9	8,2	7,5	6,3	5,8	5,1	4,4	4,8	4,9	4,9	5,6	5,9
Údržba	4,0	5,0	8,4	3,5	2,9	2,7	2,8	2,6	2,9	2,7	2,9	2,8	3,0	3,3	2,9
Pronájem letadel	0,0	0,0	0,3	0,5	1,3	1,5	1,7	2,3	2,4	2,3	2,4	2,4	3,1	3,7	2,1
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

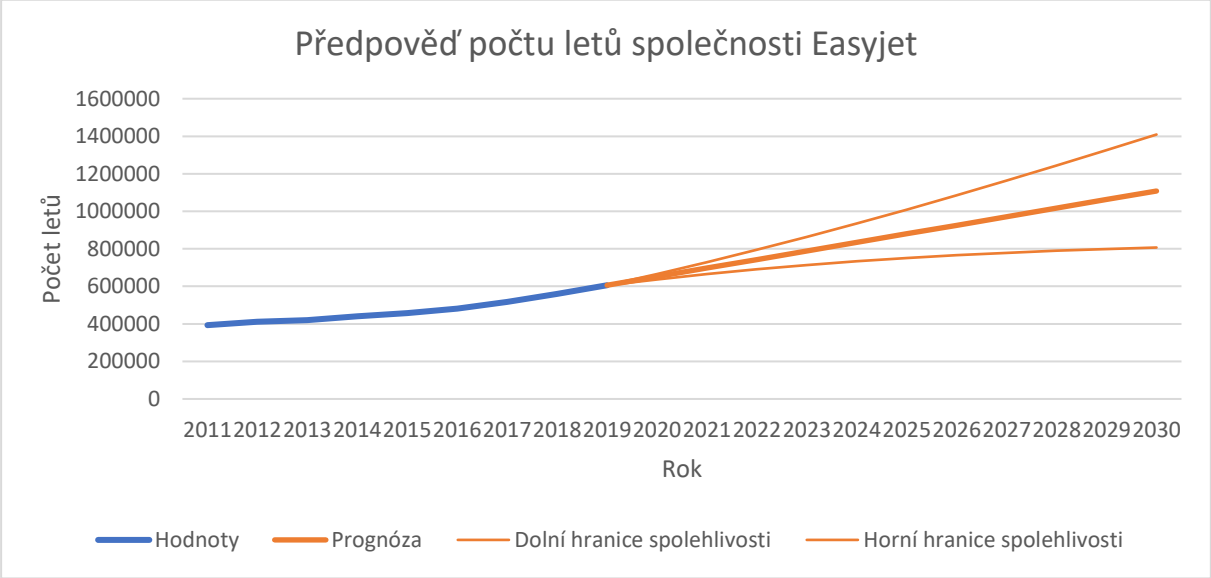
Příloha 3: předpověď počtu letů a celkových nákladů v roce 2030 společnosti Wizzair

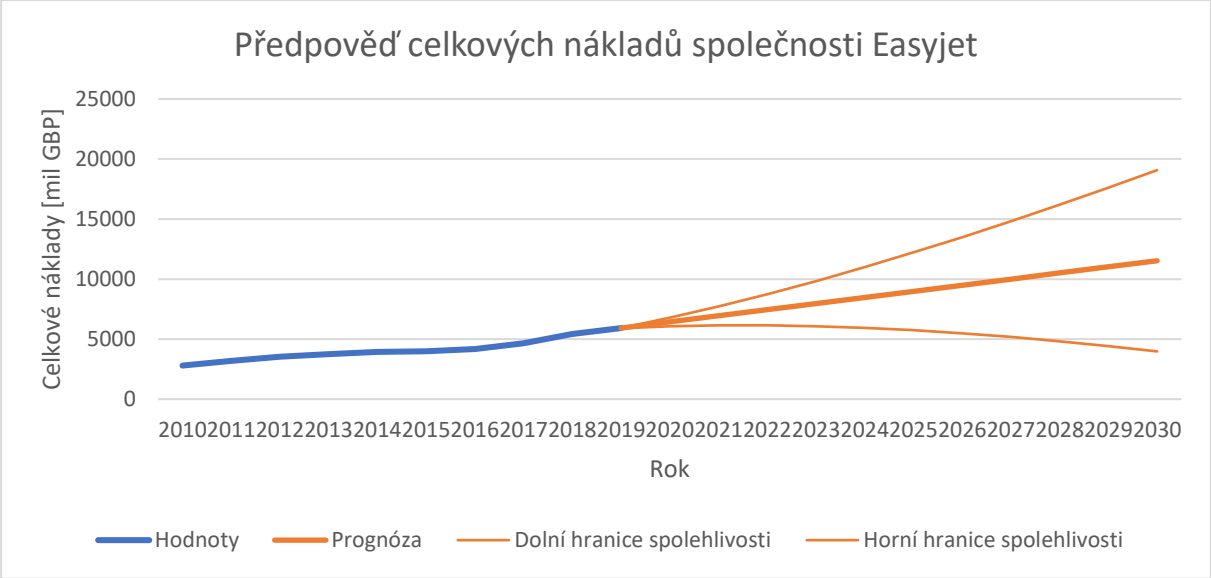


Příloha 4: procentuální rozdelění nákladových položek společnosti Wizzair

	Procentuální rozdělení provozních nákladů													Průměr 2012-2020
	2023	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012		
Mzdy	8,6	10,3	10,5	9,6	10,1	8,9	8,5	8,5	7,9	7,6	7,0	7,4		8,4
Palivo	44,8	30,6	27,4	36,2	34,1	29,0	28,3	33,6	37,4	40,0	40,9	39,8		35,5
Marketing	2,1	2,0	1,5	1,8	1,9	2,1	2,1	2,0	1,8	1,2	1,9	1,8		1,8
Údržba	5,4	8,0	13,1	7,3	6,8	6,0	5,6	6,5	5,8	5,4	4,5	5,6		5,9
Letištní poplatky	22,1	25,6	20,1	26,5	28,1	28,1	29,4	28,7	28,1	27,8	28,1	28,6		28,2
Amortizace	13,8	20,9	27,3	15,7	17,1	5,5	4,3	2,4	3,2	2,8	2,3	2,4		6,2
Další výdaje	3,2	2,5	0,1	2,9	1,9	3,8	4,0	3,5	2,9	2,8	2,9	2,8		3,1
Pronájem letadel	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,7	17,7	14,8	12,9	12,5	12,4	11,7		11,0
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0		100,0

Příloha 5: předpověď počtu letů a celkových nákladů v roce 2030 společnosti Easyjet





Příloha 6: procentuální rozdelění nákladových položek společnosti Easyjet

	Procentuální rozdělení provozních nákladů														Průměr 2010-2019
	H1 2023	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	
Palivo	25,1	22,1	15,7	18,4	23,9	21,8	22,9	26,7	30,0	31,7	31,4	32,6	28,8	26,2	27,6
Letištní poplatky	23,9	29,6	18,8	24,0	31,2	30,3	31,6	30,4	28,1	28,1	28,7	27,1	29,0	28,7	29,3
Mzdy	13,8	13,2	20,9	16,1	14,5	14,0	13,9	13,0	12,6	12,1	12,1	12,3	12,8	12,0	12,9
Přeletové poplatky	5,4	5,8	4,3	5,3	6,9	7,4	8,2	8,1	7,8	7,8	7,8	7,9	9,0	9,1	8,0
Údržba	5,6	5,2	9,4	7,1	5,1	6,2	5,9	5,7	5,7	5,4	5,6	5,8	5,6	6,3	5,7
Marketing	3,3	3,0	2,5	2,7	2,7	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,7	3,0	3,2	3,3	2,8
Ostatní náklady	12,5	11,3	7,9	12,5	7,2	10,8	8,4	7,1	6,9	6,2	6,0	5,7	5,4	7,9	7,2
Pronájem letadel	0,0	0,0	0,2	0,0	0,1	3,0	2,4	2,5	2,9	3,1	2,7	2,7	3,4	3,6	2,6
Amortizace	10,0	9,3	19,3	12,4	8,2	3,7	3,9	3,8	3,1	2,7	2,7	2,8	2,6	2,6	3,6
Amortizace nehm. majetku	0,4	0,4	1,0	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3
Total	100,0	100,0	100,0	99,1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0