



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní
Ústav letecké dopravy

Omezení vnitrostátní letecké dopravy ve Francii a její důsledky
Restrictions of short-haul domestic flights in France and its
consequences

Diplomová práce

Studijní program: Technika a technologie v dopravě a spojích

Studijní obor: Provoz a řízení letecké dopravy

Vedoucí práce: Ing. Ladislav Capoušek, Ph.D.

Bc. Lucie Dvořáčková

Praha 2022



K621.....Ústav letecké dopravy

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Lucie Dvořáčková

Studijní program (obor/specializace) studenta:

navazující magisterský – PL – Provoz a řízení letecké dopravy

Název tématu (česky): **Omezení vnitrostátní letecké dopravy ve Francii a její důsledky**

Název tématu (anglicky): Restrictions of Short-Haul Domestic Flights in France and its Consequences

Zásady pro vypracování

Při zpracování diplomové práce se řiďte následujícími pokyny:

- Cílem je zmapovat důsledky plynoucí z environmentálních omezení vnitrostátní letecké dopravy ve Francii, posoudit dopravní alternativy k letecké dopravě a vytvořit předpoklady vývoje uhlíkové stopy vzhledem k implementaci zelených politik do letectví.
- Zmapujte situaci ve francouzské vnitrostátní letecké dopravě před a po implementaci environmentálního zákona o jejím omezení.
- Vytvořte komplexní metodiku pro posuzování dopravních alternativ k letecké dopravě pro vnitrostátní přepravu ve Francii.
- Proveďte komplexní analýzu dopravních alternativ.
- Vytvořte předpoklady vývoje uhlíkové stopy vzhledem k implementaci zelených technologií do letectví a jejich porovnání s nejméně emisními druhy dopravy.
- Diskutujte výsledky analýzy a předpokladů vývoje uhlíkové stopy, proveďte validaci a závěr.



- Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího diplomové práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: PRUŠA, Jiří. Svět letecké dopravy. II., rozšířené vydání
BUDD, Lucy a Stephen ISON. Air transport management: an international perspective. Routledge, Taylor & Francis Group. London, New York, 2020
DALEY, Ben. Air transport and the environment. Farnham; Burlington: Ashgate. 2010

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Ladislav Capoušek, Ph.D.**

Datum zadání diplomové práce: **16. července 2021**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce: **30. listopadu 2022**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

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



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

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.

Bc. Lucie Dvořáčková
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 17. května 2022



Abstrakt

Diplomová práce se zabývá změnami ve vnitrostátní letecké dopravě ve Francii. Motivací výběru tématu byl navrhnutý zákon ve Francii o nahrazení leteckých vnitrostátních linek vlakovým spojením, jehož cestovní doba není delší než dvě a půl hodiny. Práce se zaměřuje na vytvoření metodiky pro posouzení dopravních alternativ k letecké dopravě včetně vlakové a automobilové dopravy. Posouzení je provedeno z pohledu provozního a z pohledu uhlíkové stopy. Součástí práce je i předpoklad vývoje uhlíkové stopy letecké dopravy na zrušených spojeních po zavedení environmentálních opatření.

Klíčová slova: emise, udržitelné letectví, udržitelné letecké palivo, uhlíková stopa, vnitrostátní letecká doprava



Abstract

The diploma thesis describes changes in short-haul domestic flights in France. The reason of the choice of this topic was the proposed law in France to replace domestic air traffic with railway transport with a travel time of no more than two and a half hours. The thesis proposes a methodology to assess transport alternatives to air transport, including train and road transport. The assessment is made from an operational and carbon footprint perspective. The thesis also includes an assumption of the evolution of the carbon footprint of air transport on the cancelled routes after applying environmental sustainable measures.

Keywords: carbon footprint, domestic flights, emissions, sustainable aviation, sustainable aviation fuel



Poděkování

Chtěla bych poděkovat všem, kteří mi pomohli při psaní této diplomové práce. Zvláště pak vedoucímu mé diplomové práce, panu Ing. Ladislavu Capouškovi, Ph.D. za pomoc při výběru tématu, za vedení a konzultování. Děkuji také panu doc. Ing. Peteru Vittekovi, Ph.D. a doc. Ing. Jakubu Krausovi, Ph.D. za odborné rady a obětavou pomoc během vypracování. Mé poděkování patří také rodině a blízkým za podporu po celou dobu studia.



Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem Omezení vnitrostátní letecké dopravy ve Francii a její důsledky vypracovala samostatně a použila k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k diplomové práci.

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

Praze dne 29. listopadu 2022

.....
Podpis



Obsah

Úvod	14
1. Vliv letecké dopravy na životní prostředí	15
1.1. GHG Protocol.....	17
1.2. ICAO Carbon Emission Calculator (ICEC).....	18
1.3. EcoPassenger.....	19
1.4. Metodika dle Ministerstva životního prostředí ve Francii a Agentury pro životní prostředí a energetiku	19
1.5. Plány uhlíkové neutrality	21
1.6. Současná situace ve vnitrostátní letecké dopravě ve Francii.....	25
1.6.1. Letecká spojení ve Francii	28
1.6.2. Uplatnění nového zákona o zákazu vnitrostátních letů ve Francii	30
1.6.3. Cíle Francie a Air France	32
2. Metodika pro posuzování dopravních alternativ k letecké dopravě	34
2.1. Provozní důsledky	34
2.2. Environmentální důsledky	35
3. Komplexní analýza vnitrostátní letecké dopravy ve Francii a dopravních alternativ	38
3.1. Určení zrušených leteckých linek po implementaci zákona	38
3.2. Provozní důsledky	42
3.2.1. Kapacita	42
3.2.2. Počet pohybů.....	47
3.2.3. Cestovní doba	48
3.3. Environmentální důsledky	52
3.3.1. GHG Protocol a EcoPassenger	53
3.3.2. Metodika dle Ministerstva pro životní prostředí ve Francii a ADEME	55
3.3.3. Porovnání nástrojů na výpočet uhlíkové stopy	61
3.4. Snížení uhlíkové stopy jako důsledek zrušených letů	64
4. Předpoklady vývoje uhlíkové stopy	69
5. Diskuse	75



6. Závěr	78
Seznam použité literatury	80
Příloha	93



Seznam obrázků

Obrázek 1 - Kvalifikace emisí během celého životního cyklu paliv (zdroj: vlastní).....	16
Obrázek 2 - Výpočet CO ₂ kompenzací [29]	24
Obrázek 3 - Dlouhodobý plán od ICAO k zajištění uhlíkové neutrality [32].....	24
Obrázek 4 - Mapa 10 zrušených leteckých tras ve Francii.....	40
Obrázek 5 - Příklad konfigurace vlaku na trase Limoges Bénédictins – Brive-la-Gaillarde [63]	43
Obrázek 6 - Železniční spojení z nádraží Paříž Austerlitz pod pětihodinovou cestovní dobou [38].....	49
Obrázek 7 - Mapa dosahu pětihodinové cesty autem z Paříže [71]	49
Obrázek 8 - Čistá cestovní doba automobilem, vlakem a letadlem	50
Obrázek 9 - Celková cestovní doba automobilem, vlakem a letadlem	52
Obrázek 10 - Příklad výpočtu uhlíkové stopy z GHG Protocol	53
Obrázek 11 - Příklad výpočtu uhlíkové stopy z GHG Protocol (pokračování Obrázku 10)	54
Obrázek 12 - Uhlíková stopa [kg CO ₂ e] na trase Paris Orly/Montparnasse/Est - Bordeaux Mérignac/ St. Jean	62
Obrázek 13 - Uhlíková stopa [kg CO ₂ e] na trase Paris Orly/ Gare de Lyon - Lyon Saint Exupéry	62
Obrázek 14 - Uhlíková stopa [kg CO ₂ e] na trase Paris Orly/Montparnasse/Est - Nantes	63
Obrázek 15 - Uhlíková stopa [kg CO ₂ e] na trase Limoges - Brive-la-Gaillarde.....	63
Obrázek 16 - Uhlíková stopa [kg CO ₂ e] na trase Lyon Part Dieu – Clermont-Ferrand	63
Obrázek 17 - Uhlíková stopa [kg CO ₂ e] na trase Metz-Nancy Lorraine/ Metz ville - Strasbourg	64



Obrázek 18 - Vývoj uhlíkové stopy ve Francii s predikcí do roku 2050 po zavádění environmentálních opatření [Mt CO₂e].....70

Obrázek 19 - Výroba elektrické energie ve Francii dle zdrojů z roku 2021 [82].....73

Obrázek 20 - Mapa uhlíkové intenzity v Evropě ze dne 29.10.2022 [83].....73

Seznam tabulek

Tabulka 1 - počet cestujících ve Francii za rok 2019, 2020 a 2021 [38; 36].....25

Tabulka 2 - nejvyužívanější letiště ve Francii v roce 2021 [36; 40]26

Tabulka 3 - Roční hodnoty CO₂e v letecké, železniční a silniční dopravě ve Francii [48]28

Tabulka 4 - letecká spojení mezi Paříž Orly/Charles de Gaulle a dalším francouzským městem za rok 2019, 2020 a 2021 [49].....29

Tabulka 5 - letecká vnitrostátní spojení v roce 2019, 2020 a 2021 [49].....30

Tabulka 6 - Porovnání nástrojů na výpočet uhlíkové stopy v dopravě.....37

Tabulka 7 - Zrušené letecké linky z Paříže Orly.....39

Tabulka 8 - Další letecká spojení, která byla zrušena zákonem.....39

Tabulka 9 - Letecká spojení, která stále existují, i když splňují požadavky na zrušení podle zákona.....41

Tabulka 10 - Shrnutí dat.....42

Tabulka 11 - Letecké a vlakové spojení Paris Orly/ Montparnasse – Bordeaux Mérignac43

Tabulka 12 - Letecké a vlakové spojení Paris Orly/Gare de Lyon – Lyon Saint Exupéry44

Tabulka 13 - Letecké a vlakové spojení Paris Orly/ Montparnasse – Nantes.....44

Tabulka 14 - Letecké a vlakové spojení Limoges/ Limoges Bénédicins – Brive-la-Gaillarde44

Tabulka 15 - Letecké a vlakové spojení Lyon/ Part Dieu – Clermont-Ferrand.....44



Tabulka 16 - Letecké a vlakové spojení Metz-Nancy Lorraine/ Metz ville – Strasbourg	45
Tabulka 17 - Počet přepravených cestujících a počet sedaček v červnu 2019 [66].....	45
Tabulka 18 - Měsíční počet přepravených cestujících na leteckých spojení z Paris CDG [60]	47
Tabulka 19 - Měsíční počet vnitrostátních příletů a odletů z Paris ORY [70].....	48
Tabulka 20 - Vzdálenosti na zrušených trasách letecky, vlakem a autem.....	53
Tabulka 21 - Porovnání uhlíkové stopy na zrušených spojení z přepravy letadlem, vlakem a autem – GHG Protocol	54
Tabulka 22 - Výpočet uhlíkové stopy pomocí Ecopassenger pro letadlo, vlak a auto	55
Tabulka 24 - Výsledné emise skleníkových plynů z letecké, železniční a automobilové dopravy dle výpočtu Ministerstva pro životní prostředí ve Francii a ADEME	61
Tabulka 25 - Množství uhlíkové stopy za rok 2019 na zrušených letech	64
Tabulka 26 - Roční uhlíková stopa letecké dopravy ve Francii a procentní vyjádření zrušených leteckých linek	66
Tabulka 27 - Seznam leteckých spojení, které by byly zrušeny, kdyby se posunul limit cestovní doby na 5 hodin.....	67
Tabulka 28 - Uhlíková stopa po využití „zelených technologií“	71
Tabulka 29 - Výpočet uhlíkové stopy u elektromobilu pomocí GHG Protocol.....	74
Tabulka 30 - Seznam francouzských letišť s pravidelnou leteckou dopravou [40].....	93



Seznam symbolů a zkratek

AAA	l'Association auxiliaire des automobiles	—
ACEA	l'Association des constructeurs européens d'automobile	—
ADEME	Agence de la Transition écologique	Agentura pro životní prostředí a energetiku
AR5 IPCC	The Fifth Assesment Report	Pátá hodnotící zpráva Mezivládního panelu pro změnu klimatu
ART	Autorité de Régulation des Transports	Dopravní regulační úřad Francie
BOD	Bordeaux-Mérignac Airport	—
BVE	Brive- Souillac Airport	—
CDG	Paris Charles de Gaulle Airport	—
CFE	Clermont-Ferrand Auvergne Airport	—
CMP	Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Kyoto Protocol	—
DGAC	Direction générale de l'aviation civile	Úřad pro civilní letectví Francie
EU	European Union	Evropská Unie
GHG	Greenhouse gas	Skleníkový plyn
ICAO	International Civil Aviation Organization	Mezinárodní organizace pro civilní letectví
ICEC	ICAO Carbon Emissions Calculator	—
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	Mezivládní panel pro změnu klimatu
LIG	Limoges Airport	—
LYS	Lyon Saint-Exupéry Airport	—
NDC	Nationally Determined Contribution	Vnitrostátně stanovené příspěvky
NTE	Nantes Atlantique Airport	—
ORY	Paris Orly Airport	—



PM	Particulate matter	Pevné prachové částice
RFI	Radiative Forcing Index	Radiační působení
RTE	Réseau de Transport d'Électricité	—
SAF	Sustainable aviation fuel	Udržitelné letecké palivo
SNCF	Société nationale des chemins de fer français	Národní železniční dopravce ve Francii
SXB	Strasbourg Airport	—
TARMAAC	Traitements et Analyses des Rejets éMis dans l'Atmosphère par l'Aviation Civile	—
TER	Transport Express Régional	—
TGV	Train à Grand Vitesse	—
TTW	Tank-To-Wheel	—
UAF & FA	Union des Aéroports Français & Francophones Associées	—
UIC	Union international des chemins de fer	Mezinárodní železniční unie
UNEP	United Nations Environment Programme	Program OSN pro životní prostředí
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change	Rámcová úmluva OSN o změně klimatu
UTAC	l'Union Technique de l'Automobile du motorcycle et du Cycle	—
WBCSD	World Business Council for Sustainable Development	Světová podnikatelská rada pro udržitelný rozvoj
WMO	World Meteorological Organization	Mezinárodní meteorologická organizace
WRI	World Resources Institute	—
WTT	Well-To-Tank	—
WTW	Well-To-Wheel	—



Úvod

Letecká doprava je rychle rostoucí odvětví, které zajišťuje celosvětovou konektivitu, ekonomickou a sociální prosperitu, podporuje cestovní ruch, mezinárodní obchod a vytváří pracovní místa. I přes to, že byla zasažena pandemií Covid-19, která narušila rostoucí trend nabídky letů, dochází k zotavení a obnově provozu. Vyvolává to mnoho dalších výzev a příležitostí k pokrokům. Jedním z aktuálních problematik a negativním důsledkem je environmentální dopad na životní prostředí. I když se zdá, že letecký průmysl přispívá ke změně klimatu jen z minimální části, jeho rozvoj může v budoucnu významně ovlivnit životní prostředí. Vzhledem k dlouhodobému a zpožděnému dopadu vlivu oxidu uhličitého je potřeba zavádět opatření k minimalizaci změn klimatu co nejdříve.

Plánem většiny mezinárodních a národních politik je uhlíková neutralita. Jednotlivé vlády k tomu přistupují různými prostředky. V letectví se rozvíjí výroba motorů s efektivnější spotřebou paliva a s certifikací na udržitelná letecká paliva, modernizuje se flotila s novými materiály, dochází k utilizaci vzdušného prostoru a pojiždění a jiných aktivit na pohybových plochách a podporují se projekty zalesňování.

Diplomová práce se zabývá omezením letecké dopravy ve Francii, které je právě jedním z postupů Francie k dosažení uhlíkové neutrality. Zavedením zákona byly zrušeny vnitrostátní lety ve Francii, ke kterým existuje alternativní cesta vlakem, která netrvá déle než dvě a půl hodiny. Diplomová práce analyzuje provozní a environmentální důsledky zavedeného zákona ve Francii, alternativní dopravu z pohledu kapacity, cestovní doby a uhlíkové stopy. Součástí analýzy je zhodnocení nástrojů na výpočet uhlíkové stopy. V práci jsou na závěr shrnuty a aplikovány další plány environmentálních technologií.



1. Vliv letecké dopravy na životní prostředí

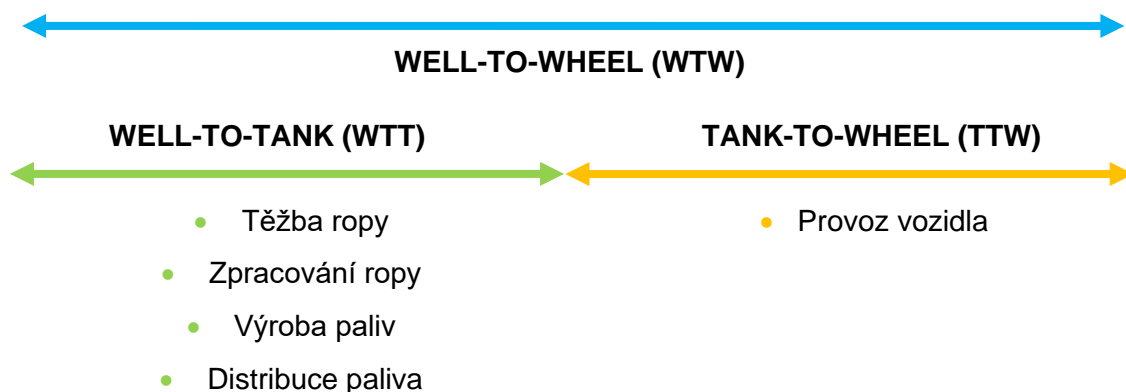
Prostředkem měření vlivu lidské činnosti na změnu klimatu je uhlíková stopa. Je definována jako souhrn emisí skleníkových plynů, které jsou způsobeny přímo i nepřímo jednotlivcem, organizací, aktivitou nebo produktem. Vyjadřuje se jako ekvivalent oxidu uhličitého v jednotkách hmotnosti, který zastupuje skleníkové plyny podle určitého srovnatelného množství [1; 2]. Emise CO₂ z letecké dopravy se jednoduše odvozují přímou úměrou dle spotřebovaného paliva. Vliv oxidu uhličitého je extrémně dlouhý, jeho emitování v cestovních hladinách dochází přímo ve vrstvách atmosféry, odkud se snadno distribuuje a promíchává [3]. Jeho vliv na klimatickou změnu může působit až v tisíciletém období [3]. Tím patří mezi dominantní skleníkové plyny. Podle Kjótského protokolu [4] zahrnuje uhlíková stopa všech 6 skleníkových plynů:

- oxid uhličitý CO₂,
- methan CH₄,
- oxid dusný N₂O (oxidy dusíku),
- částečně fluorované uhlovodíky HFC,
- zcela fluorované uhlovodíky PFC a
- fluorid sírový SF₆.

V případě letecké dopravy má vliv zejména vzlet a přistání a další aktivity spojené s provozem jako je rafinace a distribuce leteckého paliva, doprava cestujících na a z letiště, výroba letadel a letadlových částí, provoz mobilních prostředků po pohybové ploše, aktivity spojené s údržbou letadel a výstavbou infrastruktury. Podle rozdílného působení se rozlišuje znečištění ovzduší emisemi, hlukové znečištění, znečištění podzemních vod a půd a tvorba odpadu [5]. Ochrana životního prostředí je legislativně upravena v leteckém předpisu L16, které odpovídá mezinárodním předpisům ICAO a je rozdělen do několika svazků: Svazek I – Hluk letadel, Svazek II – Emise letadlových motorů, Svazek III – Emise CO₂ letounů, Svazek IV – Program kompenzace a snižování emisí oxidu uhličitého v mezinárodním civilním letectví (Corsia) [6]. Významným vlivem na životní prostředí mají právě látky vznikající spalováním paliv. Hlavními sloučeninami ovlivňující atmosférické jevy jsou oxid uhličitý CO₂, oxid uhelnatý CO, oxidy dusíku (NO, NO₂), oxidy síry, nespálené uhlovodíky (ekvivalent metanu), pevné částice netěkavé látky (nvPM), vodní pára a saze [3]. Ohledně emisí skleníkových plynů se v dopravě rozeznává Well-To-Tank (WTT) a Tank-To-Wheel emise (TTW) (Obrázek 1). Well-To-Tank emise představují emise během výroby, přenosu a šíření energie pro provoz letadel a vlaků, zatímco Tank-To-Wheel emise poté zastupují emise přímo uvolňované při spalování

paliva při provozu [7; 8]. 16 % emisí CO₂ je způsobeno během Well-To-Tank a zbylých 84 % při Tank-To-Wheel [9]. Množství uvolněných skleníkových plynů z letecké dopravy závisí na [8]:

- spotřebě paliva,
- obsazenosti letadla,
- managementu leteckého provozu,
- využití environmentálních opatření (např. udržitelného leteckého paliva).



Obrázek 1 - Kvalifikace emisí během celého životního cyklu paliv (zdroj: vlastní)

Také železniční doprava způsobuje změnu klimatu a různé druhy znečištění jako tomu je u letecké dopravy (znečištění ovzduší, půdy a vody, hlukové znečištění, narušení bydlení a vznik odpadu). S provozem vlaků souvisí další aktivity s dopady na životní prostředí [8] – výroba, přenos a distribuce elektrické energie, v případě dieselové lokomotivy je to výroba a distribuce paliva, přeprava cestujících z a na nádraží, výroba a údržba vlakových souprav a infrastruktury apod. Výše uhlíkové stopy z železniční dopravy je dána [8]:

- spotřebou energie na km (zvyšuje se s hmotností a velikostí),
- počtem přepravených cestujících,
- managementem provozu,
- emisním faktorem spotřebované energie.

Existuje mnoho nástrojů na výpočet uhlíkové stopy pro všechny možné aktivity a zde jsou popsány a využity výpočty používané v dopravě.



1.1. GHG Protocol

Greenhouse gas Protocol vznikl v 90. letech kvůli potřebě mezinárodního standardu (A Corporate Accounting and Reporting Standard) pro měření a řízení uhlíkové stopy pro celosvětové společnosti a organizace a města po celém světě. Byl založen institucemi World Resources Institute (WRI) a World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) spolupracující s vládami a dalšími organizacemi. Kromě výpočtových nástrojů nabízí členům akční programy, nástroje a školení pro řešení změny klimatu a sledování jejich pokroku. Nyní je nejrozšířenější účetní nástroj pro sledování emisí skleníkových plynů [10]. Využily jej v minulosti mnoho celosvětových společností, například Shell, Siemens AG, IKEA, Coca-Cola, Airbus nebo Edelweiss [11]. Pro univerzálnost nástroje rozděluje GHG Protocol emise na 3 druhy, které jsou plošně používané:

- Scope 1 – Přímé emise, které jsou uvolněny do ovzduší z aktivit nebo strojů a vozidel přímo využívaných danou společností (provoz vozidel podniku, spalování fosilních paliv, emise ze zpracování odpadu) [12].
- Scope 2 – Nepřímé emise skleníkových plynů z nakoupené elektrické energie, která je vyráběna mimo podnik, ale je využívána pro potřeby chodu společnosti [12].
- Scope 3 – Ostatní nepřímé emise, které jsou stále důsledkem aktivit společnosti, ale společnost je nekontroluje (výroba materiálu, přeprava paliv, IT technika) [13].

GHG Calculation Emission Tool poskytuje výpočet uhlíkové stopy v různých odvětvích – v průmyslu, při výrobě elektrické energie nebo v dopravě. Pro potřeby této práce je použita kalkulačka pro dopravu. Ukazatelem je uhlíková stopa vyjádřená v kilogramech ekvivalentů CO₂. Proměnnou je typ dopravního prostředku, vzdálenost, jednotky vzdálenosti, emisní faktor z databáze a kategorie cesty. Emisní faktor se vztahuje na množství skleníkových plynů vypuštěných zdrojem emisí k množství činností prováděných daným zdrojem. Je využíván k přepočtu množství spotřeby energie na ekvivalent CO₂ v gramech nebo kilogramech. Tuto hodnotu čerpá od Mezivládního panelu pro změnu klimatu (IPCC) [14].

GHG Protocol rozděluje dopravu na „business travel“ označující emise ze služebních cest v dopravních prostředcích provozovaných třetími stranami (letecká, železniční, autobusová a automobilová doprava) a „employee commuting“, které odpovídá emisím z cest zaměstnanců do práce. V diplomové práci je použit výpočet emisí z „business travel“, který nejvíce odpovídá tématu práce. Výpočet využívá jednu ze 3 metod [14]:

- fuel-based – vychází z emisního faktoru a množství spotřebovaného paliva,



- distance-based – využívá ujeté vzdálenosti (vozo-kilometr nebo osobo-kilometr) a výběru způsobu cesty a jeho emisního faktoru (typicky výchozí hodnota daného dopravního prostředku),
- spend-based – využívá cen přepravy a sekundárního emisního faktoru.

Metoda se vybírá podle dostupných dat o cestě. Díky dostupným informacím o ujeté vzdálenosti byla vybrána metoda distance-based. GHG Protocol byl využit na výpočet uhlíkové stopy u letecké, železniční a automobilové dopravy. Vzorcem je (1):

$$CO_2e = \text{vzdálenost [vozo – km nebo osobo – km]} \times \text{emisní faktor [kg CO}_2e/\text{vozo – km nebo osobo – km]} \quad (1)$$

V případě železniční dopravy je poté vzorec (2):

$$CO_2e = \text{množství spotřebované energie [kWh]} \times \text{emisní faktor zdroje energie [kg CO}_2e/\text{kWh]} \quad (2)$$

1.2. ICAO Carbon Emission Calculator (ICEC)

Mezinárodní organizace pro civilní letectví (ICAO) vytvořila vlastní nástroj na výpočet uhlíkové stopy z letecké dopravy. Účelem je například používání v uhlíkových kompenzačních programech nebo pro osobní využití aerolinek nebo jedinců, jelikož je nástroj veřejně dostupný. Nástroj využívá distance-based postup. Při výpočtu uživatel vyplňuje letiště odletu a letiště příletu, které je poté spárováno s daty o existujících letech a s počtem odletů daného letadla. S cílem širokého použití zahrnuje 312 typů letadel. ICAO vyvinulo tento vzorec (3):

$$CO_2per\ pax = 3,16 \times \frac{(total\ fuel) \times (pax - to - freight\ factor)}{(number\ of\ y - seats) \times (pax\ load\ factor)} \quad (3)$$

kde v proměnných vkládá svá nasbíraná data [15] a ty značí:

- „Total fuel“ vyjadřuje průměrnou spotřebu paliva během cesty upravenou o koeficient četností odletů odpovídajícího typu letadla.
- „Pax-to-freight factor“ je poměr počtu přepravených cestujících a velikosti nákladu a pošty přepravených na dané trase.



- „Number of Y-sets“ je nabízený počet sedaček.
- „Pax load factor“ vyjadřuje procentní obsazenost letadla cestujícími, které je zjištěno ze statistické databáze ICAO. Tyto hodnoty se liší v závislosti na lokaci letu. Tabulku s hodnotami poskytuje ICAO ve své metodologii [15].

Výsledek zlomku je násobený konstantou 3,16, která představuje počet tun CO₂ vyprodukovaným spálením jedné tuny leteckého paliva.

1.3. EcoPassenger

EcoPassenger je dalším nástrojem k hodnocení vlivu dopravy na životní prostředí. Zaměřuje se na dopravu železniční, automobilovou a leteckou. Tento nástroj je od roku 2008 podporován International Union of Railways (UIC). Výpočet zahrnuje spotřebu energie Well-to-Wheel, emise oxidu uhličitého, oxidů dusíku, nemethanových uhlovodíků a pevné prachové částice PM ze spalování paliv vozidel a výroby a distribuce energie. Nezahrnuje výrobu dopravních prostředků a konstrukci infrastruktury [16].

Tato dostupná kalkulačka požaduje po uživateli vložení výchozího a cílového bodu cesty a datum a čas odjezdu. V dalším kroku se poté upravují další specifikace – u aut to je typ třídy, typ pohonu a počet cestujících v autě; u letadla a vlaku se může zpřesnit load factor na průměrný nebo maximální a k výpočtu lze přidat radiační působení (RFI Factor). Leteckou přepravu rozděluje zvlášť na emise z letu a na emise z letu a z dopravy na letiště (na výběr je buď vlakem nebo autem). Výhodou tohoto nástroje je jeho grafické vyjádření a porovnání s jinými druhy dopravy. Data o elektrifikaci železniční tratě získává z databáze EcoTransit, která sbírá data o železniční síti v Evropě. Vzdálenost odečítá ze změřené přímé vzdálenosti „vzdušnou čarou“ doplněné o deviační faktor dle typu dopravy. Emise se vypočítávají dle průměrné spotřeby na kilometr (u aut počet litrů/100 km dle typu pohonu, u železnice množství spotřebované energie v Wh/sedačko-kilometr, u letadel v množství spotřebovaného paliva/sedačko-kilometr-). U letecké dopravy vychází z německých letišť, a tak zahrnují jen B737-family a A319-321-Family [16].

1.4. Metodika dle Ministerstva životního prostředí ve Francii a Agentury pro životní prostředí a energetiku

Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires et Ministère de la Transition énergétique dle svého Zákona č.2015-992 v článku L-1431-3 nařizuje všem poskytovatelům osobní i nákladní dopravy, aby informovali uživatele o množství skleníkových



plynů uvolněné při plánované cestě. Týká se přibližně 85 000 společností ve Francii. Stanovuje dále zásady výpočtu, který schvaluje akreditovaný orgán nezávislý na dopravci a odpovídá evropské normě NF EN 16258. Ministerstvo životního prostředí s Agenturou pro životní prostředí a energetiku (ADEME) tyto zásady sepsalo do metodického průvodce, kterými se řídí francouzské společnosti všech druhů dopravy.

Tento výpočet také nezahrnuje jen oxid uhličitý, ale i další skleníkové plyny vyjádřené v ekvivalentu CO₂: methan CH₄, oxid dusný N₂O, částečně fluorované uhlovodíky HFC, zcela fluorované uhlovodíky PFC, fluorid sírový SF₆ a fluorid dusný NF₃. Funguje také na stejném principu jako předchozí nástroje – k vyjádření spotřebované energie na ekvivalent CO₂ je využit emisní faktor. Kromě emisí vzniklých provozem daného prostředku, který je označen jako operační fáze (TTW), zahrnuje také předcházející fázi (WTT) s emisemi při těžbě ropy, zpracování, distribuce pohonných hmot, výroby elektřiny apod. Tyto počáteční emise se výrazně liší podle země kvůli různým druhům zdroje energie.

Společnosti si k výpočtu vybírají jeden ze čtyř vzorců:

$$GHG = (energy\ source\ consumption) \times emission\ factor \quad (4)$$

$$GHG = (energy\ source\ consumption) \times \frac{(number\ of\ units\ transported\ for\ the\ service)}{(number\ of\ units\ in\ the\ means\ of\ transport)} \times (emission\ factor) \quad (5)$$

$$GHG = (energy\ source\ consumption\ rate) \times (distance) \times (emission\ factor) \quad (6)$$

$$GHG = (energy\ source\ consumption\ rate) \times (distance) \times (emission\ factor) \times \frac{(number\ of\ units\ transported\ for\ the\ service)}{(number\ of\ units\ in\ the\ means\ of\ transport)} \quad (7)$$

Pro výpočet emisí z letecké dopravy ve Francii vytvořilo ministerstvo spolu s Úřadem pro civilní letectví (Directorate General for Civil Aviation – DGAC) webový nástroj TARMAAC (Traitements et Analyses des Rejets éMis dans l'Atmosphère par l'Aviation Civile). Dle vyplněného letiště odletu a cílového letiště si ze své databáze existujících letů odečte vzdálenost a spotřebu paliva a zobrazí emise skleníkových plynů včetně oxidu uhličitého



na cestujícího rozdělené na emise vzniklé během letu a emise z výroby a distribuce paliva. Kalkulačka TARMAAC používá aktuální provozní údaje o typu letadla, počtu cestujících a nákladu. Pokud nelze najít dané letové spojení z nabídky v kalkulačce TARMAAC, metodika nabízí dvě rovnice pro výpočet – pomocí rovnice (5) a (7).

Metodický průvodce počítá emise z železniční dopravy podle rovnice (7). Vzdálenost je zjišťována z mezinárodní platformy pro železniční spojení Trainline. Emisní faktor a průměrná spotřeba energie vychází z výchozího metodického průvodce:

- Emisní faktor ve vnitrozemské Francii pro elektricky poháněnou vlakovou soupravou je 0,048 kg CO₂e/kWh a pro dieselovou lokomotivu je 3,17 kg CO₂e/l.
- Spotřeba energie u TGV je 20,0 kWh/km, a pro dieselovou lokomotivu 1,7 l/km [17].

Obsazenost vlaků uvádí výroční zpráva Le Marché français du transport ferroviaire en 2019 od Regulačního orgánu pro železniční dopravu ve Francii. Průměrný load factor pro TGV v roce 2019 je 70 % a pro regionální vlaky TER je uvedeno 26 % [18].

Veškeré provozovatele dopravy ve Francii zveřejňují způsobené uhlíkové stopy při rezervacích a nákupu jízdenek. SNCF, národní francouzský dopravce železniční dopravy, tyto informace také uvádí na svých stránkách. Vychází z metodiky od ministerstva a Agentury pro životní prostředí a energetiky ADEME.

Pro výpočet u automobilů metodika odkazuje na průměrnou spotřebu a emisní faktor, kterou ADEME shromažďuje z údajů poskytnutých od automobilových asociací (l'Association auxiliaire des automobiles AAA, l'Association des constructeurs européens d'automobile ACEA, l'Union technique de l'automobile du motorcycle et du cycle UTAC). Spotřeba se velice liší dle typů vozidel, stáří vozidla, typu motorů, hmotnosti, typu pohonné hmoty, nicméně jako referenční příklad se zvolila nejaktuálnější dostupná průměrná hodnota spotřeby automobilu na benzín – 6,8 l/100 km [19]. Emisní faktor pro benzín (95, 95-E10, 98) je 2,8 kg CO₂e/l [17].

1.5. Plány uhlíkové neutrality

Snižování uvolňování uhlíkové stopy do ovzduší je aktuálním programem organizací a vlád na národní, ale i světové a evropské úrovni. Prostředkem k dosažení jsou změny v různých odvětvích. V letecké dopravě bylo vytvořeno několik programů a organizací, které se tímto zabývají.



V roce 1988 založila Mezinárodní meteorologická organizace (WMO) a Environmentální program spojených národů (UNEP) mezinárodní orgán, International Panel on Climate Change (IPCC) [20; 21], který sdružuje a poskytuje vládám vědecké výzkumy ohledně klimatické změny. Součástí je dnes 195 členů. Odborníci rozdělení do třech pracovních skupin v IPCC pravidelně publikují hodnotící zprávy, které analyzují již existující výzkumy a které následně obsahují vědecké informace o dopadech a rizicích změn klimatu. První pracovní skupina se zabývá fyzikální podstatou klimatické změny, druhá se zabývá dopady a adaptací změny klimatu a třetí skupina řeší zmírňování těchto změn. V roce 2014 byla vytvořena poslední Pátá hodnotící zpráva (AR5 IPCC) a v současné době se připravuje aktuálnější šestá hodnotící zpráva (AR6 Synthesis Report: Climate Change 2022), která bude zveřejněna na přelomu 2022/ 2023 [22].

Pařížská dohoda [23; 24] je mezinárodní ujednání zemí celého světa o změně klimatu, která byla výsledkem konference smluvních stran Rámcové úmluvy Organizace spojených národů o změně klimatu (UNFCCC) a Kjótského protokolu (CMP 11) v prosinci 2015. Tato dohoda přišla v platnost 4.11.2016 po splnění základní podmínky – ratifikace dohody alespoň 55 zemí, které způsobují minimálně 55 % veškerých emisí skleníkových plynů. Země EU byly součástí ratifikace. K ní se přidalo dalších 192 zemí. Cílem mezinárodní dohody je omezit globální oteplování o méně než 2 °C ve srovnání s předindustriální dobou, nejlépe však o 1,5 °C. Součástí plánu je i pomoc při dopadech změn klimatu. Členské státy včetně států EU finančně přispívají k vývoji opatření ke klimatické neutralitě a k řešení dopadů. Postupně směřují pro tyto účely do roku 2025 k našetření ročně 100 milionů USD. Pro EU to tvoří až 30 % svého celkového rozpočtu.

Pařížská dohoda funguje na pětiletém cyklu, kdy každých pět let musí každá členská země vydat aktualizovaný klimatický akční plán – Nationally Determined Contribution (NDC) [24]. Zároveň Dohoda vybízela členské státy o sestavení dlouhodobé strategie.

Díky těmto opatřením dosáhla EU v roce 2019 meziroční snížení emisí skleníkových plynů o 3,7 %. Emise byly sníženy o 24 % oproti roku 1990 [25]. V prosinci 2020 Evropská rada upravila cíl EU v podobě snížení emisí skleníkových plynů do roku 2030 o 55 % oproti stavu v roce 1990 [23]. Finálně chtějí do roku 2050 dojít různými opatřeními v hospodářství ke klimatické neutralitě. EU tento plán shrnula do tzv. „Zelené dohody pro Evropu“ [26].

Plánované změny a inovace zasahují a budou zasahovat do různých odvětví – zemědělství, lesnictví, průmyslu, oběhového hospodářství apod. V oblasti energetiky by mělo



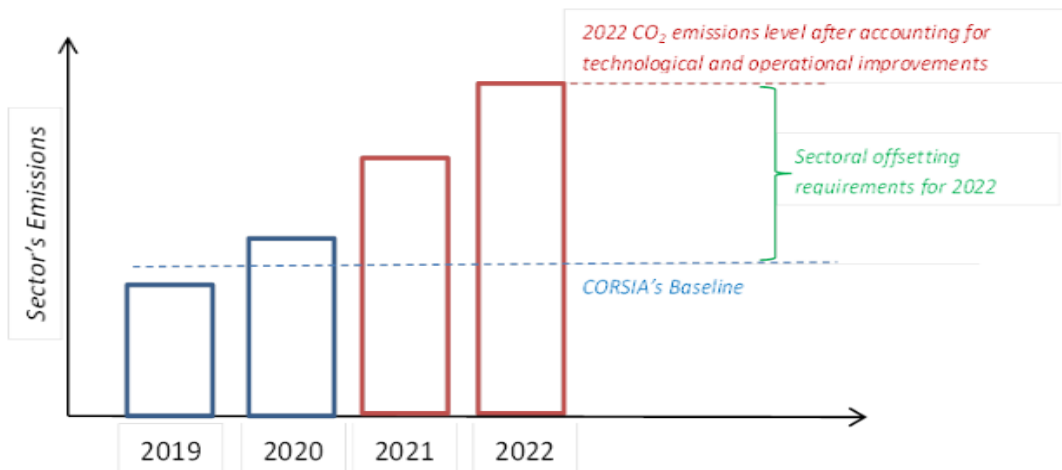
dojít k dekarbonizaci, k většímu využívání obnovitelných zdrojů energie a vodíku [27]. K dosažení cílů je podle EU potřeba do roku 2050 snížit emise z dopravy o 90 % a to například využíváním udržitelných paliv v letecké a námořní dopravě nebo úpravou limitů CO₂ emisí z automobilové dopravy [28].

Pařížská úmluva [29] nezahrnuje emise z mezinárodní letecké dopravy. Součástí NDC jsou jen národní hodnoty emisí skleníkových plynů z vnitrostátní letecké dopravy (jako i z ostatních znečišťovatelů téhož státu). Emise z mezinárodní letecké dopravy jsou předmětem organizace ICAO v rámci CORSIA a plánu o uhlíkové neutralitě.

ICAO vytvořilo v roce 2016 Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA) [30] s cílem omezení emisí skleníkových plynů z mezinárodní letecké dopravy. Tento program má přispívat k plnění plánů o uhlíkové neutralitě. Zabývá se zejména kompenzací CO₂ emisí, které nelze omezit pomocí udržitelných paliv nebo nových technologií či adaptací provozu. Kompenzace spočívá ve financování omezování emisí v jiných oblastech, kde je to možné. V roce 2018 byl CORSIA začleněn do Annexu 16.

Tento plán [31] má 3 fáze: pilotní fázi (2021–2023), první fázi (2024–2026) a druhou fázi (2027–2035). Účast v pilotní a první fázi je dobrovolná. Tento časový horizont do roku 2035 je navržen do té doby, než bude plně možné využívat nízkoemisní technologie jako je udržitelné letecké palivo (SAF) nebo jiné koncepce pohonu letadel. Předpokládá se, že s rozšiřováním těchto inovací se bude potřeba kompenzací snižovat. K 1.1.2022 bylo dobrovolně přihlášeno 107 států (včetně členských států EU), které zahrnují okolo 70 % celosvětové letecké dopravy. Od druhé fáze, tzn. od roku 2027, budou kompenzace povinná pro všechny mezinárodní lety s výjimkou rozvojových zemí.

Pro výpočet kompenzací je stanovena referenční hodnota emisí CO₂ (CORSIA's Baseline), která vychází z průměrných hodnot emisí CO₂ za roky 2019 a 2020 [29]. Následně od roku 2021 se porovnávají roční hodnoty s referenční hodnotou a podle toho se stanoví výše kompenzace (Obrázek 2). Od 1.1. 2019 musí všechny státy, jejichž provozovatelé letadel provozují mezinárodní leteckou dopravu, vyplňovat systém monitorování, vykazování a ověřování pro CO₂ emise (Monitoring, Reporting and Verification). Tyto hodnoty byly využity ke stanovení referenční hodnoty a také pro pozdější výši kompenzací pro jednotlivé státy.



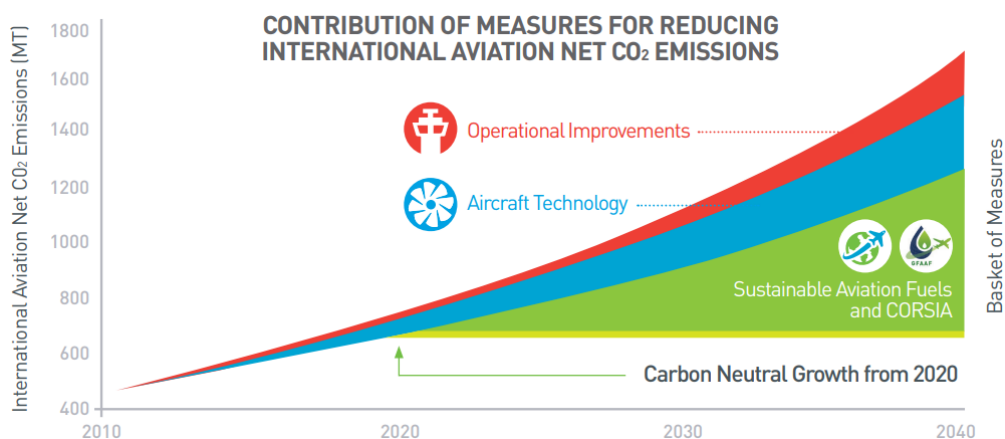
Obrázek 2 - Výpočet CO₂ kompenzací [29]

CORSIA je jedním z prostředků Mezinárodní organizace pro civilní letectví, jak splnit stanovené cíle [32]:

- do roku 2050 postupné zvyšování účinnosti paliva o 2 % ročně,
- růst uhlíkové neutrality od roku 2020 (program Carbon Neutral Growth 2020).

Kromě kompenzací CORSIA ICAO začleňuje další opatření pro dosažení výše zmíněných záměrů (Obrázek 3) [32]:

- obměna letadlové techniky a příslušných norem,
- úprava a inovace v oblasti provozu a ATM,
- rozvoj a rozšíření udržitelného leteckého paliva SAF.



Obrázek 3 - Dlouhodobý plán od ICAO k zajištění uhlíkové neutrality [32]



IATA na shromáždění v roce 2021 [33] uvedla plán uhlíkové neutrality do roku 2050, ve kterém se zavázaly všechny členské letecké společnosti. Navrhovala tyto nástroje a jejich procentní podíl na plnění cílů:

- 65 % díky udržitelnému leteckému palivu (SAF),
- 19 % díky kompenzacím (CORSIA),
- 13 % novými technologiemi – alternativní pohon (elektrický, vodíkový),
- 3 % změnou v infrastruktuře a ATM.

1.6. Současná situace ve vnitrostátní letecké dopravě ve Francii

Ve Francii se nachází 79 letišť (mimo zámořská území), odkud se odbavují mezinárodní lety v rámci Evropy, mezikontinentální lety a vnitrostátní lety. K Francouzské republice náleží také zámořské departmenty a regiony Guadeloupe, Francouzská Guyana, Martinik, Réunion a Mayotte a zámořská společenství a zámořská území Francouzská Polynésie, Saint Pierre a Miquelon, Nová Kaledonie, Svatý Bartoloměj, Svatý Martin a ostrovy Wallis a Futuna [34]. Tato práce se zabývá vnitrostátními lety v rámci kontinentální Francie, a tak zámořské oblasti a lety na Korsiku nebudou zahrnuty. Tabulka 1 popisuje, že v roce 2021 bylo ve Francii a jejich zámořských oblastech odbaveno 70 milionů cestujících, v roce 2020 bylo zaznamenáno 54,1 milionů cestujících a v roce 2019 před rozšířením Covid-19 až 179,6 milionů cestujících. V roce 2021 tedy letištní doprava klesla o 61,1 % ve srovnání s rokem 2019, ale vzrostla o 29,4 % oproti 2020.

V roce 2021 bylo přepraveno 20,33 milionů cestujících na vnitrostátních letech ve Francii a zámořských oblastech, tj. 29 % z celkového počtu letů (Tabulka 1) [35]. 8,57 milionů cestujících využilo pro vnitrostátní lety v daném roce letiště Paříž Orly nebo Paříž Charles de Gaulle [36]. Průměrně v roce 2021 [37] bylo denně odbaveno 60 vnitrostátních letů z letiště Paříž Charles de Gaulle, 10 z nich na letiště v Nice.

Tabulka 1 - počet cestujících ve Francii za rok 2019, 2020 a 2021 [38; 36]

Typ letecké dopravy		Počet cestujících		
		2019	2020	2021
Celková		179 600 000	54 100 000	70 040 000
Vnitrostátní	Pevninská + zaoceánská	34 100 000	15 600 000	20 330 000
	Pevninská	700 000	11 600 000	15 770 000



Při sběru dat o letových řádech francouzských letišť bylo vypořádováno, že vnitrostátní dopravu ve Francii provozují tyto letecké společnosti: Air France, EasyJet, Ryanair, Transavia France, Volotea Airlines, Air Corsica, Air Caraibes, Corsair, Chalcir Aviation, Twin Jet, Royal Air Maroc, Tap Air Portugal.

Data z června 2021 [39] ukazují procentuální zastoupení leteckých společností na vnitrostátních letech: Air France + HOP! 55 %, Air Corsica 13 %, easyJet 12 %, Volotea Airlines 11 %, Transavia France 6 %, Ryanair 3 %.

Tabulka 2 zaznamenává francouzská letiště a jejich počet cestujících na všech typech letů za rok 2021. Tabulka je seřazena od nejvíce vytížených letišť co do počtu cestujících.

Tabulka 2 - nejvyužívanější letiště ve Francii v roce 2021 [36; 40]

Letiště	ICAO kód	Počet cestujících
Paříž Charles de Gaulle	LFPG	26 200 000
Paris Orly	LFPO	15 720 000
Nice	LFMN	6 530 000
Marseille	LFML	4 630 000
Lyon	LFLL	4 510 000
Toulouse	LFBO	3 820 000
Bâle-Mulhouse	LFSB	3 620 000
Nantes	LFRS	3 280 000
Bordeaux	LFBD	3 040 000
Paříž - Beauvais	LFOB	2 070 000
Ajaccio Napoléon Bonaparte	LFKJ	1 410 000
Bastia - Poretta	LFKB	1 190 000
Lille - Lesquin	LFQQ	1 160 000
Montpellier Méditerranée	LFMT	1 100 000

V příloze práce se nachází kompletní seznam francouzských letišť (Tabulka 29), na kterých se v letech 2019-2021 provozovala pravidelná mezinárodní a vnitrostátní letecká doprava. Tabulka 29 v příloze zobrazuje týdenní letecká spojení mezi městy v kontinentální Francii a porovnává frekvenci letů, typy dopravců a podle využitých letadel i sedačkovou kapacitu. Jedná se o 79 letišť v evropské části Francie, které jsou členy Union des Aéroports Français & Francophones Associées (UAF & FA). Organizace UAF & FA sdružuje dohromady



až 169 francouzských letišť a 152 přidružených organizací, která hájí zájmy členských letišť a nabízí jim pomocné služby a právní, ekonomickou, technickou a finanční pomoc [41]. Zmíněných 79 letišť je zvolených pro jejich pravidelnou obchodní leteckou dopravu, která je v tabulce rozdělena na vnitrostátní a mezinárodní. Obchodní provoz je podle zákona myšlen „*jakýkoliv provoz letadla za úplatu nebo jinou protihodnotu, jenž je přístupný veřejnosti, nebo pokud není přístupný veřejnosti, jenž je prováděn na základě smlouvy mezi provozovatelem a zákazníkem, přičemž zákazník nemá nad provozovatelem kontrolu*“ [42]. Podle vyjádřených procent v tabulce provozuje většina sledovaných letišť smíšený provoz (mezinárodní i vnitrostátní). V roce 2019 se veškerý letecký provoz těchto letišť soustředil jen na vnitrostátní přepravu na těchto čtyřech letištích: Ile D'Ye, Megeve, Ouessant a St. Etienne Loire. A na dalších 24 letištích tvořila vnitrostátní doprava přes 80 % odletů a přiletů.

Při pohledu do roku 2021 v Tabulce 29 v příloze došlo k navýšení počtu cestujících oproti roku 2019 jen na 16 letištích (Auxerre Branches, Avignon Caumont, Cannes Mandelieu, Cherbourg Maupertus, Colmar Houssen, Figari Sud Corse, Ile D'Ye, Le Touquet Cote d'Opale, Nevers Fourchambault, Orleans St. Denis de L'Hotel, St. Briec Armor, St. Tropez La Mole, Troyes en Champagne Barberey, Valence Chabeuil, Vannes Meucon Valenciennes Denain). Na zbylých 63 letištích ve Francii došlo ke snížení přepravených cestujících, někdy i velice výrazně (například na letišti Clermont-Ferrand Auvergne bylo v roce 2019 426 360 cestujících a v roce 2021 kleslo na 92 039 cestujících). Zobrazuje to znovu znatelný pokles počtu cestujících kvůli pandemickému období. Na 13 letištích se provozovala v roce 2021 jen vnitrostátní doprava: Ancenis, Aurillac, Dijon Longvic, Ile D'Ye, Lannion – Cote de Granit Rose, Le Havre Octeville, Le Puy-en-Velay Loudes, Megeve, Ouessant, Quimper Bretagne, Saint Nazaire Montoir, Valenciennes Denain.

S nabídkou a poptávkou letecké dopravy je často spojovaný environmentální dopad. Letecký průmysl na celém světě produkuje asi 2,1 % všech emisí oxidu uhličitého [43]. Celková letecká doprava ve Francii, včetně mezinárodní a vnitrostátní, způsobovala v roce 2018 23,2 milionů tun ekvivalentu CO₂. Pro představu dané množství odpovídá ročním emisím v Litvě [44].

Hodnoty mezinárodní dopravy v Tabulce 3 zahrnují dopravu v kontinentální Francii a jejich zámořských oblastech. V roce 2019 způsobovala celková doprava ve Francii (bez dělení dle druhu dopravy) 135,9 milionů tun ekvivalentu CO₂, tj. 31 % celkových emisí ve Francii a v roce 2020 to bylo 113,1 milionů tun (tzn. 29 %). Při pohledu do Tabulky 3 na druhy dopravy ve Francii (tzn. vnitrostátní dopravu) vytvořila silniční doprava v roce 2019 127,2 milionů tun



CO₂e, železniční doprava 0,45 milionů tun a letecká doprava 5 milionů t CO₂e [45]. Provozovatelé letecké dopravy zaznamenávají emise z hlediska rozlišení na Scope 1, 2 a 3. Mezinárodní a vnitrostátní letecká doprava ve Francii vyprodukovala v roce 2019 24,2 Mt CO₂e. Tato uhlíková stopa letecké dopravy byla tvořena těmito aktivitami [46]:

- 83 % (20,1 Mt CO₂) přímých emisí (Scope 1) – spalování paliv,
- 16,96 % (4,0 Mt CO₂) nepřímých emisí (Scope 3) – zejména výroba a distribuce paliv, recyklace letadel, doprava cestujících na letiště,
- 0,04 % (9 680 t CO₂) z výroby elektrické energie (Scope 2).

Ve Francii v sektoru dopravy bez letecké dopravy vycházelo v roce 2019 1,8 t CO₂e na osobu a světovým průměrem v zemích G20 vycházelo 1,13 t CO₂e. Při porovnání emisí z letecké dopravy vycházelo ve Francii 0,13 t CO₂e a světový průměr byl 0,15 t CO₂e [47].

Tabulka 3 - Roční hodnoty CO₂e v letecké, železniční a silniční dopravě ve Francii [48]

	Letecká doprava (MtCO ₂ e/rok)			Železniční doprava (MtCO ₂ e/rok)			Silniční doprava (MtCO ₂ e/rok)		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
Mezinárodní doprava	18,3	19,2	8,1	-	-	-	-	-	-
Vnitrostátní doprava	4,9	5,0	3,1	0,4	0,4	0,4	127,6	127,2	106,9
doprava celkem	23,2	24,2	11,2	-	-	-	-	-	-

1.6.1. Letecká spojení ve Francii

Francie disponuje významným evropským letištěm CDG. Obsluhuje hlavní město Paříž a zároveň slouží i jako evropský přestupní uzel do dalších destinací buď v Evropě nebo do celého světa. Toto letiště také nabízí spojení do dalších francouzských měst (Tabulka 4), což však například v roce 2021 tvořilo jen 13,7 % celkového leteckého provozu na tomto letišti. Tyto lety mohou navazovat pro cestující přilétající na CDG z evropských nebo mimoevropských letišť a také opačným směrem.

Druhé významné pařížské letiště je Paříž Orly, kde je větší podíl vnitrostátních letů – v roce 2019 a 2021 tvořily kolem 30 % tamního provozu. Tabulka 4 zobrazuje počet cestujících z těchto dvou letišť do francouzských měst. Nejvíce přepravených cestujících bylo v 2019-2021 do Toulouse, Nice a Marseille.



Tabulka 4 - letecká spojení mezi Paříž Orly/Charles de Gaulle a dalším francouzským městům za rok 2019, 2020 a 2021 [49]

Letecká spojení z Paříž Orly/Charles de Gaulle	Počet přepravených cestujících v roce 2019	Počet přepravených cestujících v roce 2020	Počet přepravených cestujících v roce 2021
Toulouse	3 216 301	1 256 268	1 543 316
Nice	3 178 806	1 562 558	2 090 274
Marseille	1 558 924	658 539	752 453
Bordeaux	1 218 505	400 535	412 103
Montpellier	989 450	385 207	506 239
Lyon	696 318	235 691	285 872
Biarritz	631 360	237 615	351 807
Brest	560 930	221 980	209 748
Ajaccio Napoléon Bonaparte	556 737	321 887	459 493
Nantes	550 910	204 180	277 726
Bastia	494 353	279 825	386 896
Pau	478 837	149 459	193 058
Toulon	392 272	164 668	259 606
Clermont - Ferrand	280 684	82 330	77 772
Perpignan	254 667	126 229	158 316
Figari	236 945	147 268	229 421

Paříž je dále obsluhována letišti Paříž Le Bourget, kde se provozuje všeobecné letectví, Paříž Vatry, odkud se létá mimo Francii, a Paříž Beauvais, kde v červnu 2022 byly lety do francouzských měst – Marseille, Figari a Béziers.



Tabulka 5 - letecká vnitrostátní spojení v roce 2019, 2020 a 2021 [49]

Letecká vnitrostátní spojení		Počet přepravených cestujících v roce 2019	Počet přepravených cestujících v roce 2020	Počet přepravených cestujících v roce 2021
Bordeaux	Lyon	582 186	233 638	318 218
Lyon	Nantes	561 037	219 899	313 361
Lyon	Toulouse	428 425	157 673	186 507
Bordeaux	Marseille	426 631	142 368	252 115
Marseille	Nantes	362 446	160 478	222 392
Nantes	Toulouse	316 058	115 382	152 665
Lille	Nice	312 722	130 194	241 470
Nantes	Nice	277 577	154 137	244 077
Bordeaux	Nice	270 622	114 111	168 204
Bastia	Marseille	260 000	163 282	210 999
Ajaccio Napoléon Bonaparte	Marseille	253 218	161 976	211 868
Lille	Toulouse	234 307	107 459	149 307
Bordeaux	Lille	227 815	96 822	145 339
Lille	Marseille	220 535	80 977	128 134
Lyon	Nice	209 563	82 439	93 506
Nice	Basel/Mulhouse	186 381	73 479	113 931
Montpellier	Nantes	169 162	119 463	165 885

Mimo vnitrostátní spojení s hlavním městem existují letecká spojení mezi jinými francouzskými metropolemi (Tabulka 5). Nejvytíženější linky v roce 2019 byly Bordeaux-Lyon, Lyon – Nantes, Lyon – Toulouse a Bordeaux Marseille. V roce 2021 se pořadí nepatrně změnilo, stále bylo nejvíce letů Bordeaux – Lyon a Lyon – Nantes, ale na trase Lyon – Toulouse a Nantes – Toulouse došlo k výraznému snížení.

1.6.2. Uplatnění nového zákona o zákazu vnitrostátních letů ve Francii

V únoru 2021 francouzská Státní rada navrhla zákon „Projet de loi n° 3875“ [50] o zrušení vnitrostátních letů ve Francii určené k osobní přepravě, které mohou být nahrazeny vlakovým



spojením bez přestupu, jejíž cestovní doba není větší než dvě a půl hodiny. Výjimku tvoří lety z hlavního francouzského „hubu“ - letiště Charles de Gaulle v Paříži, které cestující využívají na přestup do dalších francouzských měst (Lyon, Marseille, Bordeaux apod) [51]. Pokud by Francie zrušila i tyto lety, většina cestujících z dálkových letů by využila spíše jiné evropské huby na přestup (Londýn, Frankfurt nad Mohanem) s rizikem navýšení uhlíkové stopy. Na letišti Paris Orly nejsou tyto vnitrostátní lety využity jako přestupní, proto je zde zákon uplatněn, a to nejen na lety francouzského národního dopravce, ale i ostatních aerolinií.

Jednou z motivací návrhu zákazů letů byly ekologické důvody v rámci klimatického zákona, a to snížení emisí skleníkových plynů. Občanská úmluva pro klima [52] zároveň doporučovala hranici cestovní doby vlakem čtyři hodiny, ale nakonec nedošlo ke schválení. Rušení vnitrostátní letů je navíc podmíněno státní finanční podporou Air France ve výši 4 miliard EUR [52], které by měly kompenzovat finanční ztráty způsobené pandemií Covid-19.

Zákon byl přijat 22.8.2021 a vstoupil v platnost 27.3.2022 [51] v souladu s článkem 20 Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1008/2008 ze dne 24. září 2008 o společných pravidlech o provozování leteckých služeb ve Společenství. Článek 20 obsahuje opatření týkající se životního prostředí – „1. *Existují-li závažné problémy týkající se životního prostředí, může odpovědný členský stát omezit nebo odepřít výkon provozních práv, zejména pokud jiné druhy dopravy poskytují odpovídající úroveň služeb. Opatření musí být nediskriminační, nesmí narušovat hospodářskou soutěž mezi leteckými dopravci, nesmí být více omezující, než je nezbytné pro řešení obtíží, a musí mít omezenou dobu platnosti nepřekračující tři roky, po jejímž uplynutí musí být přezkoumáno.*“ [53] Přesný popis a podmínky zákona jsou vyhlášené v Zákonu č. 2021-1104 ze dne 22. srpna 2021 jako článek 145 O boji proti změně klimatu a posílení vůči jejím důsledkům: „*Sont interdits, sur le fondement de l'article 20 du règlement (CE) n° 1008/2008 du Parlement européen et du Conseil du 24 septembre 2008 précité, les services réguliers de transport aérien public de passagers concernant toutes les liaisons aériennes à l'intérieur du territoire français dont le trajet est également assuré sur le réseau ferré national sans correspondance et par plusieurs liaisons quotidiennes d'une durée inférieure à deux heures trente.*“ [„Na základě článku 20 Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 1008/2008 se zakazuje provozovat pravidelná osobní letecká doprava na všech trasách ve Francii, pokud existuje železniční spojení bez přestupu s dostatečnou denní frekvencí a cestovní dobou kratší než dvě a půl hodiny.“ Vlastní překlad autora práce] [51].



Do tří let od uplatnění zákona předloží vláda parlamentu zprávu hodnotící environmentální a sociální dopady zákona [51]. Do jednoho roku zároveň podá zprávu o možnosti rozšíření zákona na nákladní vnitrostátní přepravu z/do letiště Charles de Gaulle v Paříži, které mohou být také nahrazeny vlakovým spojením trvajícím méně než dvě a půl hodiny [51].

Francie se zároveň dle článku 143 stejného zákona [51] stanovuje cíl podpory rozvoje osobní železniční dopravy, aby dosáhly jejího plánovaného podílu na celkové dopravě na 17 % v roce 2030 a na 42 % v roce 2050. Zákon také řeší otázku rozvoje výstavby letišť a vzletových a přistávacích drah za účelem zvýšení kapacit provozu. Pokud bude výsledkem zvýšení uhlíkové stopy, jelikož nebude stanoven dostatečný plán využití environmentálních opatření, nedojde od státu k podpoře projektu a vyvlastnění požadovaného majetku ke stavbě. Výjimkou jsou stavby podmíněné zvýšením bezpečnosti, národní obrany apod. Netýká se to také letiště Nantes Atlantique a Basel Mulhouse Fribourg EuroAirport, kde probíhající přestavba obsahuje i transparentní plán minimalizace dopadu na životní prostředí a omezení využití půdy.

Environmentální organizace Greenpeace European Union zveřejnila v říjnu 2021 studii a návrh [54] ke zrušení „short-haul“ letů v Evropě a nahrazení vlakovým spojením, obzvláště nočními vlaky. Uvedla, že jedna třetina letů na krátké vzdálenosti (pod 1500 km) má alternativní spojení po železnici, které netrvá déle než šest hodin [54]. Mimo jiné vysvětlují, že tyto lety pod 1500 km způsobují jednu čtvrtinu leteckých emisí, které se nejenom týkají emisí CO₂, ale také dalších znečišťovatelů jako je NO_x, vodní pára, saze apod, čímž se také krátké lety stávají větším znečišťovatelem na osobokilometr. Studie [54] zkoumala lety v zemích EU, Švýcarska, Norska a Spojeného království. Greenpeace navrhuje přesun přepravy letecké na železniční vytvořením dostačující železniční sítě v Evropě mezi největšími městy na úrovni vnitrostátní i mezinárodní. Zároveň zmiňuje, že po uplatnění nového zákona ve Francii, který se dotkne jen několika leteckých linek, dojde pouze ke snížení o méně než 1 % CO₂ emisí z celkové francouzské letecké dopravy.

1.6.3. Cíle Francie a Air France

Letecká doprava ve Francii musela na základě Pařížské dohody, Zelené dohody pro Evropu a předchozích mezinárodních dohod učinit také kroky ke snížení uhlíkové stopy. Air France sestavily svoji strategii „Air France ACT“, která obecně cílí na tyto oblasti:

- snížení přímých emisí z provozu Air France;
- snížení nepřímých emisí vznikajících z okolních činností Air France;
- podporování podobně založených projektů na snížení uhlíkové stopy.



Strategie obsahuje kroky, kterými se má zajistit do roku 2030 snížení o 30 % CO₂ na osobo-kilometr vzhledem k hodnotám z roku 2019. V tomto cíli nejsou zahrnuta kompenzační opatření. Dosavadním výsledkem Air France bylo snížení o 6 % během 2005–2019 i přes navýšení dopravy o 32 % [46]. Na základě těchto požadavků byl pro Air France vytvořen výzkumný program od organizace Science-Based initiative, který navrhuje 5 kroků [55]:

1. Modernizace flotily [55] – do roku 2030 bude 70 % francouzské flotily tvořit letadla s nižší spotřebou (Airbus A220, A350, B787), které sníží emise CO₂ až o 25 % a hlukové emise o 33 %.
2. Využívání udržitelného leteckého paliva – Air France-KLM byly prvními aerolinkami, které zavedly používání SAF na svých letech ve větší míře. SAF sníží emise CO₂ až o 80 % oproti fosilním palivům (včetně celého životního cyklu paliva) [56]. Od ledna 2022 Air France (včetně Transavia) zavádí minimálně 1 % příměsi SAF do leteckého paliva do všech letů ve Francii. Cílem je také tento podíl SAF postupně zvyšovat a dosáhnout do roku 2030 alespoň 10% zastoupení a do roku 2050 alespoň 63 %. Součástí toho je také příspěvek cestujících u nákupu každé letenky s odletem z Francie. Příspěvek je počítán podle vzdálenosti a typu cestovní třídy; pohybuje se od 1 do 4 EUR v ekonomické třídě a od 1,5 do 12 EUR v business třídě a je využíván na nákup těchto paliv. Dobrovolně může také cestující přispět 20 až 200 EUR na vyrovnání rozdílu uhlíkové stopy mezi SAF a běžných fosilních paliv. 10.1.2022 se k Air France také připojilo KLM [57], které zavádí 0,5 % podílu SAF do letů z Amsterdamu a také příspěvek od 1 do 12 EUR ke koupi každé letenky.
3. Změny během letu/pilotování – optimalizované letové trasy, pojíždění pouze s jedním z motorů, plynulejší přiblížení při přistání. Těmito kroky lze snížit emise CO₂ o 2–3 % [55].
4. Zrušení 90 % jednorázových plastů na palubách, zavedení výběru nabízených jídel již před letem a tím snížení plýtvání potravin [55].
5. Zavedení intermodální dopravy s francouzskou železniční společností SNCF, a to zejména na krátkých trasách [55].

Francie má ve svých plánech uhlíkové neutrality také zahrnuté kompenzace. Provozovatelé vnitrostátní letecké dopravy ve Francii mají za povinnost kompenzovat od 1.1.2022 50 % svých emisí, od 1.1.2023 70 % svých emisí a od 1.1.2024 musí kompenzovat všechny své emise.



2. Metodika pro posuzování dopravních alternativ k letecké dopravě

Pro analýzu diplomové práce byl vybrán týden 3. – 9.6.2019 a 3. – 9.6.2022. Toto období bylo zvoleno pro největší zobrazení rozdílů mezi letovým letním řádem v období před rozšířením Covid-19 a co nejaktuálnějším řádem po zavedení francouzského zákona, který vstoupil v platnost 27.3.2022. Data z roku 2020 a 2021 jsou ovlivněna pandemií, a tak by nedocházelo k objektivním výsledkům. Tyto roky (2019 a 2022) jsou běžně porovnávány při jakýkoliv výročních zprávách o provozu leteckých společností apod.

Prvotním krokem je určení zrušených leteckých linek po zavedení zákona. Porovnála se týdenní letová spojení letišť v kontinentální Francii (seznam obsahuje Tabulka 29 v příloze) ve výše vybraném období. Letová spojení vychází z dat z Flightradar24 a Flightera.net. Pomocí doplňkového webového nástroje Webscraper se vyfiltrovala francouzská data o letech. K těmto letovým spojení byly také doplněny existující vlakové cesty s informacemi o cestovní době. Tyto údaje byly čerpány od francouzského železničního dopravce SNCF a Trainline. Na základě popsaného porovnání byly stanoveny zrušené linky a k nim železniční spojení s cestovní dobou menší než 2 a půl hodiny.

Po zjištění zrušených leteckých linek ve Francii je nutné rozpoznat důsledky tohoto opatření. Způsob pohledu na důsledky byl dále rozlišen z provozního a environmentálního hlediska.

2.1. Provozní důsledky

Zvolení letecké dopravy k přepravě ve Francii pro krátké až středně dlouhé trasy do 700 km je obvykle způsobeno kratší cestovní dobou. Nicméně dalšími rozhodovacími faktory jsou cena, spolehlivost, frekvence spojení, dostupnost nádraží/letišť nebo další faktory jako je důvod cesty, komfort nebo bezpečnost [58]. Kromě sledované letecké a železniční dopravy lze uvažovat i nad přepravou autem nebo autobusem. Větší pozornosti se však v této práci dostává již zmíněné letecké a železniční dopravě díky jejím výhodám a odpovídajícím kapacitám. Při výběru dopravního prostředku lze mluvit také o multimodální dopravě, kdy je využito kombinace více druhů dopravy.

Zrušení leteckých spojení způsobí přesun cestujících do jiného dopravního prostředku. Aby nedošlo k navýšení uhlíkové stopy, což je nežádoucí a odporuje to důvodu zavedení zákona, musí se ověřit dostatečná nabízená kapacita prostředku bez výstavby nové infrastruktury. Požadovaná kapacita musí odpovídat nebo být vyšší než nabízená kapacita



leteckých spojení. Údaje o frekvenci letů a jejich konfiguracích aktuálních a v minulosti jsou získána z databáze Flightera.net [59], která globálně sbírá informace o letech od leteckých společností a letišť, nebo z databáze od Statistického úřadu Evropské Unie Eurostat [60].

Porovnání cen jízdenek na vlaková spojení a letenek na vnitrostátních cestách ve Francii není jednoznačné kvůli jejich variabilitě. Ceny u obou druhů dopravy se liší v závislosti na době rezervace, cestovní době, kategorii jízdenky nebo letenky a profilu cestujícího. Občanská úmluva pro klima Que Choisir [61] stanovila jako jednu z podmínek zavedení zákona zachování cen na železnici i přes vznikající monopolní postavení železnice. Vzhledem k zaměření a cílům práce není ekonomická stránka včetně cen jízdenek a letenek v analýze posouzena.

Následně autor posoudil tyto otázky:

- Existuje odpovídající železniční infrastruktura bez přestupů a s dostatečnými kapacitami?
- Jak se změnila cestovní doba?
- Je pro cestující možná cesta autem?

Provozní informace jako je cestovní doba, řád, kapacita, frekvence apod. je zjišťována z dat od:

- databáze Eurostat,
- Flightera.net,
- Flightradar24,
- výroční zprávy Ministerstva životního prostředí Francie (Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires),
- národního francouzského železničního dopravce SNCF,
- Google Maps.

2.2. Environmentální důsledky

Kromě provozních ukazatelů lze pohlížet na různé druhy dopravy i z pohledu zátěže na životní prostředí. V případě letecké, železniční i automobilové dopravy je celkový dopad na změnu klimatu popsán metodou Well-To-Wheel, který zahrnuje emise uvolněné při provozu prostředku a také emise, které předcházely, například výroba a distribuce paliva či elektrické energie. V práci jsou číselné hodnoty těchto důsledků vyjádřeny v podobě uhlíkové stopy.



Plány na snížení uhlíkové stopy jsou aktuálním celosvětovým tématem a jedna z příčin návrhu zákona, proto je také nutné pozorovat změnu v uhlíkové stopě a to:

- výpočtem uhlíkové stopy dopravních prostředků
- výpočtem uhlíkové stopy na zrušených letech a porovnáním s alternativní dopravou.

Pro výpočet uhlíkové stopy v dopravě je použit:




- GHG Protocol,
- Ecopassenger,
- Metodika od Ministerstva životního prostředí Francie (Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires) a Agentury pro životní prostředí a energetiku ADEME (Agence de la Transition écologique (ADEME)).

Souhrn a porovnání nástrojů je v Tabulce 6. První tři nástroje jsou použity pro leteckou, železniční a automobilovou přepravu na zrušených leteckých linkách. Výsledkem je ekvivalent CO_2 v kilogramech na danou cestu a osobu. Hodnoty z různých kalkulaček jsou porovnány. Dle vstupních dat a způsobu výpočtu je poté vybrán vhodný výpočet jako referenční, na které se následně aplikují inovace environmentálních opatření. V práci nebyl použit nástroj od ICAO – ICEC. Oproti ostatním nástrojům je nedostatkem ICEC chybějící započítání také ostatních skleníkových plynů, nejen CO_2 . Navíc zahrnuje jen emise během letu (tzn. Tank-To-Wheel). Tento nástroj od Mezinárodní organizace pro civilní letectví obsahuje databázi o existujících leteckých spojení na celém světě. Použití ICEC by bylo aplikováno na 6 letů, ale jelikož se jedná o zrušené lety, aplikace nenalezla tato spojení. Proto není ICEC v této práci využita.

Oblast:	Kontinentální Francie bez Korsiky
Výběr období:	3.-9.6 2019 a 3.-9.6. 2022
Zavedení zákona:	27.3.2022
Posuzování dopravních alternativ:	
a) Z pohledu provozního:	cestovní doba kapacita
b) Z pohledu environmentálního:	výpočet uhlíkové stopy pomocí nástrojů dopravní alternativa aplikování environmentálních opatření ke snížení uhlíkové stopy



Tabulka 6 - Porovnání nástrojů na výpočet uhlíkové stopy v dopravě

Typ nástroje	Metoda	Typ emisí									Druh dopravy			Well-to-wheel	
		CO ₂	CH ₄	Pevné částice	NO _x	Nemetanové uhlovodíky	HFC	PFC	SF ₆	NF ₃				Well-to-tank	Tank-to-wheel
GHG Protocol	Distance-based	✓	✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ICAO Carbon Calculator	Distance-based	✓									✓				✓
Ecopassenger		✓		✓	✓	✓					✓	✓	✓	✓	✓
Výpočet dle ministerstva	Fuel-based	✓	✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓



3. Komplexní analýza vnitrostátní letecké dopravy ve Francii a dopravních alternativ

Analýza vnitrostátní letecké dopravy ve Francii a dopravních alternativ kopírují metodiku práce popsanou v kapitole 2. Jednotlivé části jsou postupně analyzovány a obsahují jak provozní, tak environmentální oblasti. V analýze nejdříve autor postupuje určením zrušených leteckých linek po zavedení zákona. Výsledky jsou porovnány a využity k dalšímu zpracování environmentálních opatření, které Francie plánuje zavést. Závěrem je zhodnocení a komplexní pohled na budoucí vývoj.

3.1. Určení zrušených leteckých linek po implementaci zákona

Francouzský zákon týkající se omezení vnitrostátní letecké dopravy nabyl platnosti 27.3.2022. Nicméně změna a zvláště její omezení ve vnitrostátní letecké dopravě ve Francii lze pozorovat i v předchozích letech. Způsobilo to celosvětové rozšíření Covid-19. Nicméně i po obnově leteckého provozu a uvolnění opatření nedošlo k obnově všech leteckých linek. Zákon poté některé z linek definitivně zrušil.

V červnu 2019 byla v provozu pravidelná letecká spojení z Paříže Orly do 24 destinací v kontinentální Francii. Největší týdenní frekvence byla do Toulouse a do Nice. Značný počet letů byl i do Bordeaux, kde se pravidelná linka ukončila v dubnu 2020.

V červnu 2022 se počet destinací z Paříže Orly snížil na 16. Výčet zrušených linek, které podléhají zákonu, je níže v Tabulce 7. Tyto 3 letecké linky mají vlakovou alternativu s cestovní dobou pod 2 a půl hodiny. Některé letecké linky přestaly být operovány už od jara 2020 a nebyly od té doby obnoveny kromě letů do Tarbes, která byla znovu zavedena od července 2022 a kde cestovní doba vlakem je delší než 2 a půl hodiny. Zbylé 4 zrušené linky z Paris Orly má vlakovou alternativu s delší cestovní dobou – od 2h 39 min do 3 h 34 min.

Hlavní francouzský hub Paříž Charles de Gaulle spojuje hlavní město se 13 francouzskými městy v rámci kontinentální Francie. V červnu 2019 k těmto spojům patřilo také 14. spojení do Lorient South Brittany, který ujel vlak za 3 hodiny a 4 minuty. Z výše zmíněných zrušených destinací z Paříže Orly se však létá z Paříže Charles de Gaulle do Bordeaux, Euroairport Basel Mulhouse Freiburg, Clermont- Ferrandu Auvergne, Lyonu a Nantes, protože jsou tyto lety operovány jako přestupní na navazující let z/ do Paříže Charles de Gaulle.



Tabulka 7 - Zrušené letecké linky z Paříže Orly

Letiště	IATA kód	Poslední let do	Letová doba [hh:min]	Vzdálenost [km]	Frekvence týdně [počet letů]	Kapacita 1 letadla [počet cestujících]
Bordeaux Merignac	BOD	30.3.2020	1:05	493	74	178, 142, 131, 100
Lyon Saint Exupéry Airport	LYS	26.3.2020	0:46	391	21	178, 142, 96, 70
Nantes	NTE	26.3.2020	1:05	344	11	72, 70, 50

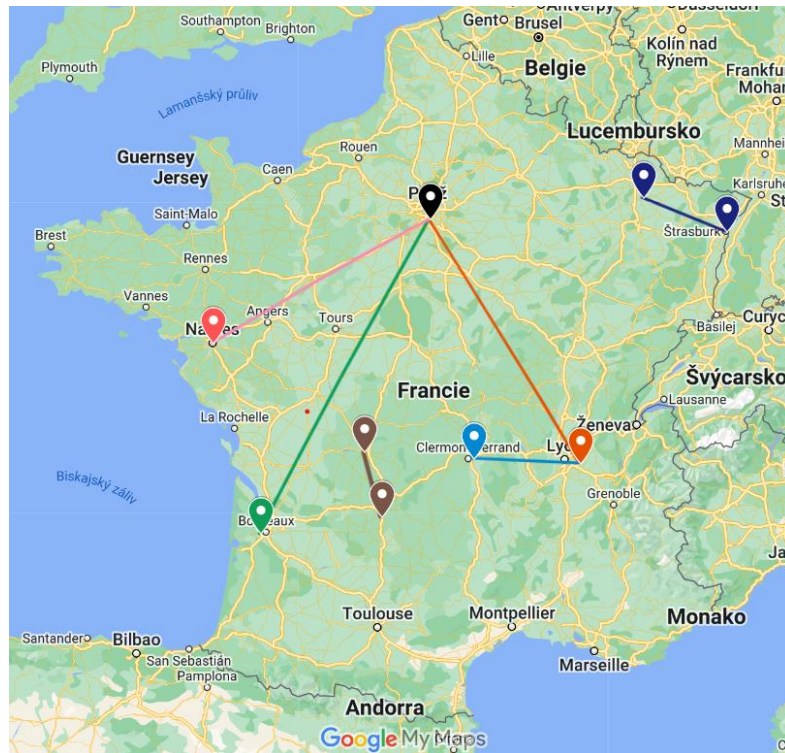
Dále byly porovnány letové plány na dalších 79 francouzských letištích v kontinentální Francii (Tabulka 29). V roce 2019 bylo v provozu na pravidelných letech 108 leteckých spojení mezi těmito francouzskými letišti (mimo Paříž Orly a Charles de Gaulle). V červnu 2022 už bylo jen 67 pravidelných leteckých linek. Zrušené letecké linky, které podléhají podmínkám zákona, jsou v Tabulce 8. Jedná se o 3 letecké linky Limoges – Brive, Lyon – Clermont-Ferrand a Metz-Nancy – Strasbourg. Cestující mohou místo tohoto spojení využít cestu vlakem, která trvá pod 2 a půl hodiny.

Tabulka 8 - Další letecká spojení, která byla zrušena zákonem

Letadlo (3-9.6.2019)							
Letecké spojení				Letová doba [hh:min]	Vzdálenost [km]	Frekvence týdně [počet letů]	Kapacita 1 letadla [počet cestujících]
Limoges	LIG	Brive	BVE	0:16	94	1	102
Lyon	LYS	Clermont-Ferrand	CFE	0:35	140	1	76
Metz-Nancy Lorraine	ETZ	Strasbourg	SXB	0:19	112	4	189

V Tabulce 9 jsou aktuální lety, které mají také vlakovou alternativu bez přestupů pod 2 a půl hodiny, nicméně nebyly zrušené. Důvodem je navazující spojení do vzdálenějších oblastí, například je to ve 2 případech Casablanca anebo Lyon a Toulouse.

Výjimku tvoří let mezi Lyonem a Marseille. Tuto vzdálenost ujede vlak za 1 hodinu 42 minut s 19 spoji denně. I přesto let není zrušen. Za den je naplánováno spojení Lyon – Marseille – Lyon 3 x až 4 x a ve zbývajícím čase je využíváno mezi Marseille a Amsterdamem.



Obrázek 4 - Mapa 10 zrušených leteckých tras ve Francii



Tabulka 9 - Letecká spojení, která stále existují, i když splňují požadavky na zrušení podle zákona

Letecké spojení		Letadlo (3.-9.6. 2022)				Vlak		Poznámky
		Letová doba [h:min]	Vzdálenost [km]	Frekvence týdně [počet letů]	Kapacita 1 letadla [počet cestujících]	Cestovní doba vlakem	Frekvence týdně	
Paris Charles de Gaulle	Bordeaux Merignac	0:48	527	43	212, 131, 174, 142, 100	2:06	114	Využito pro přestup
Paris Charles de Gaulle	Lyon Saint Exupéry Airport	1:05	412	25	188, 174, 200	1:56	154	Využito pro přestup
Paris Charles de Gaulle	Nantes	0:45	371	30	186, 143, 180	1:56	126	Využito pro přestup
Bordeaux	Toulouse	0:50	212	3	96	2:03	91	Je navazující let (Casablanca)
La Rochelle	Poitiers	0:35	123	4	40	1:28	87	Je navazující let (Lyon)
Marseille	Montpellier	0:19	102	1	159	1:33	92	Je navazující let (Casablanca)
Nantes	Saint Nazaire	0:20	44	6	48	1:01	152	Je navazující let (Toulouse)
Lyon	Marseille	0:50	255	18	100	1:42	126	Není navazující let

Pro shrnutí byla při porovnání letových plánů ve Francii zrušena 3 letecká spojení z Paříže Orly a 3 další vnitrostátní spojení v kontinentální Francii (Obrázek 4, Tabulka 7, Tabulka 8). Těchto 6 spojení má alternativní přepravu po železnici, jejíž cestovní doba trvá méně než 2



a půl hodiny. Kromě zmíněných 6 spojení došlo k zastavení 42 dalších spojení v kontinentální Francii a 1 spojení z letiště Charles de Gaulle v Paříži. Místo těchto letů mohou cestující mimo jiné využít i cestu vlakem, nicméně je jejich cestovní doba delší než 2 a půl hodiny a často s přestupy, proto nejsou zařazeny výše v tabulce a nepodléhají zákonu. Ke zrušení těchto letů mohlo dojít přirozeně kvůli nedostatečné poptávce. Celkově bylo při porovnání letových plánů z června 2019 a června 2022 zrušeno 49 spojení francouzských měst mimo Korsiku a zaoceánské oblasti patřící Francii.

Tabulka 10 - Shrnutí dat

	2019	2022	Zrušené	Z toho zrušené zákonem (2,5h vlakem)	Mohla být zrušená, protože existuje vlak, ale nejsou
Francouzská letiště s pravidelnou mezinárodní a vnitrostátní dopravou	77	79	-	-	-
Letecká spojení z Paris Orly	24	17	7	3	0
Letecká spojení z Paris Charles de Gaulle	14	13	1	0	3
Letecká spojení z francouzských ostatních letišť	108	67	41	3	5

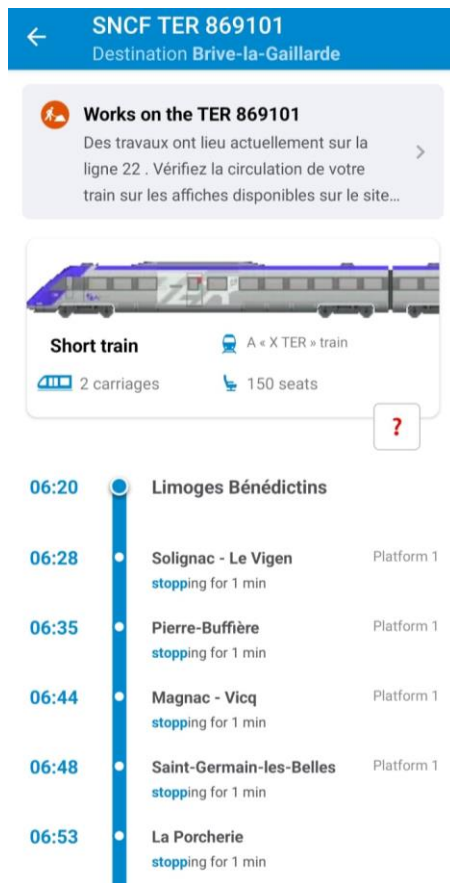
3.2. Provozní důsledky

S použitím popsané metodiky (Kapitola 2) se stanoví vliv zrušených letů z provozního a environmentálního hlediska. Analýza je aplikována na leteckou dopravu, ke které je jako alternativa zvolena železniční a automobilová doprava.

3.2.1. Kapacita

Pro 6 zrušených leteckých tras byly níže zjištěny typy letadel z Flightera [59], které obsluhovaly tato spojení v červnu 2019, a jejich konfigurace s počty sedaček a týdenní frekvencí. Vlaková spojení byla nalezena z nejbližších železničních stanic k letišťům na stránkách francouzského dopravce SNCF nebo v jejich mobilní aplikaci, která přímo ukazuje rozložení a typ vlaku

(Obrázek 5), jízdní řád a uhlíkovou stopu při rezervaci jízdenek. Alternativně je také počet dostupných sedaček zjišťován dle typů vlaku a jeho plánu rozmístění sedaček ze zdroje Seat61 [62].



Obrázek 5 - Příklad konfigurace vlaku na trase Limoges Bénédictins – Brive-la-Gaillarde [63]

Tabulka 11 - Letecké a vlakové spojení Paris Orly/ Montparnasse – Bordeaux Mérignac

Dopravní prostředek	Typ prostředku	Společnost	Počet sedaček 1 vozidla	Frekvence týdně
Letadlo	A319	Air France	142	26
	A318	Air France	131	13
	A320	Air France	178	21
	Bombardier CRJ1000	HOP!	100	14
Vlak	TGV Duplex Océane	-	516	131
	TGV Duplex OUIGO	-	634	20



Tabulka 12 - Letecké a vlakové spojení Paris Orly/Gare de Lyon – Lyon Saint Exupéry

Dopravní prostředek	Typ prostředku	Společnost	Počet sedaček 1 vozidla	Frekvence týdně
Letadlo	British Aerospace Bae 146-200	WDL Aviation	96	5
	A320	Air France	178	1
	A319	Air France	142	1
	Bombardier CRJ700	HOP!	70	14
Vlak	TGV Océane	-	516	188
	TGV Duplex	-	634	20

Tabulka 13 - Letecké a vlakové spojení Paris Orly/ Montparnasse – Nantes

Dopravní prostředek	Typ prostředku	Společnost	Počet sedaček 1 vozidla	Frekvence týdně
Letadlo	Embraer ERJ145	HOP!	50	5
	ATR 72-600	HOP!	72	5
	Bombardier CRJ700	HOP!	70	1
Vlak	TGV Duplex Océane	-	516	111
	TGV Duplex OUIGO	-	634	15

Tabulka 14 - Letecké a vlakové spojení Limoges Bénédictins – Brive-la-Gaillarde

Dopravní prostředek	Typ prostředku	Společnost	Počet sedaček 1 vozidla	Frekvence týdně
Letadlo	Fokker 100	Montenegro Airlines	102	1
Vlak	TER	-	150	48
	Intercité	-	411	61

Tabulka 15 - Letecké a vlakové spojení Lyon/ Part Dieu – Clermont-Ferrand

Dopravní prostředek	Typ prostředku	Společnost	Počet sedaček 1 vozidla	Frekvence týdně
Letadlo	Embraer E170	HOP!	76	1
Vlak	TER	-	150	49
	Intercité	-	411	1



Tabulka 16 - Letecké a vlakové spojení Metz-Nancy Lorraine/ Metz ville – Strasbourg

Dopravní prostředek	Typ prostředku	Společnost	Počet sedaček 1 vozidla	Frekvence týdně
Letadlo	B737-800	TUIfly	189	4
Vlak	TGV EuroDuplex	SNCF	509	98

Všechna vlaková spojení (Tabulka 11 - Tabulka 16) jsou přímá. Jízdy z Paříže jsou obsluhovány TGV, do Bordeaux, Lyonu a Nantes jezdí TGV po samostatné vysokorychlostní trati LGV. Kromě LGV tratí jsou vysokorychlostní vlaky provozovány na smíšených tratích s běžným provozem (Metz ville – Strasbourg, Tabulka 16). Vlaky Intercité [64] umožňují také cestovat mezi regiony s maximální rychlostí 200 km/h. TER (Transport Express Régional) jezdí především v rámci jednoho regionu, na některých tratích mají stále dieselový motor nebo jsou dvou-režimové. SNCF [65] plánuje nahradit dieselové vlaky hybridními s bateriemi, vyvíjí také vodíkový pohon pro neelektrifikované tratě.

Tabulka 17 - Počet přepravených cestujících a počet sedaček v červnu 2019 [66]

Letecké spojení	Letadlo (jeden směr)		Vlak (jeden směr)	
	Počet cestujících za měsíc	Měsíční kapacita [počet sedaček]	Počet cestujících	Měsíční kapacita [počet sedaček]
Paris Orly/ Montparnasse – Bordeaux Mérignac	26 466	35 080	235 547	336 496
Paris Orly/ Gare de Lyon – Lyon Saint Exupéry	7 059	8 712	350 059	500 084
Paris Orly/ Montparnasse – Nantes	4 829	6 018	208 074	297 248
Limoges/ Limoges Bénédictins – Brive-la-Gaillarde	423	510	36 967	142 182
Lyon/Part Dieu – Clermont-Ferrand	315	380	10 541	40 542
Metz-Nancy Lorraine/ Metz ville – Strasbourg	3 066	3 550	75 882	108 404

Eurostat [66] shromažďuje statistická data o nabízených sedačkách a o počtu přepravených cestujících. Měsíční data jsou zobrazena v Tabulce 17. U leteckých spojení Limoges – Brive-la-Gaillarde a Lyon-Clermont-Ferrand nebyla tato data dostupná, a tak byly



využity informace o typech letadel a průměrném load factoru ve Francii [67], který činí 83 % z dat od Air France.

Limoges – Brive-la-Gaillarde:

$$\textit{kapacita 1 letadla} \times \textit{frekvence} = 102 \times 5 = 510 \textit{ nabízených sedaček za měsíc}$$

$$\begin{aligned} (\textit{kapacita 1 letadla} \times \textit{frekvence}) \times \textit{průměrný load factor} &= 510 \times 0,83 \\ &= 423 \textit{ přepravených cestujících} \end{aligned}$$

Lyon – Clermont-Ferrand:

$$\textit{kapacita 1 letadla} \times \textit{frekvence} = 76 \times 5 = 380 \textit{ nabízených sedaček za měsíc}$$

$$\begin{aligned} (\textit{kapacita 1 letadla} \times \textit{frekvence}) \times \textit{průměrný load factor} &= 380 \times 0,83 \\ &= 315 \textit{ přepravených cestujících} \end{aligned}$$

U vlakových spojeníh na těchto trasách nejsou konkrétní statistické údaje v Eurostatu, proto je kapacita vypočítána ze zjištěného jízdního řádu a rozložení sedaček ve vlaku od SNCF. Počet cestujících je odhadnut stejně jako u letecké dopravy dle průměrného load factoru od SNCF [18] – u TGV je průměrně 70 %, Intercité má 49 % a TER 26 %. Ke zjištění kapacit byl zkoumán jízdní řád v týdnu 3.6.- 9.6.2022 na SNCF. Příklad výpočtu níže je uveden pro Paris Montparnasse – Bordeaux. Hodnoty jsou poté zaneseny do Tabulky 17.

Počet pracovních dnů v červnu 2022: 22

Počet dnů o víkendu: 8

Výpočet měsíční kapacity:

$$\begin{aligned} \textit{denní kapacita v pracovdní den} &= \textit{kapacita jednoho vlaku} \times \textit{denní frekvence} \\ &= 516 \times 20 + 634 \times 4 = 12\,856 \textit{ sedaček} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textit{denní víkendová kapacita} &= \textit{kapacita jednoho vlaku} \times \textit{denní frekvence} = 516 \times 13 \\ &= 6\,708 \textit{ sedaček} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textit{měsíční kapacita} &= \textit{počet dnů v měsíci} \times \textit{denní kapacita} = 12\,856 \times 22 + 6\,708 \times 8 \\ &= 336\,496 \textit{ sedaček} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textit{počet přepravených cestujících} &= \textit{počet sedaček} \times \textit{load factor} = 336\,496 \times 0,7 \\ &= 235\,547 \textit{ cestujících} \end{aligned}$$



Při srovnání měsíční nabízené kapacity u letadla a vlaku v Tabulce 17 lze vidět mnohonásobné převýšení kapacity vlaku než letadla. Železniční síť je tak schopna absorbovat poptávku ze zrušených letů i v případě „zbytkové kapacity“ vlaků tzn. s ohledem na již existující pravidelné cestující. Nicméně se jedná o průměrné hodnoty a doprava funguje nerovnoměrně v dopravních špičkách, a tak se musí počítat s několikanásobnou nabídkou železniční dopravy. Pozorováním jízdního řádu si lze všimnout posílení spojů v očekávaných ranních a večerních dopravních špičkách. Zároveň se také může stát, že část cestujících zvolí jiný druh dopravy, především cestu autem.

Ze statistik z roku 2019 [68] bylo 80,6 % vnitrostátní dopravy ve Francii uskutečněno automobilem. Průměrná obsazenost aut ve Francii v roce 2019 [69] byla 1,43, což je nízká hodnota. Kdyby se všichni cestující přesunuli ze zrušených letů do automobilů, například v případě Paris – Bordeaux, bylo by vypraveno 18 508 automobilů s obsazeností 1,43 osob na vozidlo, což značně zatěžuje životní prostředí. V případě, že je cestovní doba automobilem shodná s vlakovou jako tomu je u cest Limoges – Brive-la-Gaillarde, Lyon – Clermont-Ferrand a Metz-ville – Strasbourg, cestující začne brát v úvahu i jízdu automobilem.

3.2.2. Počet pohybů

Jak je stanoveno v podmínkách zákona o navazujících přestupních letech, lety z Paris Charles de Gaulle do Bordeaux Mérignac, Lyon Saint Exupéry a do Nantes nebyly zrušeny na rozdíl od letů z Paris Orly. Zda se cestující přesunuli na existující lety z Paris Charles de Gaulle namísto cesty vlakem ukazují například statistiky o počtech přepravených cestujících na těchto letech v obou směrech z dat od Eurostatu [60]. Zákon je platný od 27.3.2022, a tak jsou měsíční data pozorována z předcházejících a následujících měsíců.

Tabulka 18 - Měsíční počet přepravených cestujících na letech z Paris CDG [60]

IATA kódy leteckého spojení	06 2019	01 2022	02 2022	03 2022	04 2022	05 2022	06 2022	07 2022
CDG – BOD	53 475	44 321	45 516	49 991	55 966	60 085	57 806	60 366
CDG – LYS	47 104	36 791	35 518	38 705	42 221	51 004	46 825	53 145
CDG – NTE	38 068	31 889	30 765	35 238	37 518	37 195	37 414	39 389



Dle údajů z Flightera nabízí Air France stejný letový řád do těchto destinací jako je v roce 2019 a v roce 2022. Žádné změny taky nejsou patrné v zimním a letním letovém řádu. Vyloučeno je tedy navýšení počtů letů z CDG v reakci na zrušené lety z ORY. Počet přepravených cestujících se během roku 2022 v Tabulce 18 postupně zvyšuje. Nicméně tento nárůst je znatelný obecně ve všech druzích dopravy, kdy se během tohoto roku postupně provoz navrácí do „před-pandemického“ stavu z roku 2019. Počet cestujících je porovnatelný s červnem 2019. Je proto možné, že zvyšující se počet cestujících v roce 2022 může být nehledě na zrušené lety jen kvůli zklidnění situace z pohledu pandemie.

Další pohled je na uvolněné letištní sloty na letišti Paris Orly. Počet vnitrostátních a celkových (mezinárodních + vnitrostátních) letů z a do toho letiště je zaznamenán v Tabulce 19. Měsíční hodnoty vychází ze statistických dat od Eurostatu. I tady platí stejný vývoj jako v předchozí tabulce. Počet letů se navyšuje, ale to zejména kvůli obnově provozu k období z roku 2019. Zda byly uvolněné letištní sloty jinak využity nelze přesně stanovit kvůli přerušení jejich provozu již v roce 2020.

Tabulka 19 - Měsíční počet vnitrostátních příletů a odletů z Paris ORY [70]

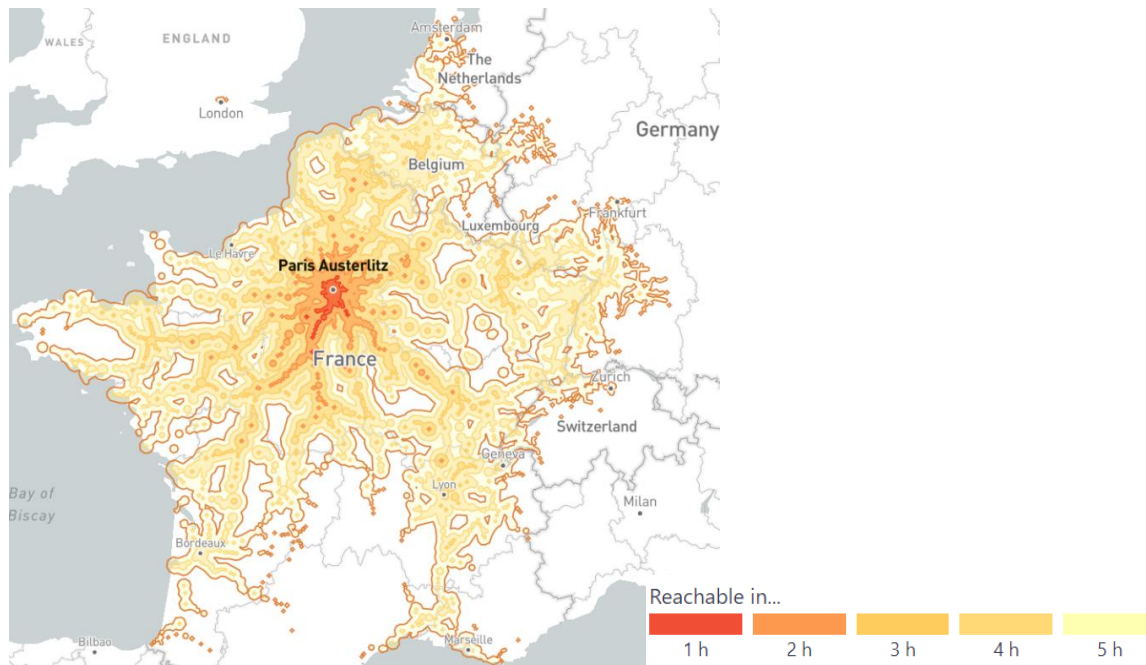
	06 2019	01 2022	02 2022	03 2022	04 2022	05 2022	06 2022	07 2022	07 2022
Počet vnitrostátních letů	9 475	5 501	5 049	6 011	6 041	5 852	6 350	5 979	5 301
Celkový počet letů	20 235	10 961	11 735	14 807	16 230	17 085	17 736	19 151	19 037

3.2.3. Cestovní doba

Cestování vlakem na krátkých až středně dlouhých trasách do 700 km se bere za optimální pro cesty trvající 2 a půl až 3 hodiny. Cesty vlakem trvající déle jsou poté méně konkurence-schopné oproti letecké dopravě. Větší cestovní doba vlakem může být vykompenzována častější frekvencí vlaku nebo nižšími cenami jízdenek [8].

Rozsáhlá železniční síť Francie je vidět na Obrázku 6. Zobrazuje kam až se lze dostat vlakem do 5 hodin cestovní doby. Středně oranžová barva zobrazující 3 hodiny dosahuje

z Paříže do okruhu až 300–400 km až na hranice na severu, východě a západě. Nejsvětlejší barva žluté zobrazuje dojezd do 5 hodin. Tato síť je rozsáhlejší, než je automobilová síť na Obrázku 7.



Obrázek 6 - Železniční spojení z nádraží Paříž Austerlitz pod pětihodinovou cestovní dobou [38]



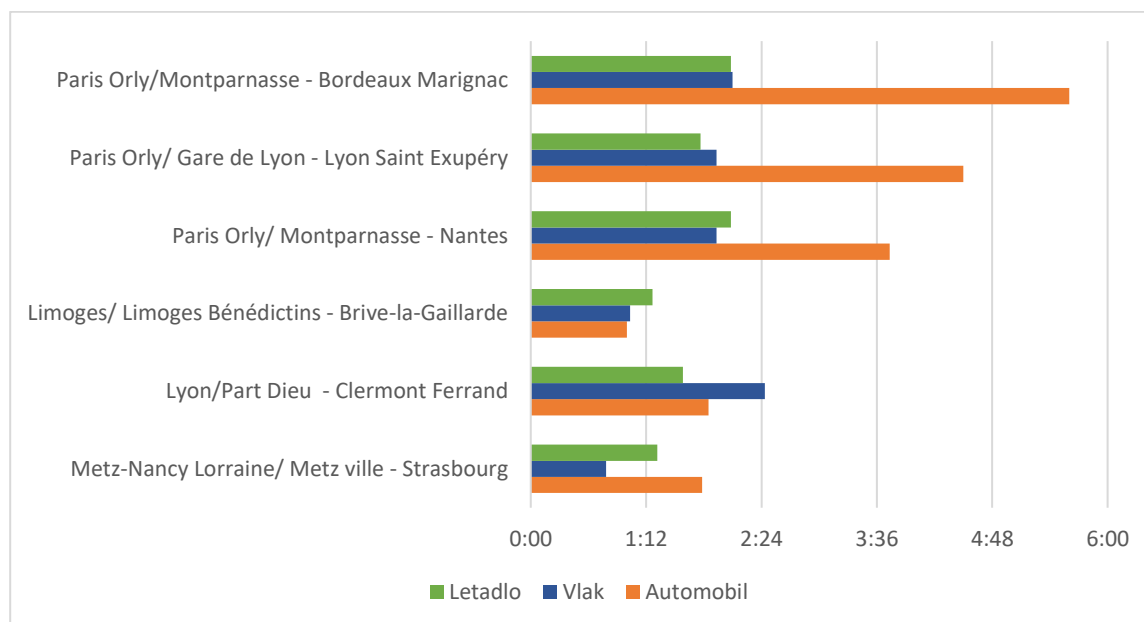
Obrázek 7 - Mapa dosahu pětihodinové cesty autem z Paříže [71]



Cestovní doba letadlem a vlakem na zrušených trasách z Paříže je srovnatelná. K délce letu se v tomto případě přičetla i hodina využitá na odbavení se na letišti a bezpečnostní kontrolu (Obrázek 8). Vzhledem k menší velikosti letišť je dle studie [72] jedna hodina adekvátní. Jízda vlakem je na trase Paříž – Nantes i nepatrně kratší než let, avšak záleží na rychlosti odbavení na letišti. U ostatních druhů dopravy je zohledněna „čistá cesta“ dopravním prostředkem s využitím Google Maps. Podmínkou zrušení leteckých tras byla odpovídající železniční infrastruktura z hlediska nabídky, spolehlivosti a pohodlí. V případě nezajištění odpovídajících služeb na železnici by došlo k přesunu k osobním automobilům, což by bylo kontraproduktivní kvůli vyšším emisím. Doba jízdy automobilem je u těchto prvních třech spojů dvojnásobná, a tak je pro cestujícího cesta autem znevýhodněna. Na rozdíl od jízdy vlakem a cestu letadlem je ale cestovní doba automobilem v Obrázku 8 a 9 „ode dveří ke dveřím“.

Další 3 spojení jsou od sebe méně vzdálená než předchozí spojení z Paříže. TGV neobsluhuje mezi Limoges a Brive-la-Gaillarde, jezdí zde Intercités a TER (Transport Express Régional). Cestovní doba mezi Limoges a Brive-la-Gaillarde je u všech dopravních prostředků podobná.

Mezi Lyonem a Clermont Ferrand jezdí také pouze regionální vlaky TER. Cestovní doba je proto vyšší. Mezi Metz a Štrasburkem naopak jezdí i TGV, v porovnání s letadlem a autem je jízda vlakem na této trase nejrychlejší.

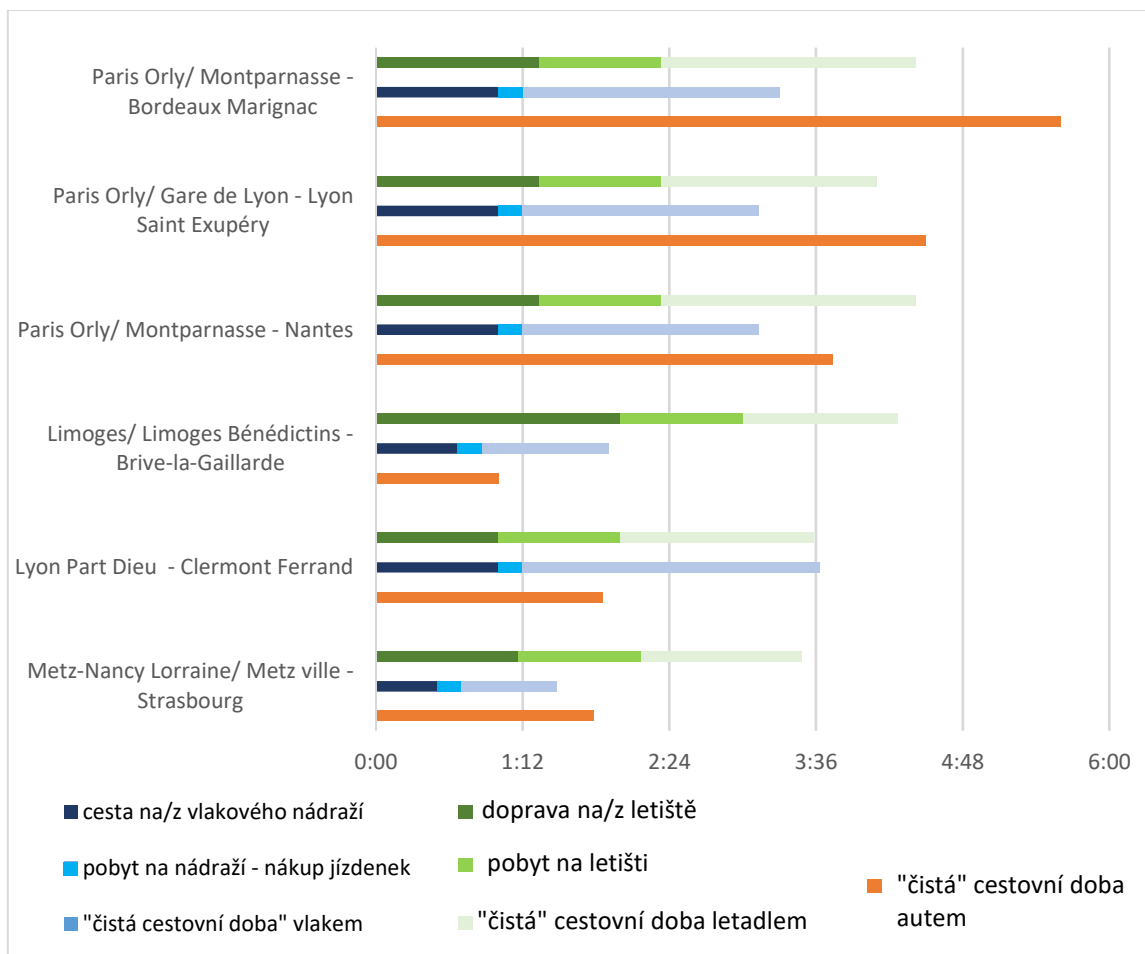


Obrázek 8 - Čistá cestovní doba automobilem, vlakem a letadlem



Komplexnější pohled na porovnání cestovní doby různými dopravními prostředky je na Obrázku 9. Zohledňuje nejenom dobu strávenou v dopravním prostředku, ale také čas využitý k přesunu a pobytu na nádraží či letišti. U letecké přepravy se jedná o tyto 3 části: doprava na a z letiště, pobyt na letišti tzn. odbavení a bezpečnostní kontrola a cesta letadlem. Jízda vlakem na Obrázku 9 zahrnuje dopravu na a z vlakového nádraží, pobyt na nádraží tzn. nákup jízdenek a přesun na nástupiště a cestu vlakem. U automobilu je již zahrnuta cesta „od dveřím ke dveřím“ tudíž se k ní nic nepřičítalo. Přesun na/z letiště či nádraží byl brán obousměrně z průměrných hodnot spojení dopravním prostředkem nebo autem z nebo do centra daného města. Tyto hodnoty jsou čerpány z Google Maps. Letiště se většinou nachází na okrajích měst, proto se brala hodnota cesty z centru města k letišti; naopak nádraží je většinou v centru měst, a tak se brala doba cesty na nádraží na okraj měst, který je hustěji obydlen. Pobyt na letišti pokrývá jedna hodina a pobyt na vlakovém nádraží 12 minut [73], což je statistický údaj z roku 2019 průměrného čekání na nádražích v Paříži.

Cestovní doba vlakem po vysokorychlostních tratích je u prvních třech spojení na Obrázku 9 nejmenší. Graf zobrazuje průměrné hodnoty a záleží také na mnoha faktorech. V těchto případech se při přesunu cestujících do vlaků nezmění cestovní doba k horšímu. U dalších třech spojení, které nevedou z Paříže, je cesta autem časově nejkratší z důvodu menších vzdáleností. V těchto případech nemá smysl provozování letecké dopravy, kdy obdobnou dobu automobilem může strávit cestující pouze cestou na a z letiště a odbavováním. Spojení Lyon s Clermont-Ferrand by mělo být obslouženo rychlejším vlakem než regionálním, aby bylo atraktivnější alternativou než cesta automobilem.



Obrázek 9 - Celková cestovní doba automobilem, vlakem a letadlem

3.3. Environmentální důsledky

Všechny druhy dopravy způsobují různě velké hodnoty uhlíkové stopy. Pro zjištění dopadů zavedení zákona je nutné porovnat uvolněné skleníkové plyny, které vznikají při spalování paliva a ostatních aktivit spojených s provozem. S použitím zmíněných nástrojů – GHG Protocol, Ecopassenger a metodikou od ministerstva jsou vypočteny hodnoty ekvivalentu CO₂ pro dopravu letadlem, vlakem a automobilem.

Ve výpočtu jsou použity vzdálenosti na zrušených trasách (Tabulka 20). Vzdálenost uletěná letadlem je jako u cestovní doby sesbírána z Flightera [59]; vzdálenost ujetá vlakem od evropského poskytovatele vlakového a autobusového spojení Trainline [74] a vzdálenost automobilem je odečtena z plánování tras v Google Maps.

Tabulka 20 - Vzdálenosti na zrušených trasách letecky, vlakem a autem

Trasa	Letecky	Vlakem	Autem
Paris Orly/Montparnasse/ Est - Bordeaux Mérignac/ St.Jean	493	499	585
Paris Orly – Lyon Saint Exupéry	391	391	465
Paris Orly/ Montparnasse/ Est – Nantes	344	342	385
Limoges – Brive-la-Gaillarde	94	79	94
Lyon /Part Dieu/Jean Mace – Clermont-Ferrand	140	135	168
Metz-Nancy Lorraine – Strasbourg	112	128	162

3.3.1. GHG Protocol a EcoPassenger

Oba nástroje (GHG Protocol a EcoPassenger) jsou použity na všechny tři druhy dopravy. GHG Protocol počítá jen s vloženými vzdálenostmi, již nezohledňuje lokalitu přepravy, což může způsobovat rozdíly u vlakové dopravy kvůli rozdílným emisním faktorům. EcoPassenger přímo pracuje s existujícími trasami v Evropě, nicméně některé z nich nebyly nástrojem letecky nalezeny. U obou nástrojů je zvolen automobilový provoz s benzínovým motorem.

Během výpočtu pomocí GHG Protocol (Tabulka 21) se z nabídky v Obrázku 10 a 11 jako přesnější druh dopravy vybral vnitrostátní let a vnitrostátní vlakové spojení; v případě automobilu je jako referenční automobil s benzínovým motorem. Emisní faktory vychází z dat Spojeného království nebo USA. Z této nabídky byl vybrán emisní faktor ze Spojeného království, jelikož provozně více odpovídá Francii, například z pohledu letecké dopravy mají podobné typy letounů.

Category	Emission Factor Dataset	Mode of Transport	Activity Type	Vehicle Type
Business Travel	UK DEFRA	Air	Passenger Distance	Air Travel - Domestic, to/from UK - Average passenger_RF
Business Travel	UK DEFRA	Rail	Vehicle Distance	National rail
Business Travel	UK DEFRA	Car	Distance	Average Car - Petrol

Obrázek 10 - Příklad výpočtu uhlíkové stopy z GHG Protocol

Amount of Activity Type	Units of Measurement	GHG Emissions					Biofuel CO ₂ (tonnes)	EF (kgCO ₂ e/unit)
		CO ₂ (tonnes)	CH ₄ (tonnes)	N ₂ O (tonnes)	CO ₂ e (tonnes)			
112	passenger-km	0,028398	1,344E-08	1,411E-07	0,028	0	0,25388726	
499	passenger-km	0,020344	3,493E-08	1,547E-07	0,020	0	0,04085411	
168	km	0,030264	5,324E-08	6,368E-08	0,030	0	0,29008593	

Obrázek 11 - Příklad výpočtu uhlíkové stopy z GHG Protocol (pokračování Obrázku 10)

Tabulka 21 - Porovnání uhlíkové stopy na zrušených spojení z přepravy letadlem, vlakem a autem – GHG Protocol

Letecké spojení	Letadlo CO ₂ e na os/let [kg]	Vlak CO ₂ e na os/jízdu [kg]	Auto CO ₂ e na os/jízdu [kg]
Paris Orly/Montparnasse/ Est - Bordeaux Mérignac/ St.Jean	125	20	105
Paris Orly – Lyon Saint Exupéry	99	16	84
Paris Orly/ Montparnasse/ Est- Nantes	87	14	84
Limoges – Brive-la-Gaillarde	24	3	17
Lyon /Part Dieu – Clermont-Ferrand	35	6	30
Metz-Nancy Lorraine - Strasbourg	28	5	29

V případě použití nástroje EcoPassenger (Tabulka 22) bylo zpřesněno toto nastavení:

- letadlo: průměrný load factor (normální obsazenost), CO₂ emissions without climate factor,
- Vlak: průměrný load factor (normální obsazenost), elektrická energie – národní výrobní mix,
- Auto: střední třída, benzínový motor EURO 4, průměrná evropská obsazenost 1,5 osoby.



Údaje mohou být v Tabulce 22 nepřesné u spojení Lyon – Clermont-Ferrand, protože Ecopassenger nepočítá s typem letounu Embraer E170, který je na tomto spojení. Na rozdíl od GHG Protocol jsou blíže adaptovány emisní faktory specifikacím Francie.

Tabulka 22 - Výpočet uhlíkové stopy pomocí Ecopassenger pro letadlo, vlak a auto

Letecké spojení	Letadlo CO ₂ e na os/let [kg] – WTW	Vlak CO ₂ e na os/cestu [kg] – WTW	Auto CO ₂ e na os/cestu [kg] – WTW
Paris Orly/Montparnasse/ Est - Bordeaux Mérignac/ St.Jean	117,2	16,4	80,4
Paris Orly – Lyon Saint Exupéry	95,6	13,3	67,3
Paris Orly/ Montparnasse/ Est- Nantes	135,3	6,4	58,5
Limoges – Brive-la-Gaillarde	-	0,93	14,5
Lyon /Part Dieu – Clermont-Ferrand	80,2	6	23,2
Metz-Nancy Lorraine - Strasbourg	-	3,2	21,8

Hodnoty z GHG Protocol jsou obecně vyšší až o 20 % než hodnoty z Ecopassenger. Nicméně oba nástroje značí nejvyšší uhlíkovou stopu z přepravy letadlem. Emise se vytváří zejména při vzletu kvůli vysoké spotřebě paliva a hmotnosti letadla a během letu v cestovní hladině jsou nižší. Pokud se jedná o krátký let, je tento poměr vyšších emisí ze vzletu oproti letu v cestovní hladině vyšší. Naopak emise z pozemní dopravy se přímo úměrou zvyšují s ujetou vzdáleností. Nejnižší uhlíkovou stopu na těchto letech má železniční doprava.

3.3.2. Metodika dle Ministerstva pro životní prostředí ve Francii a ADEME

Jelikož je tento postup aplikován u francouzských dopravců všech druhů dopravy a počítá s aktuálními hodnotami spotřeby, emisních faktorů, vzdáleností, je tato metodika v této práci vybrána jako referenční. Použité faktory níže vychází z metodiky od ministerstva.

Emisní faktory [17]:

- Letecká doprava: Jet A-1 3,075 kg CO₂e/l
- Železniční doprava: elektrický pohon 0,048 kg CO₂e/kWh
- Dieselový pohon 3,17 kg CO₂e/l



- Automobil:	benzínový pohon	2,8 kg CO ₂ e/l
	Dieselový pohon	3,16 kg CO ₂ e/l

Spotřeba paliva/energie [17]:

- Letecká doprava:			
	Jet A-1 pro 0-1000 km	51-100 sedaček	0,061 l/km/pax
	Jet A-1 pro 0-1000 km	101-180 sedaček	0,046 l/km/pax
	Jet A-1 pro 0-1000 km	181-250 sedaček	0,038 l/km/pax
- Železniční doprava:			
	TGV elektricky poháněné	285 sedaček	20,0 kWh/km
	TER dieselový pohon	68 sedaček	1,7 l/km
- Automobilová doprava:			
	Spalovací zážehový motor		6,8 l/km

Nicméně zjištěný typ vlaku na zrušených trasách má jiný počet sedaček, proto se spotřeba energie na vlak musela v této práci upravit.

TGV: $20 / 285 = 0,0702$ kWh/km/sedačku

TER: $1,7 / 68 = 0,025$ l/km/sedačku

Výpočet pro letecká spojení

První tři letecká spojení z Paris Orly jsou automaticky vypočtena dle kalkulačky TARMAAC, další spojení využívají vzorec (8) vytvořený Ministerstvem a Úřadem pro civilní letectví, jelikož tato spojení nejsou kalkulačkou nalezena. (5) Údaje o vzdálenostech letů a kapacitách letadel jsou získány z databáze letových spojení Flightera.net, průměrná spotřeba energie je dle dat z metodologie GHG information for transport services od Úřadu pro civilní letectví Francie (hodnoty jsou rozlišeny dle uletěné vzdálenosti a počtu sedaček) [17]. Emisní faktor pro paliva JET A1 je uveden v TARMAAC nástroji. [75] Obsazenost letadla se odečte díky průměrné hodnotě load factor ze statistik Air France. [76]

Pro 4. – 6. letové spojení z Tabulky 23 se použije tento vzorec (8), který je zmíněn v metodice. GHG ve výpočtu značí uhlíkovou stopu v jednotkách CO₂e jakožto celkové množství skleníkových plynů uvolněných v atmosféře.



$$GHG = (\text{energy source consumption rate}) \times (\text{distance}) \times (\text{emission factor}) \quad (8)$$
$$\times \frac{(\text{number of units transported for the service})}{(\text{number of units in the means of transport})}$$

Výpočet pro Limoges – Brive-la-Gaillarde:

- Vzdálenost letadlem: 94 km
- Energy consumption rate: 0,061 l/km/pax
- Kapacita letadla: 102
- Průměrný počet přepravných cestujících: $102 * 0,83 = 85$
- Emission factor pro JET A1: 3,075 kg CO₂e/l

$$GHG = 0,061 \times 94 \times \frac{85}{102} \times 3,075 = 14,7 \text{ kg CO}_2\text{e na let}$$

Výpočet Lyon – Clermont-Ferrand:

- Vzdálenost letadlem: 140 km
- Energy consumption rate Embraer E170: 0,061 l/km/pax
- Kapacita letadla: 76
- Průměrný počet přepravných cestujících: $76 * 0,83 = 63$
- Emission factor pro JET A1: 3,075 kg CO₂e/l

$$GHG = 0,061 \times 140 \times \frac{63}{76} \times 3,075 = 21,8 \text{ kg CO}_2\text{e na let}$$

Výpočet Metz-Nancy Lorraine – Strasbourg:

- Vzdálenost letadlem: 112 km
- Energy consumption rate B737-800: 0,038 l/km/pax
- Kapacita letadla: 189
- Průměrný počet přepravných cestujících: $189 * 0,83 = 157$
- Emission factor pro JET A1: 3,075 kg CO₂e/l

$$GHG = 0,038 \times 112 \times \frac{157}{189} \times 3,075 = 10,9 \text{ kg CO}_2\text{e na let}$$



Výpočet pro vlaková spojení

Pro výpočet emisí z jízdy vlakem se použije stejný vzorec jako pro leteckou dopravu:

$$GHG = (\text{energy source consumption rate}) \times (\text{distance}) \times (\text{emission factor}) \quad (9) \\ \times \frac{(\text{number of units transported for the service})}{(\text{number of units in the means of transport})}$$

Údaje o průměrné spotřebě elektrické energie nebo nafty v případě dieselového pohonu a údaje o emisním faktoru jsou získané z hodnot pro Francii v metodice jako v letecké dopravě [17]. Pro zjištění počtu přepravených cestujících na trase jsou využity hodnoty o kapacitách souprav a průměrném load factoru dle typů vlaků. Průměrný load factor je zjištěn z Dopravního regulačního úřadu Francie (Autorité de régulation des transports ART), které jsou pro TGV 70 % a pro TER 26 % [18].

Paris Montparnasse – Bordeaux:

- Vzdálenost: 499 km
- Průměrná spotřeba energie u TGV: 0,0702 kWh/km/sedačku
- Kapacita vlakové soupravy (number of units in the means of transport): 516
- Number of units transported for the service: $516 \cdot 0,7 = 361$
- Emisní faktor: 0,048 kg CO₂e/kWh

$$GHG = 0,0702 \times 499 \times \frac{361}{516} \times 0,048 = 1,18 \text{ kg CO}_2 \text{ e/cestu}$$

Paris Gare de Lyon – Lyon:

- Vzdálenost: 391 km
- Průměrná spotřeba energie u TGV: 0,0702 kWh/km/sedačku
- Kapacita vlakové soupravy (number of units in the means of transport): 516
- Number of units transported for the service: 361
- Emisní faktor: 0,048 kg CO₂e/kWh

$$GHG = 0,0702 \times 391 \times \frac{361}{516} \times 0,048 = 0,92 \text{ kg CO}_2 \text{ e/cestu}$$



Paris Montparnasse – Nantes:

- Vzdálenost: 342 km
- Průměrná spotřeba energie u TGV: 0,0702 kWh/km/sedačku
- Kapacita vlakové soupravy (number of units in the means of transport): 516
- Number of units transported for the service: 361
- Emisní faktor: 0,048 kg CO₂e/kWh

$$GHG = 0,0702 \times 342 \times \frac{361}{516} \times 0,048 = 0,81 \text{ kg CO}_2 \text{ e/cestu}$$

Limoges Bénédictins – Brive-la-Gaillarde:

- Vzdálenost: 79 km
- Průměrná spotřeba energie u TER: 0,025 l/km/sedačku
- Kapacita vlakové soupravy (number of units in the means of transport): 411
- Number of units transported for the service: 411 * 0,26 = 107
- Emisní faktor: 3,17 kg CO₂e/kWh

$$GHG = 0,025 \times 79 \times \frac{107}{411} \times 3,17 = 1,63 \text{ kg CO}_2 \text{ e/cestu}$$

Lyon Part Dieu – Clermont-Ferrand:

- Vzdálenost: 135 km
- Průměrná spotřeba energie u TER: 0,025 l/km/sedačku
- Kapacita vlakové soupravy (number of units in the means of transport): 150
- Number of units transported for the service: 107
- Emisní faktor: 3,17 kg CO₂e/kWh

$$GHG = 0,025 \times 135 \times \frac{107}{150} \times 3,17 = 7,63 \text{ kg CO}_2 \text{ e/cestu}$$

Metz Ville – Strasbourg:

- Vzdálenost: 128 km
- Průměrná spotřeba energie u TGV: 0,0702 kWh/km/sedačku
- Kapacita vlakové soupravy (number of units in the means of transport): 509
- Number of units transported for the service: 509 * 0,7 = 356
- Emisní faktor: 0,048 kg CO₂e/kWh



$$GHG = 0,0702 \times 128 \times \frac{356}{509} \times 0,048 = 0,3 \text{ kg } CO_2 e/cestu$$

Výpočet pro automobil

Shodně s GHG Protocol a Ecopassenger je také v tomto výpočtu použit automobil s benzínovým motorem. Způsobená uhlíková stopa během celkového cyklu Well-To-Wheel i s výrobou, distribucí a provozem je zjištěná násobkem vzdálenosti, průměrné spotřeby a emisního faktoru.

- Průměrné hodnoty: emisní faktor: 2,8 kg CO₂e/l [10]
spotřeba: 6,8 l/ 100 km [77]

1. Paris – Bordeaux Mérignac:

$$GHG = vzdálenost \times spotřeba \times emisní faktor = 585 \times \frac{6,8}{100} \times 2,8 = 111,4 \text{ kg } CO_2 e/cestu$$

2. Paris – Lyon Saint Exupéry:

$$GHG = 465 \times \frac{6,8}{100} \times 2,8 = 88,5 \text{ kg } CO_2 e/cestu$$

3. Paris – Nantes:

$$GHG = 385 \times \frac{6,8}{100} \times 2,8 = 73,3 \text{ kg } CO_2 e/cestu$$

4. Limoges – Brive-la-Gaillarde:

$$GHG = 94 \times \frac{6,8}{100} \times 2,8 = 17,9 \text{ kg } CO_2 e/cestu$$

5. Lyon – Clermont-Ferrand

$$GHG = 168 \times \frac{6,8}{100} \times 2,8 = 32 \text{ kg } CO_2 e/cestu$$

6. Metz-Nancy Lorraine – Strasbourg:

$$GHG = 162 \times \frac{6,8}{100} \times 2,8 = 30,8 \text{ kg } CO_2 eq e/cestu$$



Tabulka 23 - Výsledné emise skleníkových plynů z letecké, železniční a automobilové dopravy dle výpočtu Ministerstva pro životní prostředí ve Francii a ADEME

Trasa	Letadlo CO₂e na os/let [kg] – well-to- wheel	Vlak CO₂e na os/cestu [kg] – well-to-wheel	Automobil CO₂e na cestu [kg] – well-to- wheel
Paris Orly/Montparnasse/ Est - Bordeaux Mérignac/ St.Jean	89,5	1,18	111,4
Paris Orly – Lyon Saint Exupéry	77,7	0,92	88,5
Paris Orly/ Montparnasse/ Est- Nantes	49,9	0,81	73,3
Limoges – Brive-la-Gaillarde	14,7	1,63	17,9
Lyon /Part Dieu – Clermont-Ferrand	21,8	7,63	32
Metz-Nancy Lorraine - Strasbourg	10,9	0,3	30,8

Tabulka 23 porovnává uhlíkovou stopu různých druhů dopravy na šesti zrušených letech s využitím metodiky ministerstva. Uhlíková stopa automobilu převyšuje stopu vypouštěnou letadlem. Rozdíl nízkých hodnot z železniční dopravy oproti jiným druhům dopravy ve Francii je velký díky elektrifikované železniční síti, která je zásobována nízkouhlíkovou elektrickou energií. Vyšší hodnoty 7,63 kg CO₂e na osobu je emitováno na cestě z Lyonu do Clermont-Ferrandu, jelikož na této trati jezdí dieselový vlak TER.

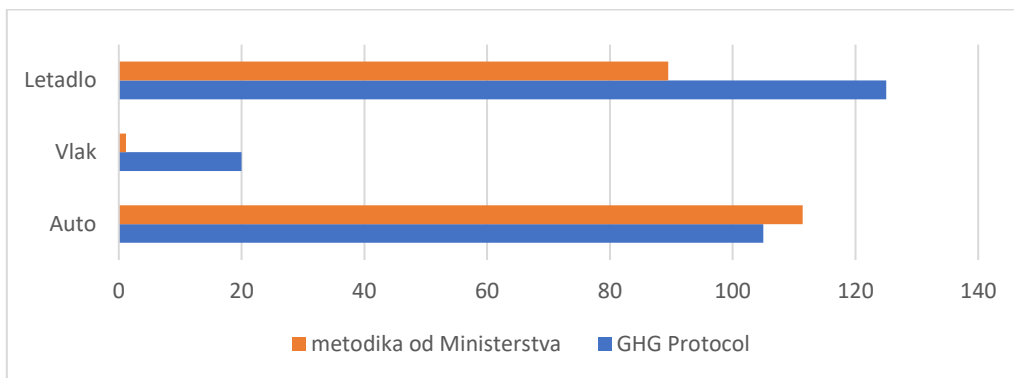
3.3.3. Porovnání nástrojů na výpočet uhlíkové stopy

Po nalezení vhodných nástrojů na výpočet uhlíkové stopy, po jejich popisu a použití na přepravu leteckou, vlakovou a automobilovou je třeba porovnat výsledky a zvolit vhodný nástroj jako referenční. Kvůli nenalezení leteckých spojení v databázi byl vyřazen výpočet dle ICEC od ICAO a Ecopassenger, který neobsahuje typy letadel, které byly zavedeny na zrušených letech.

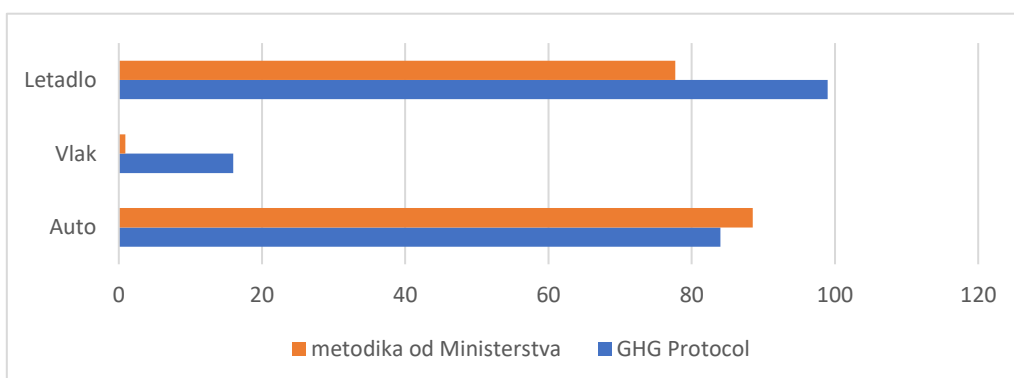
Vhodnějšími nástroji se zdá GHG Protocol nebo metodika od ministerstva a ADEME, která upravuje hodnoty a emisní faktory dle provozu a statistických údajů o francouzské dopravě. GHG Protocol je také vhodným nástrojem kvůli všestrannému použití a světovému rozšíření. Rozdíl mezi nimi je také například znatelný u vzorců výpočtu; u GHG Protocol odpovídá emisní faktor uhlíkové stopě na jednotky vzdálenosti, u francouzské metodiky je emisní faktor ve vzorci na jednotku spotřebované energie/paliva. Uhlíková stopa automobilu

vychází z obou výpočtů shodně vzhledem k univerzálnímu typu automobilu s podobnou spotřebou paliva. U železniční dopravy vychází hodnoty z GHG Protocol vyšší než od ministerstva. GHG Protocol v tomto případě nezohledňuje francouzský emisní faktor zdroje elektrické energie pro pohon vlaků, proto jsou přesnější hodnoty dle výpočtu od ministerstva. Rozdílná je uhlíková stopa u letecké přepravy. Důvodem může být nepřesné použití letadlové flotily, a tudíž emisního faktoru u GHG Protocol výpočtu. Výrazným projevem je rozdíl na trase Metz Nancy Lorraine do Strasbourgu. Jedná se o krátký let (112 km), kde může být zvolen odpovídající typ letadla na krátké tratě, nicméně ve skutečnosti létal na této trati Boeing B737-800.

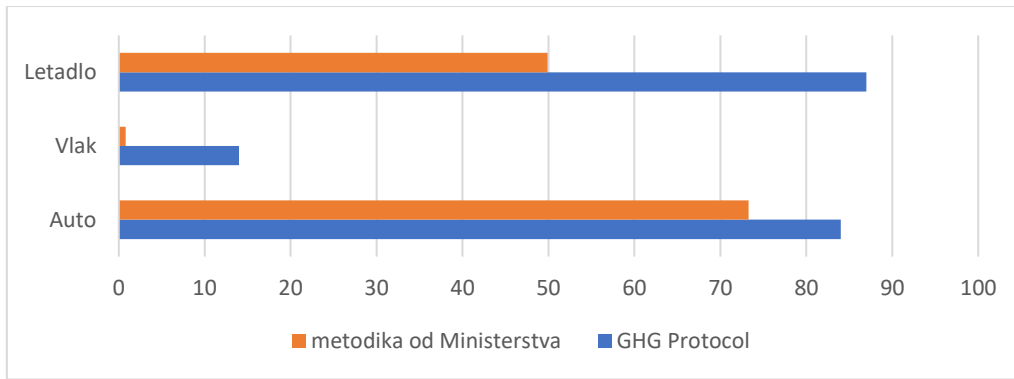
Z výše zmíněných důvodů jsou dále zpracovány hodnoty uhlíkové stopy pomocí výpočtu dle ministerstva ve Francii. Hodnoty nejvíce odpovídají reálným hodnotám na daných spojeních ve všech druzích dopravy.



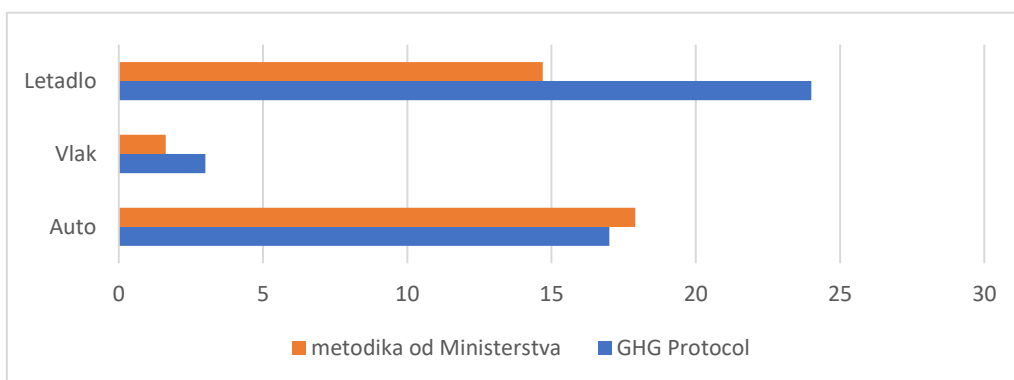
Obrázek 12 - Uhlíková stopa [kg CO₂e] na trase Paris Orly/Montparnasse/Est - Bordeaux Mérignac/ St. Jean



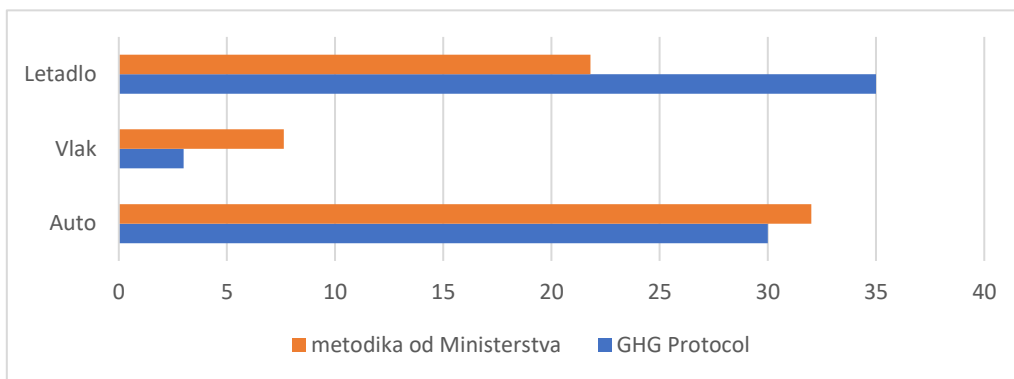
Obrázek 13 - Uhlíková stopa [kg CO₂e] na trase Paris Orly/ Gare de Lyon - Lyon Saint Exupéry



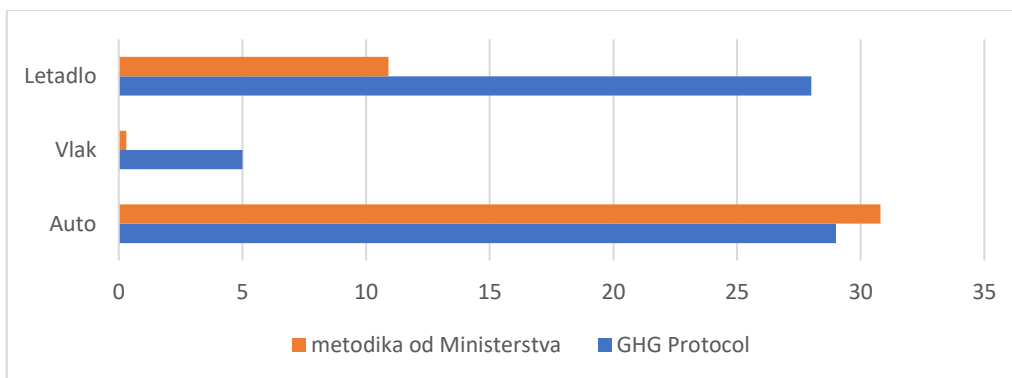
Obrázek 14 - Uhlíková stopa [kg CO₂e] na trase Paris Orly/Montparnasse/Est - Nantes



Obrázek 15 - Uhlíková stopa [kg CO₂e] na trase Limoges - Brive-la-Gaillarde



Obrázek 16 - Uhlíková stopa [kg CO₂e] na trase Lyon Part Dieu - Clermont-Ferrand



Obrázek 17 - Uhlíková stopa [kg CO₂e] na trase Metz-Nancy Lorraine/ Metz ville - Strasbourg

3.4. Snížení uhlíkové stopy jako důsledek zrušených letů

Množství uvolněné uhlíkové stopy za jednotlivé lety vypočítané dle metodického návodu od ministerstva je dále níže zpracováno v podobě celkových ročních hodnot. Ekvivalent CO₂ z Tabulky 23 je vynásoben počtem cestujících, resp. počtem sedaček (uvažujeme scénář s maximální obsazeností a tím pádem s největší uhlíkovou stopou) a počtem letů obousměrně za rok (Tabulka 24). Roční počet pohybů je zaznamenán v Eurostat.

Tabulka 24 - Množství uhlíkové stopy za rok 2019 na zrušených letech

Letecké spojení	Letadlo CO ₂ e os/let [kg] – WTW	Kapacita 1 letadla [počet sedaček]	Počet letů za rok 2019 obousměrně	Roční emise CO ₂ e za 2019 [t]
ORY – BOD	89,5	138	5 770	71 265
ORY – LYS	77,7	122	1 905	18 058,3
ORY – NTE	49,9	64	1 810	5 780,4
LFBL – LFSL	14,7	102	104	155,9
LFLL – LFLL	21,8	76	104	172,3
LFJL - LFST	10,9	189	416	857

Pro Paris Orly – Bordeaux:

$$\begin{aligned}
 & \text{Roční CO}_2\text{e za všechny lety na dané trase} \\
 & = \text{CO}_2\text{e na } \frac{\text{os}}{\text{let}} \times \text{počet cestujících v 1 letadle} \times \text{počet letů} \\
 & = 0,0895 \times 138 \times 5770 = 71\,265 \text{ t CO}_2\text{e}
 \end{aligned}$$



Paris Orly – Lyon:

$$\begin{aligned} \text{Roční } CO_2e \text{ za všechny lety na dané trase} &= CO_2e \text{ na } \frac{os}{let} \times \text{počet cestujících v 1 letadle} \\ &\times \text{počet letů} = 0,0777 \times 122 \times 1905 = 18\,058,3 \text{ t } CO_2e \end{aligned}$$

Paris Orly – Nantes:

$$\begin{aligned} \text{Roční } CO_2e \text{ za všechny lety na dané trase} \\ &= CO_2e \text{ na } \frac{os}{let} \times \text{počet cestujících v 1 letadle} \times \text{počet letů} \\ &= 0,0499 \times 64 \times 1810 = 5\,780,4 \text{ t } CO_2e \end{aligned}$$

Limoges – Brive-la-Gaillarde:

$$\begin{aligned} \text{Roční } CO_2e \text{ za všechny lety na dané trase} &= CO_2e \text{ na } \frac{os}{let} \times \text{počet cestujících v 1 letadle} \\ &\times \text{počet letů} = 0,0147 \times 102 \times 104 = 155,9 \text{ t } CO_2e \end{aligned}$$

Lyon - Clermont-Ferrand:

$$\begin{aligned} \text{Roční } CO_2e \text{ za všechny lety na dané trase} \\ &= CO_2e \text{ na } \frac{os}{let} \times \text{počet cestujících v 1 letadle} \times \text{počet letů} = 0,0218 \times 76 \times 104 \\ &= 172,3 \text{ t } CO_2e \end{aligned}$$

Metz-Nancy Lorraine – Strasbourg:

$$\begin{aligned} \text{Roční } CO_2e \text{ za všechny lety na dané trase} &= CO_2e \text{ na } \frac{os}{let} \times \text{počet cestujících v 1 letadle} \\ &\times \text{počet letů} = 0,0109 \times 189 \times 416 = 857 \text{ t } CO_2e \end{aligned}$$

Zrušení letů způsobilo změnu v uvolněné uhlíkové stopě. Změna je popsána z pohledu ročního množství uvolněného ekvivalentu CO_2 z letecké dopravy. Poslední data o pravidelných linkách těchto zrušených letů jsou z roku 2019, proto při porovnání jsou použity statistické hodnoty z tohoto roku. Celková letecká doprava ve Francii a jejích zámořských oblastech vyprodukovala v roce 2019 24,2 milionů tun ekvivalentu CO_2 , z nichž 27,7 % (5 milionů tun) způsobily vnitrostátní lety (Tabulka 25).

Podle dat s využitím výpočtu dle ministerstva a dat z Eurostatu lze usoudit, že 6 zrušených leteckých linek ve Francii „ušetří“ až 96,2 tisíc tun ekvivalentu CO_2 . Hodnota je vypočtena jako součet ročního množství ekvivalentu CO_2 na těchto trasách (Tabulka 24):

$$71\,265 + 18\,058,3 + 5\,780,4 + 155,9 + 172,3 + 857 = 96\,288,2 \text{ t } CO_2e$$



96,3 tisíc tun ekvivalentu CO₂ představuje asi 0,4 % z celkových emisí z letecké dopravy ve Francii (tj. 24,2 milionů tun CO₂e [48]). Při porovnání jen s vnitrostátní leteckou dopravou ve Francii (5 milionů tun CO₂e [48]) se zmenší uhlíková stopa o 1,9 %. Pohledem na celkové emise ve Francii ze všech sektorů znečišťovatelů (422 milionů tun CO₂e [48]) se zrušenými lety sníží uhlíková stopa o 0,02 % (Tabulka 25).

Tabulka 25 - Roční uhlíková stopa letecké dopravy ve Francii a procentní vyjádření zrušených leteckých linek

	Mt CO ₂ e/rok			Podíl 43 zrušených linek na uhlíkové stopě (hranice 5 hodin)	Podíl 6 zrušených linek na uhlíkové stopě (hranice 2,5 hodin)
	2018	2019	2020	2019	2019
Mezinárodní letecká doprava ve Francii	18,3	19,2	8,1	6,7 %	0,5 %
Vnitrostátní letecká doprava ve Francii	4,9	5,0	3,1	25,7 %	1,9 %
Letecká doprava celkem ve Francii	23,2	24,2	11,2	5,3 %	0,4 %
Celková uhlíková stopa ve Francii	429	422	379	0,3 %	0,02 %

Při sestavování zákona se také uvažovalo nad vyšší hranicí cestovní doby po železnici ke zrušeným letům. V případě posunutí až na 5 hodin by byly zahrnuty nejvíce vytížené lety ve Francii (Paris – Toulouse, Paris – Marseille). Jednalo by se o 37 leteckých spojení (Tabulka 26), které stále v roce 2022 existují. K nim by samozřejmě patřilo i zmíněných 6 zrušených spojení s 2 a půl hodinami cestovní doby. V Tabulce 26 jsou zaznamenány na 1 řádku odlety a přílety z/do obou letiště Orly i Charles de Gaulle anebo jen z/do jednoho z nich.

Vynásobením CO₂e na os/let s kapacitou 1 letadla a počtem letů za rok 2022 obousměrně vyjde celková roční uhlíková stopa. Kdyby se zrušilo těchto dalších 37 letů, ušetřilo by se 1 187 386 tun CO₂e za rok. S již zrušenými lety by nevzniklo 1 283 674,2 tun CO₂e. Přínosem pro klima by bylo o 25,7 % nižší emise v porovnání s vnitrostátní leteckou dopravou ve Francii, o 5,3 % nižší z celkové letecké dopravy ve Francii a o 0,3 % nižší ze všech emisí ve Francii (Tabulka 25).



Tabulka 26 - Seznam leteckých spojení, které by byly zrušeny, kdyby se posunul limit cestovní doby na 5 hodin

Letecké spojení	CO ₂ e na os/let [kg]	Kapacita 1 letadla [počet sedaček]	Počet letů za rok 2022 obousměrně	Roční emise CO ₂ e za 2022 [t]
Paris ORY+CDG – Biarritz	95,7	189	4888	88410,7
Paris ORY + CDG – Brest	82,3	189	2704	42059,9
Paris ORY – Brive	117,4	49	936	5384,4
Paris CDG – Clermont-Ferrand	95,5	100	2080	19864
Paris ORY – Limoges	51,5	19	832	814,1
Paris ORY+ CDG – Marseille	95,5	178, 131, 212, 142	13208	209071,1
Paris ORY + CDG - Montpellier	93,5	189, 186	6968	122157,8
Paris CDG – Bale/Mulhouse	93,5	18	1872	3150,6
Paris ORY+ CDG - Pau	105,9	189	3432	68691,8
Paris ORY – Quimper	99,8	46	832	3819,5
Paris CDG – Rennes	82,7	100	1352	11181,0
Paris ORY + CDG – Toulouse	76,5	186, 138, 212, 156	23920	316569,2
Paris CDG - Toulon	131,9	189, 186	2808	69445,4
Paris ORY – La Rochelle	68,2	72	728	9309,3
Lyon – Nantes	85,3	186, 178, 156	3640	53818,6
Lyon – Toulouse	72,5	156, 100, 186	3640	38881,3
Bordeaux – Lille	109,4	156	1352	23073,8



Lille – Marseille	117,6	189	1040	23115,5
Lyon – Nice	44,2	100, 178	1248	7667,5
Bordeaux – Strasbourg	87,8	150	520	6848,4
Bordeaux - Toulouse	33	96	320	988,4
La Rochelle - Poitiers	45,1	40	416	750,5
Lille - Montpellier	90,1	156	208	2923,6
Lille – Lyon	120,1	76	936	8543,4
Lille – Nantes	103,0	186, 156	312	5495,3
Lyon - Rennes	98,7	186, 76	1664	21515,0
Lyon - Poitiers	56,0	70	416	1630,7
Lyon - Strasbourg	84,1	100,76	1560	11545,2
Lyon - Marseille	39,7	100	1872	7431,8
Lyon – Metz-Nancy	102,7	19	208	405,9
Marseille – Toulouse	62,1	19	2392	2822,3
Celková uhlíková stopa z 37 zrušených letů	2641,3	-	-	1 187 386



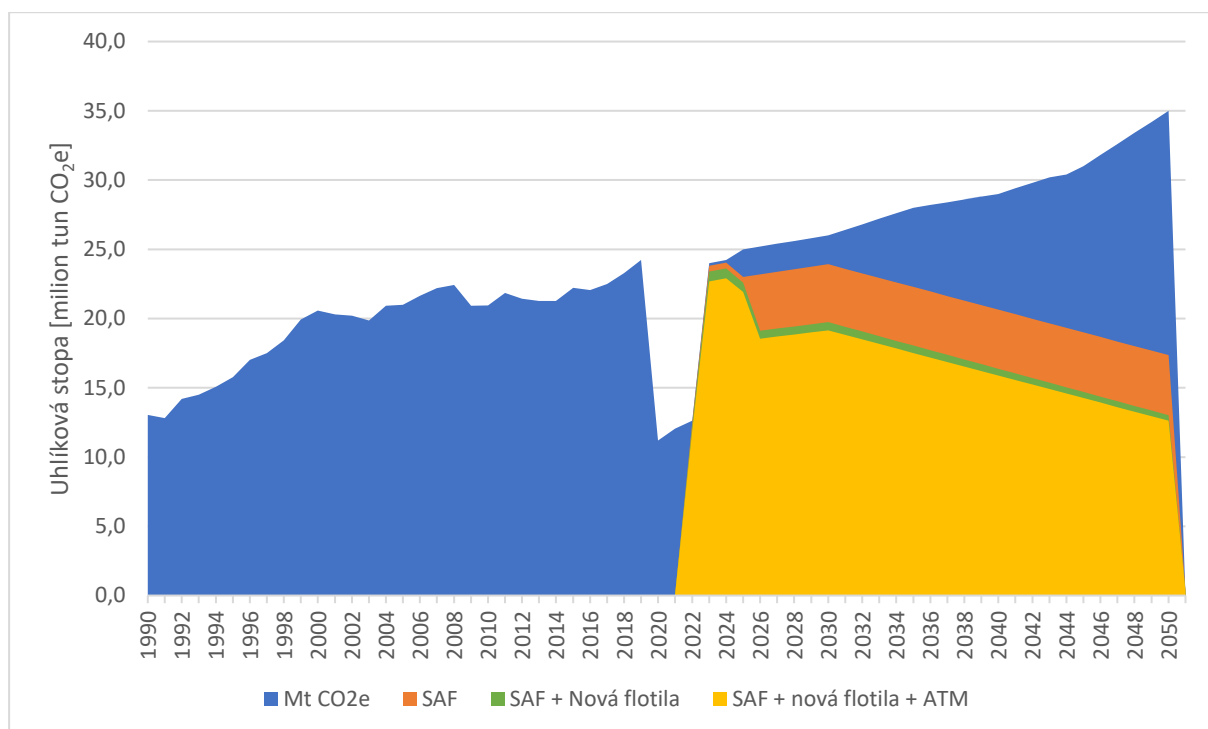
4. Předpoklady vývoje uhlíkové stopy

S narůstajícím leteckým provozem v následujících letech se bude také zvyšovat množství uvolněných skleníkových plynů. Dle dat od ICAO se dosavadní letošní provoz letecké dopravy (do srpna 2022) na světě navrátil na „před-pandemickou“ úroveň z roku 2019 již z 80 % [78]. Úplná obnova provozu se očekává v roce 2023 [78]. ICAO a další organizace vytváří plány a možné scénáře vývoje, jehož výsledkem má být uhlíková neutralita do roku 2050. Francouzské plány jsou aplikovány na určené zrušené vnitrostátní lety, aby se dalo přezkoumat jejich znovu obnovení i po zavedení určitých opatření. Při vytváření programů počítá Air France s veškerými emisemi (WTW), které jsou spojeny s provozem [46]. Plánovaná opatření Francie jsou shrnuta níže [55]:

1. Modernizace flotily (A220, A350)
 - Do roku 2030 bude 70 % flotily zmodernizované, které má o 25 % nižší emise.
 - Do roku 2050 bude kompletně nová flotila, které má o 25 % nižší emise.
2. Udržitelné letecké palivo
 - Do roku 2030 bude 10% příměs SAF, které má o 80 % nižší emise.
 - Do roku 2050 bude 63% příměs SAF, které má o 80 % nižší emise.
3. ATM, utilizace provozu
 - o 3 % méně emisí.

Tyto plány dekarbonizace jsou využity z celkového pohledu vývoje uhlíkové stopy ve Francii, kde se předpokládá neustálý nárůst dopravy tzn. nárůst uhlíkové stopy. Během třicetiletého období od roku 1990 do roku 2019 se ekvivalent CO_2 z leteckého sektoru ve Francii zdvojnásobil a v roce 2019 způsobil 24,2 milionů tun CO_2e (Obrázek 18). Trend růstu je mírnější během 2002-2019 než 1990-2002. Následně v roce 2020 klesl na 11,2 milionů tun kvůli omezení dopravy. Předpoklad růstu uhlíkové stopy bez zavedení opatření je dále očekávaný od roku 2023 do roku 2050, který je hraniční pro zvyšování uhlíkové stopy. V Obrázku 18 je oranžově vyznačené zmírnění díky zavedení udržitelného letecké paliva, díky kterému se předpokládá pokles uhlíkové stopy v roce 2050 na polovinu (17 milionů tun CO_2e). Obměnou flotily dojde k další redukci (zeleně) a se třetím opatřením, a to změnou v air traffic managementu lze způsobit snížení až na 13 milionů tun, které odpovídá stavu v roce 1990. V roce 2030 by měla uhlíková stopa klesnout na 19,1 milionů tun, oproti roku 2019 (24,2 milionů tun) je to redukce o 21 %. Air France ve svých plánech zmínila cíl poklesu o 12 % do roku 2030 vzhledem k 2019 [55].

Uhlíková neutralita je komplexní pojem, který zahrnuje nejen prostředky ke zmírnění uvolňování emisí například změnou zdrojů, ale také kompenzace zbylých emisí, na které nejsou v tuto dobu omezující prostředky, tzv. offsetting. Air France například podporuje zalesňování a výstavbu stromů v různých částech světa nebo podílí se na boji proti odlesňování. Omezuje také používání plastů na svých palubách [55]. Kompenzace mají zákonem povinné provozovatele vnitrostátní letecké dopravy a od roku 2027 budou povinné v rámci CORSIA u všech letů. Díky těmto vyrovnávacím projektům lze například absorbovat CO₂ a tím dále snížit uhlíkovou stopu z 13 milionů tun v roce 2050 a tím se přiblížit nule. A tak by se docílilo uhlíkové neutrality, která je právě vyvážení mezi uvolňovanými emisemi a zachycováním CO₂.



Obrázek 18 - Vývoj uhlíkové stopy ve Francii s predikcí do roku 2050 po zavádění environmentálních opatření [Mt CO₂e]

Kromě komplexního pohledu je provedeno aplikování opatření na vybrané vnitrostátní lety, které byly zrušené. Otázkou může být, zda je poté možný návrat těchto letů do provozu. Hodnoty uhlíkové stopy vychází z výpočtů dle metodiky ministerstva. Aktuálně se SAF kvůli certifikaci přimíchává do kerosinu z 50 % [79]. Air France plánuje do roku 2050 zastoupení SAF až ze 63 % celkového paliva. Uhlíková stopa je při započítání celého životního cyklu výroby SAF až o 80 % nižší než u leteckého paliva.



Tabulka 27 - Uhlíková stopa po využití „zelených technologií“

Letecké spojení	Uhlíková stopa na letu bez zavedení „zelených politik“	Po použití SAF (-80 %) při mixu 63 %	Po modernizaci flotily (-25 %)	Po změnách procesů před a během letu (-3 %)
	Jednotka: kg CO ₂ e na os/let			
Paris Orly - Bordeaux Mérignac	89,5	44,4	33,3	32,3
Paris Orly - Lyon Saint Exupéry	77,7	38,5	28,9	28,0
Paris Orly - Nantes	49,9	24,8	18,6	18,0
Limoges - Brive-la-Gaillarde	14,7	7,3	5,5	5,3
Lyon - Clermont-Ferrand	21,8	10,8	8,1	7,9
Metz-Nancy Lorraine - Strasbourg	10,9	5,4	4,1	3,9

Příklad výpočtu je uveden pro první let Paris Orly – Bordeaux (Tabulka 27). Po použití SAF bude uhlíková stopa následující:

$$(89,5 \times 0,37) + (89,5 \times 0,63 \times 0,2) = 44,4 \text{ kg CO}_2\text{e na os/let}$$

37 % tvoří letecké palivo a 63 % tvoří SAF. Násobení 0,2 je kvůli 80% snížení uhlíkové stopy.

Dále se plánuje modernizace flotily na letadla s efektivnějším provozem motorů apod. Uhlíková stopa pak bude takováto:

$$44,4 \times 0,75 = 33,3 \text{ kg CO}_2\text{e na os/let}$$

Změny v pojiždění a trasách letů způsobí snížení spalování paliva a také nižší uhlíkovou stopu:

$$33,3 \times 0,97 = 32,3 \text{ kg CO}_2\text{e na os/let}$$

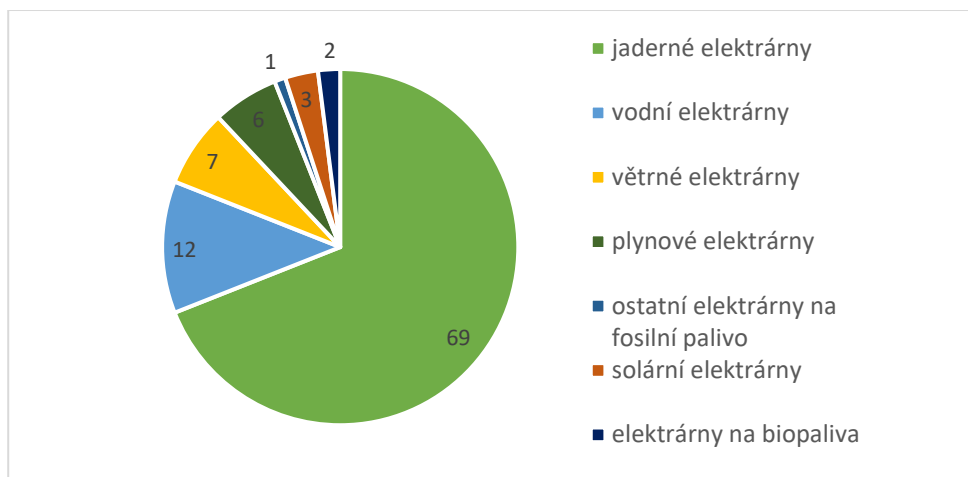
Výsledné emise jsou o 63 % nižší než před zavedením nových postupů a technologií. Jelikož se jedná o vnitrostátní lety, provozovatelé mají za povinnost je kompenzovat, proto by



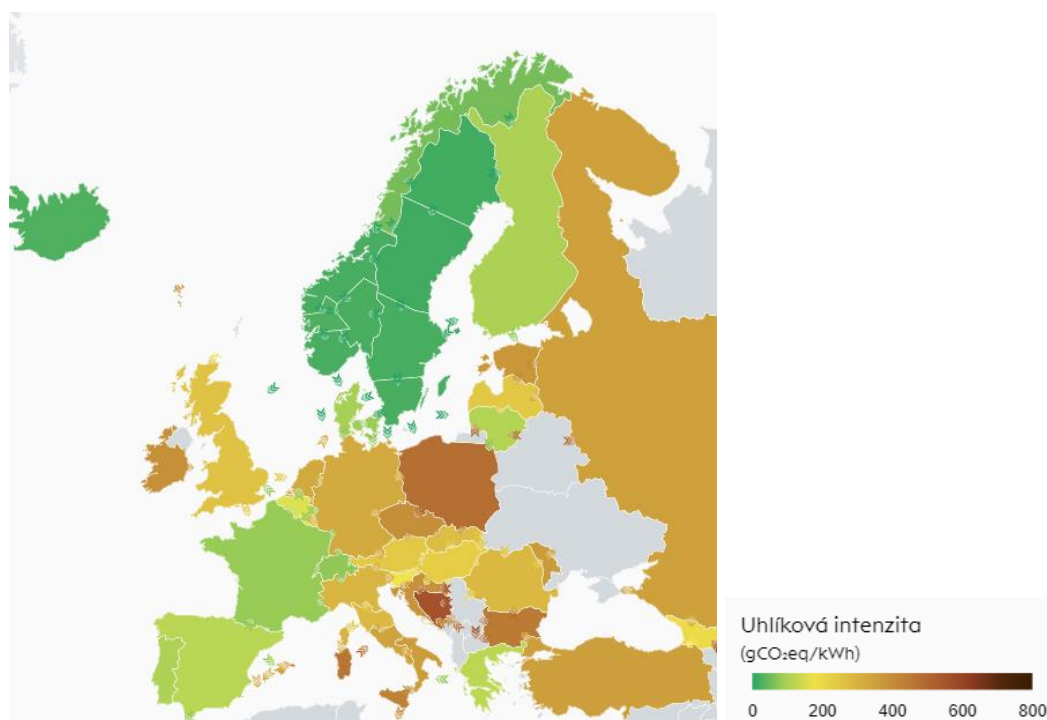
se v konečném důsledku zbylé emise vyrovnaly. Nicméně jedním z opatření Francie je právě větší spolupráce s železniční dopravou a podpora multimodální dopravy. A tak se dá předpokládat, že k obnově těchto letů nedojde. Hlavně z důvodu existence odpovídajícího provozu a infrastruktury vysokorychlostních tratí ve Francii.

Mezi nejčistší druhy dopravy se často považuje elektromobil. Používání elektromobilů namísto automobilů na benzín či naftu může ušetřit až o 50–60 % emisí skleníkových plynů [80]. Pro úplné ohodnocení uhlíkové stopy je ale potřeba počítat s emisemi z životního cyklu baterie – výroba, používání a recyklace. Dle studií se uhlíková stopa u baterií tvoří zejména během výroby a příprav materiálů, je dokonce vyšší než u spalovacích motorů [81]. Fáze používání závisí na uhlíkové intenzitě. Sekundární využívání a recyklace by pak ale mohly přispět ke snížení stopy. Výsledky ukazují, že uhlíková stopa životního cyklu baterie v elektroautomobilu je nižší než uhlíková stopa životního cyklu spalovacího motoru. Jak moc tyto životní kroky zatěžují životní prostředí závisí na mnoha faktorech – z jakých materiálů se používají, na účinnosti baterie nebo například na zdrojích výroby elektřiny. K hodnocení uhlíkové stopy u elektromobilů se používá metodika Well-To-Wheel, kdy se započítává výroba, transport a distribuce elektrické energie (WTT) a také účinnost pohonných jednotek (TTW) [80]. Záleží na uhlíkové intenzitě spotřebované elektřiny, která je využita k nabíjení baterií. Hodnoty se liší dle státu. Státy s elektrárnami na bázi obnovitelných zdrojů jsou vhodnější pro zavádění elektromobilů než státy s elektrárnami spalujícími fosilní palivo [81].

Francie je jedním z největších vlastníků jaderných elektráren na světě. Dle hodnot provozovatele elektrické energie ve Francii RTE (Réseau de Transport d'Électricité) se průměrně v roce 2021 podílely na výrobě elektrické energie jaderné elektrárny v 69 %, obnovitelné zdroje ve 22,5 % a elektrárny na fosilní paliva ze 7 % (Obrázek 19). Při ročním porovnání z posledních 14 let se zvětšuje podíl elektráren s obnovitelnými zdroji a snižuje se elektrárny na fosilní paliva [82]. Podíl zdrojů na výrobě se mění během dne dle denní doby, atmosférických podmínek a mnoha dalších okolností.



Obrázek 19 - Výroba elektrické energie ve Francii dle zdrojů z roku 2021 [82]



Obrázek 20 - Mapa uhlíkové intenzity v Evropě ze dne 29.10.2022 [83]

Uhlíková intenzita popisuje, kolik emisí CO₂ připadá na vyrobenou kWh elektrické energie. V roce 2021 se ve Francii při výrobě 1 kWh uvolnilo 34 g CO₂e. Při pozorování hodnot okolních států lze usoudit, že Francie patří k nízkouhlíkovým spotřebitelům elektrické energie, a to zejména díky využívání jaderných elektráren a elektráren na obnovitelné zdroje (Obrázek 20) [83]. Jaderné elektrárny jsou nízkoemisními zdroji; dle Electricité maps uvolňuje jaderná elektrárna ve Francii 12 g CO₂e na kWh. Naproti tomu například uhlíková intenzita uhlé



elektrárny ve Francii způsobuje 820 g CO_{2e}/kWh. Mapa posuzuje emise během celého životního cyklu elektráren.

Vzhledem k předchozím datům Francie využívá k výrobě elektrické energie hlavně jaderné elektrárny a elektrárny s obnovitelnými zdroji. Francie je tak vyhovující země na používání elektromobilů, jelikož výsledkem bude snížení uhlíkové stopy. V roce 2021 [84] tvořily elektromobily 11,3 % prodeje veškerých automobilů ve Francii.

GHG Protocol umožňuje výpočet uhlíkové stopy právě i u elektromobilu (Tabulka 28). Využité byly vzdálenosti z Tabulky 20.

Tabulka 28 - Výpočet uhlíkové stopy u elektromobilu pomocí GHG Protocol

Trasa	CO _{2e} kg na cestu/os
Paris Orly/Montparnasse/ Est - Bordeaux Mérignac/ St.Jean	0,053
Paris Orly – Lyon Saint Exupéry	0,053
Paris Orly/ Montparnasse/ Est – Nantes	0,035
Limoges – Brive-la-Gaillarde	0,0085
Lyon /Part Dieu – Clermont-Ferrand	0,015
Metz-Nancy Lorraine - Strasbourg	0,015



5. Diskuse

Zavedením francouzského zákona 27.3.2022 došlo ke zrušení 6 vnitrostátních leteckých spojení, které mohou být nahrazeny existujícím vlakovým spojením s cestovní dobou menší než 2 a půl hodiny. Tuto cestovní dobu má i dalších 8 spojení, které kvůli navazujícím mezinárodním letům nebyly zrušeny. Argumentem byla ztráta zákazníků a jejich přesun na sousední letištní „huby“ pro přestup. Nicméně pokud v těchto případech existuje dostatečně rychlá železniční doprava s odpovídající kapacitou, je i tak otázkou zvážení úpravy zákona i na přestupní lety. Právě tento zákon v budoucnu zahrnuje i vytvoření návrhu rozšíření platnosti na přestupní lety.

Další otázkou je časová hranice 2 a půl hodin. Díky kvalitní vysokorychlostní síti TGV ve Francii by mohla být tato hranice posunuta. Příkladem může být jedna z nejvyužívanějších leteckých linek Paris Orly – Marseille. Tato trasa také disponuje TGV, které přepraví cestující za 3 hodiny. Ještě více cestujících (1,5 milionu) bylo letecky odbaveno na trase Paris – Toulouse, které by mohlo být zrušeno, pokud by se posunula hranice až na 5 hodin. Samozřejmě většinou platí, že cestující volí dopravní prostředek podle nejkratší možné doby, která je většinou považována za nejnižší u letecké dopravy. Na druhou stranu letecká doprava má nevýhodu v dodatečné době pro odbavení a bezpečnostní kontrolu. Letiště se na rozdíl od nádraží většinou vyskytují na okrajích měst, proto je také potřeba připočítat čas přepravy na letiště. S tímto ohledem je poté alternativní cesta po železnici nejkratší. Pokud by se dle několika návrhů posunula hranice například až na 5 hodin, dotklo by se to až 43 leteckých spojení. Zrušením více letů by znamenalo významnější snížení uhlíkové stopy. Zrušením 6 letů došlo ke snížení uhlíkové stopy o 0,4 % z celkové letecké dopravy ve Francii. Zrušení 43 spojení s hranicí 5 hodin by způsobilo pokles až o 5,3 %.

Zda opravdu došlo ke snížení uhlíkové stopy záleží na uvolněných letištních slotech v Paris Orly. Data lze porovnat podle počtů pohybů před a po zavedení zákona, které jsou dostupné na stránkách Eurostatu. Nicméně data jsou ovlivněna situací po pandemii, kdy se přirozeně během roku 2022 navrací pravidelné již dříve existující lety, proto se hodnoty od března do října 2022 navyšují. Dalším neočekávaným důsledkem může být přesun cestujících do automobilů namísto železnic, které mají stejné nebo větší emise než cestování letadlem. Hlavním důvodem by byla nedostatečná infrastruktura železnice ve Francii a nekomfort, tzn. delší cestovní doba a omezená kapacita. Výzkum této práce ale potvrdil, že železniční nabídka je dostatečná. I přesto mírné zvýšení cestování automobilem nelze vyloučit. Pomůže tomu například informovanost a poučení cestujících o jejich způsobených



uhlíkových stopách, což Francie provádí v podobě zobrazovaných hodnot při nákupu jízdenek nebo letenek. Na druhou stranu v automobilovém průmyslu dochází také k zapojení do uhlíkové neutrality a průměrné emise prodávaných aut ve Francii se rok od roku snižují – díky elektromobilům a hybridním automobilům. Nicméně tyto dva pohledy, uvolněné letištní sloty a přesun cestujících do automobilů, by mohly být předmětem dalších výzkumů.

Práce otevírá také další příležitosti zkoumání například z pohledu ekonomického aspektu. Předmětem výzkumu nebyla změna cen letenek nebo jízdenek nebo například náklady spojené s přesunem cestujících do jiných druhů dopravy. Nové finanční výdaje se také objeví při realizaci opatření dekarbonizace v letecké dopravě. Například cena udržitelného leteckého paliva je vyšší než cena standardního leteckého paliva, což může také ovlivnit zvážení leteckých společností a výrobců na jeho zavedení [85].

Podobné kroky ke zmírnění klimatické změny podnikly v letecké dopravě i jiné země. Jedná se o země s kvalitní sítí železniční dopravy. Například v Německu se politická strana „zelených“ v červnu 2021 vyjádřila, že není potřeba plošné rušení letů na krátké vzdálenosti, nicméně požadují zlepšení a zatraktivnění železniční dopravy, která by mohla nahrazovat v budoucnu některé vnitrostátní letecké spoje [86]. Jedním z postupů je spolupráce Lufthansy a Deutsche Bahn v rámci služby „Lufthansa Express Rail“, kdy mají k letence s odletem z Frankfurtu nad Mohanem možnost optimální dopravy na letiště vlakem ICE nebo IC/EC se zárukou transferu a rezervace místa [87]. Podobná spolupráce letecké společnosti a železničního dopravce funguje i ve Švýcarsku na trasách z Lugana, Ženevy a Basileje do Curychu. Pokračování výzkumu by právě mohl být rozšíření i na další státy.

V návaznosti na francouzský zákon o nahrazení vnitrostátní letů vlakovým spojením podala v září 2022 francouzská levicová strana La France Insoumise návrh zákona N° 259 [88] o zákazu létání soukromých letadel ve Francii. Podle nevládní organizace Transport & Environment způsobuje let business jetem o 5–14 % vyšší uhlíkovou stopu než pravidelný komerční let s leteckou společností a o 50 % vyšší emise než během cesty vlakem. Soukromé lety jsou většinou uskutečněny z letiště Paris Le Bourget a Nice-Côte d'Azur, které jsou právě dobře obslouženy vysokorychlostní železnicí. Nicméně zájem o soukromé lety v posledních letech roste. Návrh zákona obsahuje 2 podněty – zakázat vnitrostátní i mezinárodní lety business jets od 1.1.2023 s výjimkou vojenských, záchranných a vládních letů a státem vypracovat akční plán pro zaměstnance tohoto sektoru.



Vyhodnocením analýzy je díky zavedením zákona snížení uhlíkové stopy z celkové letecké dopravy ve Francii o 0,02 %. Ačkoliv se zdá hodnota nízká, k uhlíkové neutralitě je potřeba přistoupit ze všech možných směrů. Jedním z důvodů je vliv oxidu uhličitého několik let dopředu. Již nelze některé důsledky změn klimatu zastavit. V letectví jsou kvůli legislativě a certifikaci změny a inovace otázkou několika let, proto je nutné hledat prostředky co nejdříve. Tento způsob rušení vnitrostátních letů se zdá navíc jedním z méně nákladných a méně složitějších postupů. Jednoznačnou alternativou k letecké dopravě je pak zvolena železniční doprava vzhledem k hodnotám kapacit, frekvencí a nízké uhlíkové stopě. Hodnoty CO_{2e} jsou zjištěny také pro automobil, které jsou nejvyšší, a elektromobil. Důraz je dbán na komplexní pohled na životní cyklus výroby a provozu elektromobilu a jeho baterie. Výsledkem práce je také porovnání metodik výpočtů uhlíkové stopy. Rozšířeným nástrojem je GHG Protocol, nicméně pro zaměření práce na Francii byla zvolena metodika od francouzského Ministerstva pro životní prostředí jako nejvhodnější.



6. Závěr

Předmětem diplomové práce je analýza důsledků zavedeného environmentálního zákona ve Francii o zrušení vnitrostátních letů. Zákon, který je platný od 27.3.2022, způsobil redukcí 6 vnitrostátních leteckých linek ve Francii. Bylo provedeno posouzení alternativní železniční a automobilové dopravy z pohledu cestovní doby, kapacit, frekvencí a z pohledu uhlíkové stopy. Součástí zákona byla tak podpora a zvolení přesunu cestujících do železniční dopravy, jejíž cestovní doba netrvá déle než dvě a půl hodiny.

Výsledkem vyhodnocení práce je potvrzení dostupné železniční kapacity a frekvencí provozu k zrušeným leteckým linkám. Počet nabízených sedaček ve vlacích mnohonásobně převyšuje kapacitu letadel. Cestovní doba vlakem je až na jedno spojení (Lyon Part Dieu – Clermont-Ferrand) menší než cestovní doba automobilem a letadlem a splňuje podmínku dvou a půl hodin. Lyon Part Dieu – Clermont-Ferrand není totiž obsluhováno vysokorychlostní železnicí, proto je cestovní doba vyšší než u jiných spojů. Autor porovnává i komplexní cestovní dobu, kde jsou zahrnuty aktivity předcházející samotný přesun v prostředku (transport na letiště/nádraží, nákup jízdenek, odbavení na letištích apod.) a výsledkem byla opět nejkratší cesta vlakem. Železniční doprava ve Francii tak odpovídá z pohledu provozu poptávce a potvrzuje předpoklady přesunu cestujících do vlaků.

Druhou částí praktického výzkumu byl environmentální pohled znečištění ovzduší antropogenními emisemi skleníkových plynů. Jedním z cílů diplomové práce byla validace plánů a cílů Francie na snižování uhlíkové stopy. Analýzou dostupných a vhodných nástrojů na výpočet uhlíkové stopy byla zvolena metodika dle Ministerstva pro životní prostředí ve Francii a Agentury pro životní prostředí a energetiku jako referenční. Aplikování nástroje na daných spojích vyšla jednoznačně nejnižší uhlíková stopa u železniční dopravy. Naopak nejvyšší hodnoty má cesta automobilem.

K dosažení posledního cíle předpokladů vývoje uhlíkové stopy po implementaci environmentálních technologií do letectví byly využity teoretické znalosti plánů Francie. Do roku 2050 byly aplikovány opatření ke snižování emisí a graficky byl zobrazen postupný vývoj k dosažení uhlíkové neutrality, která je globálně cílena právě do roku 2050. Nejpozději v tomto roce by měly být podle výpočtů práce dosaženy hodnoty CO_{2e} z roku 1990 a díky uhlíkovým kompenzacím by hodnoty měly být redukovány až k nulovému vyrovnání mezi produkovánými emisemi a jeho pohlcováním z atmosféry.



Z pohledu uhlíkové stopy je doprava elektromobilem konkurenceschopná železniční dopravě. Autor popisuje výsledky uhlíkové stopy u elektromobilu a jejich původ vzniku. Francie je díky výrobě elektrické energie v jaderných a obnovitelných elektrárnách vhodným prostředím pro provozování elektromobilu a potvrzením toho je zvyšující se prodej elektromobilů ve Francii. Na druhou stranu kapacita a cestovní doba vlakem je stále převyšující.

Přínosem práce byl komplexní pohled na zákonem zrušené vnitrostátní lety, jeho důsledky a analýza a vývoj uhlíkové stopy. Veškeré stanovené cíle diplomové práce byly splněny. Výpočty a předpoklady mají na začátku práce teoretický základ. Autor si je vědom některých limitací práce například z důvodu nenalezení dostupných zdrojů nejsou zahrnuty statistické údaje o počtech cestujících na daných trasách v železniční dopravě ve Francii, nebyly vyhodnoceny uvolněné letištní sloty a předmětem práce nebylo zkoumání sociálně – ekonomických aspektů. Tato témata jsou doporučením autora k možnosti dalších zpracování a výzkumů.



Seznam použité literatury

- [1] Carbon footprinting: Introductory guide. In: *Trust Carbon* [online]. The Carbon Trust 2018, 2018 [cit. 2022-09-24]. Dostupné z: <https://ctprodstorageaccountp.blob.core.windows.net/prod-drupal-files/documents/resource/restricted/carbon-footprinting-guide.pdf>
- [2] Co je uhlíková stopa. In: *Mezistromy.cz* [online]. [cit. 2022-09-24]. Dostupné z: <https://www.mezistromy.cz/drevo-z-hlediska-zivotniho-prostredi/uhlikova-stopu-uvod-do-tematu/odborny>
- [3] DALEY, Ben. *Air Transport and the Environment*. England: Ashgate Publishing Company, 2010. ISBN 978-0-7546-7286-9.
- [4] KJÓTSKÝ PROTOKOL K RÁMCOVÉ ÚMLUVĚ ORGANIZACE SPOJENÝCH NÁRODŮ O ZMĚNĚ KLIMATU. In: *Ministerstvo životního prostředí* [online]. [cit. 2022-09-24]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/kjotsky_protokol/\\$FILE/OMV-cesky_protokol-20081120.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/kjotsky_protokol/$FILE/OMV-cesky_protokol-20081120.pdf)
- [5] PRUŠA, Jiří, Martin BRANDÝSKÝ, Luboš HLINOVSKÝ, Jiří HORNÍK, Michal PAZOUREK, František SLABÝ, Marek TŘEŠŇÁK a Jiří ŽEŽULA. *Svět letecké dopravy*. II., rozšířené vydání. Praha: Gallileo Training s.r.o., 2015. ISBN 978-80-260-8309-2.
- [6] Předpisy. In: *AIM Letecká informační služba* [online]. Řízení letového provozu České republiky [cit. 2022-08-15]. Dostupné z: <https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>



- [7] *European Aviation Environmental Report 2019*. European Union Aviation Safety Agency (EASA), European Environment Agency (EEA), EUROCONTROL., 2019. ISBN 978-92-9210-214-2.
- [8] EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. Train or plane?: Transport and environment report 2020. EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. *EEA Report* [online]. 2021, **2020**(19), 112 [cit. 2022-10-07]. ISSN 1977-8449. 978-92-9480-390-0. Dostupné z: doi:10.2800/43379
- [9] *3 scénarios pour décarboner le transport aérien* [online]. In: . ADEME [cit. 2022-11-20]. Dostupné z: <https://librairie.ademe.fr/cadic/7365/elaboration-scenarios-transition-ecologique-secteur-aerien-infographie.pdf>
- [10] GHG Protocol - About Us. In: *GHG Protocol* [online]. WBCSD, WRI [cit. 2022-10-15]. Dostupné z: <https://ghgprotocol.org/about-us>
- [11] Greenhouse Gas Emission -FAQ. In: *GHG Protocol* [online]. [cit. 2022-10-21]. Dostupné z: https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards_supporting/FAQ.pdf
- [12] BUDD, Lucy a Stephen ISON. *Air transport management : an international perspective*. Routledge, Taylor & Francis Group. London, New York, 2020. ISBN 978-0-367-28056-7.
- [13] *A Corporate Accounting and Reporting Standard: Revised edition* [online]. GHG Protocol, WRI, WBCSD, 2004 [cit. 2022-10-22]. ISBN 1-56973-568-9. Dostupné z: <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf>
- [14] GREENHOUSE GAS PROTOCOL. *Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions: Supplement to the Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting & Reporting Standard* [online]. In: . WBCSD, WRI, 2013 [cit. 2022-10-19]. Dostupné z:



https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Scope3_Calculation_Guidance_0.pdf

- [15] ICAO Carbon Emissions Calculator Methodology. In: *ICAO Carbon Emissions Calculator* [online]. [cit. 2022-10-22]. Dostupné z: https://www.icao.int/environmental-protection/CarbonOffset/Documents/Methodology%20ICAO%20Carbon%20Calculator_v11-2018.pdf
- [16] *Ecopassenger: Environmental Methodology and Data* [online]. In: . IFEU, s. 28 [cit. 2022-10-22]. Dostupné z: https://ecopassenger.hafas.de/hafas-res/download/Ecopassenger_Methodology_Data.pdf
- [17] GHG information for transport services: Application of Article L. 1431-3 of the French transport code. In: *Methodological guide* [online]. Ministry for an ecological and solidary Transition, s. 232 [cit. 2022-10-23]. Dostupné z: https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Information_GES%20-%202019.pdf
- [18] *LE MARCHÉ FRANÇAIS DU TRANSPORT FERROVIAIRE EN 2019* [online]. In: . Autorité de Régulation des transports, 2021, s. 120 [cit. 2022-10-23]. ISSN 2678-6575. Dostupné z: <https://www.autorite-transport.fr/wp-content/uploads/2021/01/bilan-ferroviaire-2019.pdf>
- [19] Chiffres-clés: Évolution du marché, caractéristiques environnementales et techniques Véhicules particuliers neufs vendus en France. In: *Car Labelling ADEME: CHIFFRES CLÉS* [online]. [cit. 2022-10-31]. Dostupné z: <https://carlabelling.ademe.fr/chiffrescles/render/all/pdf>
- [20] About the IPCC. In: *Intergovernmental Panel on Climate Change* [online]. Switzerland: IPCC Secretariat [cit. 2022-09-20]. Dostupné z: <https://www.ipcc.ch/about/>



- [21] AR6 Synthesis Report: Climate Change 2022. In: *Intergovernmental Panel on Climate Change* [online]. Switzerland: IPCC Secretariat [cit. 2022-09-20]. Dostupné z: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>
- [22] Mezivládní panel pro změnu klimatu (IPCC). In: *Ministerstvo životního prostředí* [online]. [cit. 2022-09-20]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/mezivladni_panel_pro_zmenu_klimatu
- [23] Pařížská dohoda o změně klimatu: Celosvětový lídr v oblasti klimatických opatření. In: *Evropská rada* [online]. [cit. 2022-09-20]. Dostupné z: <https://www.consilium.europa.eu/cs/policies/climate-change/paris-agreement/>
- [24] The Paris Agreement: What is the Paris Agreement?. In: *United Nations* [online]. [cit. 2022-09-20]. Dostupné z: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>
- [25] EU greenhouse gas emissions fell in 2019 to the lowest level in three decades. In: *European Commission* [online]. Brusel: European Commission, 2020 [cit. 2022-11-13]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_2182
- [26] Změna klimatu: jaké kroky EU podniká. In: *Evropská rada* [online]. Rada EU [cit. 2022-09-20]. Dostupné z: <https://www.consilium.europa.eu/cs/policies/climate-change/>
- [27] Zelená dohoda pro Evropu. In: *Evropská rada* [online]. 2022 [cit. 2022-09-20]. Dostupné z: <https://www.consilium.europa.eu/cs/policies/green-deal/>
- [28] Čistá a udržitelná mobilita. In: *Evropská rada* [online]. 2022 [cit. 2022-11-13]. Dostupné z: <https://www.consilium.europa.eu/cs/policies/clean-and-sustainable-mobility/>



- [29] Frequently Asked Questions about CORSIA. In: *ICAO* [online]. [cit. 2022-09-21]. Dostupné z: <https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Pages/CORSIA-FAQs.aspx>
- [30] Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA). In: *ICAO* [online]. [cit. 2022-09-20]. Dostupné z: <https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Pages/default.aspx>
- [31] CORSIA: Fact sheet. In: *IATA* [online]. IATA [cit. 2022-09-22]. Dostupné z: <https://www.iata.org/en/iata-repository/pressroom/fact-sheets/fact-sheet---corsia/>
- [32] CORSIA IMPLEMENTATION PLAN Brochure: Brochure and Leaflets. In: *ICAO* [online]. [cit. 2022-09-22]. Dostupné z: <https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Pages/CORSIA-communication.aspx>
- [33] Net Zero Resolution: Fact sheet. In: *IATA: Our Commitment to Fly Net Zero by 2050* [online]. [cit. 2022-10-25]. Dostupné z: <https://www.iata.org/en/iata-repository/pressroom/fact-sheets/fact-sheet---iata-net-zero-resolution/>
- [34] Zámořská území Francie. In: *Velvyslanectví České republiky v Paříži* [online]. [cit. 2022-09-15]. Dostupné z: https://www.mzv.cz/paris/cz/konzularni_informace/podminky_pro_vstup_do_zeme/za_morske_departementy_a_zamorska_uzemi/index.html
- [35] *TendanCiel: l'indicateur mensuel du trafic aérien commercial* [online]. 2021, [cit. 2022-03-29]. Dostupné z: https://www.ecologie.gouv.fr/statistiques-du-traffic-aerien#scroll-nav__3



- [36] *TendanCiel: l'indicateur mensuel du trafic aérien commercial* [online]. 2022, [cit. 2022-03-29]. Dostupné z: https://www.ecologie.gouv.fr/statistiques-du-traffic-aerien#scroll-nav__3
- [37] *COVID-19 Impact on EUROCONTROL Airports - Paris/CDG: EUROCONTROL Briefing* [online]. Eurocontrol, 2021, [cit. 2022-03-30]. Dostupné z: <https://www.eurocontrol.int/publication/covid-19-impact-eurocontrol-airports-pariscdg>
- [38] *TendanCiel: l'indicateur mensuel du trafic aérien commercial* [online]. 2020, [cit. 2022-03-29]. Dostupné z: https://www.ecologie.gouv.fr/statistiques-du-traffic-aerien#scroll-nav__3
- [39] How will French Domestic Flight ban effect Air France Emissions?. In: *IBA* [online]. 2021 [cit. 2021-11-24]. Dostupné z: <https://www.iba.aero/insight/how-will-french-domestic-flight-ban-effect-air-france-emissions/>
- [40] *Résultats d'activité des aéroports français 2021: Dossier de presse* [online]. Paříž: UAF & FA, 2022, [cit. 2022-03-29]. Dostupné z: <https://www.aeroport.fr/public/page/conferences-de-presse-42>
- [41] Union des Aeroports francais @ Francophones Associées. In: *RÔLE DE L'UNION* [online]. 35 rue Vaugelas, 75015 Paris [cit. 2022-09-15]. Dostupné z: <https://www.aeroport.fr/public/page/role-de-l-union-1>
- [42] *NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (ES) č. 216/2008*. In: . Luxembourg: EUR-Lex, 2008, ročník 2008, číslo 216.
- [43] *Air Transport Action Group ATAG: Facts and figures* [online]. In: . [cit. 2022-11-26]. Dostupné z: <https://www.atag.org/facts-figures.html>



- [44] CLIMAT : QUE VAUT LE PLAN DU GOUVERNEMENT POUR L'AÉRIEN ?. In: *LE RÉSEAU ACTION CLIMAT* [online]. [cit. 2022-09-28]. Dostupné z: <https://reseauactionclimat.org/wp-content/uploads/2020/05/que-vaut-le-plan-gouvernement-aerien-reseau-action-climat.pdf>
- [45] *Gaz à effet de serre et polluants atmosphériques: Bilan des émissions en France de 1990 à 2020* [online]. Citepa, 2021, [cit. 2022-10-27]. Dostupné z: <https://www.citepa.org/fr/secten/>
- [46] OUR CARBON FOOTPRINT AND OUR OBJECTIVES. In: *Air France ACT* [online]. [cit. 2022-10-26]. Dostupné z: <https://airfranceact.airfrance.com/en/our-carbon-footprint-and-our-objectives>
- [47] THE G20 TRANSITION TOWARDS A NET-ZERO EMISSIONS ECONOMY: BROWN TO GREEN:. In: *CLIMATE TRANSPARENCY* [online]. CLIMATE TRANSPARENCY [cit. 2022-10-28]. Dostupné z: https://www.climate-transparency.org/wp-content/uploads/2019/11/B2G_2019_France.pdf
- [48] *CITEPA Transports Secten ed2022: Données par secteur édition 2022* [online]. In: . CITEPA [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://www.citepa.org/fr/secten/>
- [49] *Bulletin Statistique du trafic aérien commercial - année 2020* [online]. Paříž: Ministère de la Transition Écologique, 2021, [cit. 2022-03-29]. Dostupné z: https://www.ecologie.gouv.fr/statistiques-du-traffic-aerien#scroll-nav__3
- [50] *PROJET DE LOI N° 3875 rectifié: portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets.*. In: . ASSEMBLÉE NATIONALE, 10.2.2021. Dostupné také z: https://www.assemblee-nationale.fr/dyn/15/textes/l15b3875_projet-loi. M. Jean CASTEX, Barbara POMPILI,.



- [51] *LOI n° 2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets (1)*. In: . Brégançon: L'Assemblée nationale, le Sénat, 2021. Dostupné také z: <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFARTI000043957217>
- [52] State aid: Commission approves up to €4 billion French measure to recapitalise Air France. In: *European Commission* [online]. Brusel, 2021 [cit. 2022-05-21]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_21_1581
- [53] *NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (ES) č. 1008/2008 ze dne 24. září 2008 o společných pravidlech pro provozování leteckých služeb ve Společenství (přepracované znění)*. In: . Štrasburg: Evropský parlament a Rada, 2008. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R1008&from=EL>
- [54] *Get on track: Train alternatives to short-haul flights in Europe* [online]. In: . Greenpeace European Union, 2021 [cit. 2022-05-23]. Dostupné z: <https://www.greenpeace.org/eu-unit/issues/climate-energy/45898/get-on-track-train-alternatives-to-short-haul-flights-in-europe/>
- [55] AIR FRANCE LAUNCHES ITS "AIR FRANCE ACT": PROGRAMME PRESENTING ITS NEW CO2 EMISSIONS REDUCTION STRATEGY. In: *Air France* [online]. [cit. 2022-10-26]. Dostupné z: <https://corporate.airfrance.com/en/news/air-france-launches-its-air-france-act-programme-presenting-its-new-co2-emissions-reduction>
- [56] CARBURANTS D'AVIATION DURABLES. In: *Air France* [online]. [cit. 2022-05-24]. Dostupné z: <https://www.airfrance.fr/information/developpement-durable/carburants-aviation-durables>



- [57] KLM further expands approach for Sustainable Aviation Fuel. In: *KLM* [online]. 2022 [cit. 2022-05-24]. Dostupné z: <https://news.klm.com/klm-further-expands-approach-for-sustainable-aviation-fuel/>
- [58] JIANG, Changmin a Xiaoyu LI. Low cost carrier and high-speed rail: A macroeconomic comparison between Japan and Western Europe. *Research in Transportation Business & Management* [online]. 2016, **21**, 3-10 [cit. 2022-10-05]. ISSN 22105395. Dostupné z: doi:10.1016/j.rtbm.2016.05.006
- [59] Flightera. In: *Flightera* [online]. [cit. 2022-11-05]. Dostupné z: <https://www.flightera.net/en/>
- [60] Eurostat: DATABASE. In: *Eurostat* [online]. [cit. 2022-11-05]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database>
- [61] *DE L'AÉRIEN AU RAIL: Garantir les intérêts des consommateurs dans une réelle transition vers le ferroviaire* [online]. In: . Que Choisir, 2021, s. 10 [cit. 2022-10-14]. Dostupné z: <https://www.quechoisir.org/action-ufc-que-choisir-suppression-des-vols-interieurs-garantir-les-interets-des-consommateurs-dans-une-reelle-transition-vers-le-ferroviaire-n90066/?dl=76274>
- [62] Seat61. In: *European train seating plans: Train seat numbering plans* [online]. [cit. 2022-11-05]. Dostupné z: <https://www.seat61.com/european-train-seating-plans.htm>
- [63] *SNCF Connect: Trains & trips* [mobilní aplikace]. In: . SNCF Connect & Tech, 2022 [cit. 2022-11-05]. Dostupné z: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.vsct.vsc.mobile.horaireetresa.android&hl=en>



- [64] INTERCITÉS: Voyagez avec INTERCITÉS. In: *Différence entre INTERCITÉS et TER ? Entre INTERCITÉS et TGV INOUI ?* [online]. SNCF [cit. 2022-11-06]. Dostupné z: <https://www.sncf-connect.com/intercites>
- [65] MORE TERS, LESS CO₂. In: *SNCF* [online]. [cit. 2022-11-06]. Dostupné z: <https://www.sncf.com/en/passenger-offer/travel-by-train/ter/planeter-more-TERS-less-co2>
- [66] Air passenger transport between the main airports of France and their main partner airports (routes data). In: *Eurostat* [online]. 2022 [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/bookmark/b1748745-12d8-403f-acd6-cbe561335b21?lang=en>
- [67] *Press release - FULL YEAR 2020* [online]. In: . Air France KLM Group, 2021 [cit. 2022-10-16]. Dostupné z: https://www.airfranceklm.com/sites/default/files/2022-09/q4_2020_press_release_en_final%20%281%29.pdf
- [68] Chiffres clés du transport - Édition 2020. In: *Données et études statistiques* [online]. Ministère de la Transition écologique [cit. 2022-11-06]. Dostupné z: <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/chiffres-cles-du-transport-edition-2020>
- [69] *Bilan annuel des transports en 2021* [online]. Le service des données et études statistiques (SDES), 2021 [cit. 2022-11-06]. ISSN 2557-8138. Dostupné z: https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2022-10/datalab_108_bilan_annuel_transports_2021_octobre2022.pdf
- [70] Air passenger transport by main airports in each reporting country. In: *Eurostat: Paris Orly, commercial passenger air flights, national transport* [online]. [cit. 2022-11-19]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/bookmark/0a394aa7-5dac-4acb-974f-bbaf0bb3f4d?lang=en>



- [71] Driving radius map. In: *Smappen* [online]. OALLEY [cit. 2022-10-14]. Dostupné z: <https://www.smappen.com/>
- [72] *Le train peut-il absorber les voyageurs des lignes aériennes intérieures en France ?* [online]. Červen 2021. Montreuil: Réseau Action Climat [cit. 2022-11-08]. ISBN 978-2-919083-44-2. Dostupné z: <https://reseauactionclimat.org/wp-content/uploads/2021/06/etude-report-modal-web.pdf>
- [73] Ranking of the average time spent by users at a bus stop or train station in France in 2019, by city. In: *Temps d'attente dans les transports en commun* [online]. Statista - Moovit, 2019 [cit. 2022-11-07]. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/1154227/time-way-waiting-bus-train-towns-france/>
- [74] Trainline. In: *Trainline Partner Solutions (TPS)* [online]. [cit. 2022-11-08]. Dostupné z: <https://www.thetrainline.com/>
- [75] *Calculateur d'émissions de gaz a effet de serre de l'aviation* [online]. In: . Direction Générale de l'Aviation Civile [cit. 2022-10-23]. Dostupné z: <https://eco-calculateur.dta.aviation-civile.gouv.fr/comment-ca-marche>
- [76] FULL YEAR 2020. In: *Air France KLM group* [online]. Air France KLM group [cit. 2022-10-23]. Dostupné z: https://www.airfranceklm.com/sites/default/files/2022-09/q4_2020_press_release_en_final%20%281%29.pdf
- [77] *ÉVOLUTION DE LA CONSOMMATION MOYENNE* [online]. In: . Agence de la transition écologique ADEME, 2022 [cit. 2022-11-12]. Dostupné z: <https://carlabelling.ademe.fr/chiffrescles/r/evolutionConsoMoyenne>
- [78] Air traffic recovery is fast-approaching pre-pandemic levels. In: *International Civil Aviation Organization* [online]. [cit. 2022-11-28]. Dostupné z:



<https://www.icao.int/Newsroom/Pages/Air-traffic-recovery-is-fastapproaching-prepandemic-levels.aspx>

- [79] Sustainable Aviation Fuel: Technical Certification: Fact Sheet 2. In: *IATA* [online]. [cit. 2022-10-30]. Dostupné z: <https://www.iata.org/contentassets/d13875e9ed784f75bac90f000760e998/saf-technical-certifications.pdf>
- [80] MORO, Alberto a Laura LONZA. Electricity carbon intensity in European Member States: Impacts on GHG emissions of electric vehicles. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* [online]. 2018, **64**, 5-14 [cit. 2022-10-29]. ISSN 13619209. Dostupné z: doi:10.1016/j.trd.2017.07.012
- [81] XIA, Xiaoning, Pengwei LI, Zhenguo XIA, Rui WU a Yang CHENG. Life cycle carbon footprint of electric vehicles in different countries: A review. *Separation and Purification Technology* [online]. 2022, **301** [cit. 2022-10-29]. ISSN 13835866. Dostupné z: doi:10.1016/j.seppur.2022.122063
- [82] Total generation: Electricity report 2021. In: *RTE* [online]. RTE [cit. 2022-10-29]. Dostupné z: https://bilan-electrique-2021.rte-france.com/production_totale/?lang=en
- [83] Emise CO2 ze spotřeby elektřiny v reálném čase. In: *Electricity maps* [online]. Kodaň [cit. 2022-10-29]. Dostupné z: <https://app.electricitymaps.com/zone/FR?wind=false>
- [84] CLIMATE TRANSPARENCY REPORT: COMPARING G20 CLIMATE ACTION TOWARDS NET ZERO. In: *CLIMATE TRANSPARENCY* [online]. [cit. 2022-10-29]. Dostupné z: <https://www.climate-transparency.org/wp-content/uploads/2021/10/CT2021France.pdf#page=10>



- [85] How SAF Can Become Cost Competitive Against Conventional Fuel. In: *Simple Flying* [online]. [cit. 2022-11-24]. Dostupné z: <https://simpleflying.com/saf-cost-competitive-jet-fuel/>
- [86] Lufthansa fordert besseres ICE-Netz statt Verbot von Inlandsflügen. In: *Airliners.de* [online]. 2021 [cit. 2022-05-28]. Dostupné z: <https://www.airliners.de/lufthansa-besseres-ice-netz-verbot-inlandsfluegen/61001>
- [87] Lufthansa Express Rail – convenient travel to your flight with transfer guarantee. In: *Lufthansa* [online]. [cit. 2022-05-28]. Dostupné z: <https://www.lufthansa.com/de/en/lufthansa-express-rail>
- [88] Proposition de loi n° 259 visant à interdire l'usage des jets privés au sein du territoire français. In: *ASSEMBLÉE NATIONALE* [online]. [cit. 2022-11-03]. Dostupné z: https://www.assemblee-nationale.fr/dyn/16/textes/l16b0259_proposition-loi



Příloha

Tabulka 29 - Seznam francouzských letišť s pravidelnou leteckou dopravou [40]

Název letiště	2019 [počet cestujících]			2021 [počet cestujících]		
	Celkový provoz (Mezinárodní + vnitrostátní)	Vnitrostátní provoz	Procentuální zastoupení vnitrostátní dopravy [%]	Celkový provoz (Mezinárodní + vnitrostátní)	Vnitrostátní provoz	Procentuální zastoupení vnitrostátní dopravy [%]
Agen – La Garenne	14 934	14 698	98,4	655	417	63,7
Albert – Picardie/ Albert - Bray	3 917	2 113	53,9	2 475	1 870	75,6
Ancenis	1 164	1 161	99,7	394	394	100
Angers - Marce	4 957	4 300	86,7	3 423	3 010	87,9
Aurillac	38 188	38 159	99,9	23 204	23 198	100
Auxerre Branches	850	741	87,2	922	816	88,5
Avignon - Caumont	7 092	958	13,5	7 349	1 112	15,1
Basel Mulhouse Freiburg Euroairport	9 087 253	864 628	9,5	3 620 367	406 283	11,2
Bergerac Dordogne Périgord	285 182	1 419	0,5	69 451	247	0,4
Béziers Cap d'Agde	267 712	60 459	22,6	94 170	37 991	40,3
Biarritz Pays Basque	1 066 835	809 005	75,8	607 864	519 431	85,5
Bordeaux Merignac	7 679 398	3 073 417	40,0	3 041 641	1 560 992	51,3
Brest Bretagne	1 208 037	1 033 423	85,5	647 542	610 499	94,3
Brive Vallée de La Dordogne	93 916	51 853	55,2	42 211	23 702	56,2
Caen Carpiquet	304 685	282 746	92,8	227 144	226 430	99,7
Cannes Mandelieu	7 548	1 137	15,1	9 686	1 776	18,3
Carcassonne Salvaza	351 982	447	0,1	86 914	276	0,3
Castres Mazamet	49 993	49 922	99,9	25 859	25 809	99,8



Chambéry Aix Les Bains	204 573	3 575	1,7	6 679	3 119	46,7
Chateauroux Deols	5 447	2 364	43,4	918	410	44,7
Cherbourg Maupertus	4 756	1 509	31,7	5 010	4 374	87,3
Clermont- Ferrand Auvergne	426 360	291 634	68,4	92 039	82 603	89,7
Colmar Houssen	1 630	293	18,0	1 771	1 417	80,0
Deauville Normandie	110 422	532	0,5	24 855	582	2,3
Dijon Longvic	-	-		4 936	4 936	100
Dinard Pleurtuit St Malo	95 814	526	0,5	724	382	52,8
Dole Tavaux	110 752	3 172	2,9	56 887	3 503	6,2
Epinal Mirecourt	224	99	44,2	159	96	60,4
Grenoble Alpes Isere	307 979	3 521	1,1	11 383	0	0
Ile D'Yeu	874	874	100	1 681	1 681	100
La Rochelle – Ile de Ré	233 001	44 513	19,1	61 081	16 407	26,9
Lannion – Cote de Granit Rose	-	-	-	737	737	100
Paris Le Bourget	117 722	34 021	28,9	99 898	32 555	32,6
Le Castellet	2 384	1 506	63,2	2 360	1 524	64,6
Le Havre Octeville	7 179	2 163	30,1	2 638	2 638	100
Le Mans Arnage	6 181	4 846	78,4	2 058	904	43,9
Le Puy-en- Velay Loudes	5 768	5 765	99,9	1 719	1 719	100
Le Touquet – Cote d'Opale	550	116	21,1	882	529	60
Lille Lesquin	2 183 891	1 371 225	62,8	1 159 443	901 014	77,7
Limoges Bellegarde	299 699	33 714	11,2	69 399	16 908	24,4
Lorient Lann Bihoue	102 546	98 301	95,9	8 438	6 886	81,6
Lyon Bron	11 805	7 184	60,9	7 290	5 002	68,6
Lyon Saint Exupéry	11 691 564	3 795 850	32,5	4 509 617	2 058 740	45,7
Marseille Provence	10 122 706	3 805 216	37,6	4 631 133	2 259 837	48,8



Megeve	4 240	4 240	100	2 934	2 934	100
Metz- Nancy Lorraine	243 030	106 502	43,8	19 159	6 970	36,4
Montpellier Méditerranée	1 934 460	1 276 485	66,0	1 099 545	823 079	74,9
Nancy Essey	1 952	1 820	93,2	1 626	1 550	95,3
Nantes Atlantique	7 190 862	2 851 722	39,7	3 280 830	1 867 165	56,9
Nevers - Fourchambault	213	180	84,5	460	386	83,9
Nice Cote d'Azur	14 468 813	5 027 464	34,7	6 530 627	3 453 171	52,9
Nimes Ales Camarque Cévennes	230 852	2 528	1,1	70 207	2 164	3,1
Orleans St Denis De L'Hotel	1 602	1 068	66,7	1 625	938	57,7
Ouessant	3 304	3 304	100	3 277	3 277	100
Paris Beauvais	3 982 464	87 513	2,2	2 072 924	90 351	4,4
Paris Charles de Gaulle	76 115 255	6 293 171	8,3	26 192 631	3 575 636	13,7
Paris Orly	31 851 766	9 851 766	30,9	15 722 974	4 958 961	31,5
Paris Vatry	80 636	2 845	3,5	44 488	2 960	6,7
Pau Pyrénées	605 205	580 872	96,0	243 546	241 657	99,2
Périgueux - Bassillac	183	129	70,5	128	85	66,4
Perpignan Rivesaltes Méditerranée	447 938	263 197	58,8	256 728	198 096	77,2
Poitiers Biard	92 579	26 192	28,3	19 532	6 593	33,8
Quimper Bretagne	57 707	51 843	89,8	7 218	7 218	100
Rennes Saint Jacques	848 665	606 650	71,5	394 126	355 832	90,3
Rodez Marcillac- Aveyron	86 812	50 717	58,4	30 357	21 679	71,4
Rouen Vallee de Seine	15 578	14 732	94,6	1 116	743	66,6
St. Brieuc Armor	3 896	3 604	92,5	4 791	3 641	76,0
St. Etienne Loire	5 400	5 400	100	3 583	3 556	99,2
Saint Nazaire Montoir	18 100	18 025	99,6	3 464	3 464	100
St. Tropez La Mole	4 015	1 903	47,4	5 034	2 052	40,8



Strasbourg Entzheim	1 283 814	867 340	67,6	628 392	502 790	80
Tarbes Lourdes Pyrenées	466 325	136 047	29,2	122 732	51 573	42,0
Toulon Hyeres	507 054	430 707	84,9	346 425	316 385	91,3
Toulouse Blagnac	9 597 311	4 855 394	50,6	3 815 214	2 462 099	64,5
Tours Val de Loire	196 363	37 189	18,9	63 881	21 523	33,7
Troyes en Champagne Barbery	1 113	899	80,8	1 970	1 845	93,7
Valence - Chabeuil	1 966	1 214	61,7	2 653	1 344	50,7
Vannes Meucon	883	745	84,4	1 172	947	80,8
Valenciennes Denain	1 493	1 419	95	2 066	2 066	100