

Airⁿeth signaleringsnotitie: 2024

Christiaan Behrens
Antonia Petrat

In opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
Den Haag

Juni 2024





Inhoud

Inleiding	3
Duurzaamheid en leefbaarheid	3
Geopolitiek	9
Hogesnelheidstreinen	10
Concurrentie	10
Luchthavens, capaciteit en slotallocatie	11
Urban air mobility	12
COVID-19	12
Literatuur	13



Inleiding

Opzet & aanpak

De Airneth-signaleringsnotitie identificeert belangrijke ontwikkelingen in de luchtvaartmarkt die relevant kunnen zijn voor het Nederlandse luchtvaartbeleid. De notitie komt periodiek tot stand via een analyse en selectie van recent verschenen wetenschappelijke studies en input van de Airneth-fellows. Deze signaleringsnotitie biedt input voor de actuele strategische beleidsvraagstukken die in het kader van de Luchtvaartnota en luchtvaart in de toekomst aan de orde zijn. De in deze notitie genoemde onderwerpen kunnen via het Airneth-netwerk verder worden uitgediept, bijvoorbeeld via seminars en/of het schrijven van position papers over de beleidsrelevante thema's.

De meest recente Airneth-signaleringsnotitie is in november 2023 verschenen en bevat de inzichten uit gepubliceerde studies uit 2022. Het doel van de huidige notitie is om een overzicht te geven van in 2023 verschenen wetenschappelijke studies. Voor deze signaleringsnotitie kijken we onder andere naar de thema's duurzaamheid & leefbaarheid, (luchthaven)capaciteit en slotallocatie, urban air mobility en COVID-19. Daarnaast zijn er in 2023 ook studies verschenen waarin de geopolitieke context van luchtvaart, de relatie tussen air/rail en (prijs)concurrentie centraal staan.

Deze signaleringsnotitie kijkt naar studies verschenen in wetenschappelijke tijdschriften.¹ De meeste studies over luchtvaartonderwerpen verschijnen in specifieke transport- of luchtvaarttijdschriften zoals *Transport Policy*, *Transportation Research Part A*, *Transportation Research Part B* en *Journal of Air Transport Management*. In 2023 zijn geen luchtvaartgerelateerde artikelen verschenen in de algemene top economische wetenschappelijke tijdschriften, zoals bijvoorbeeld *Review of Economic Studies* of de *American Economic Review*. Noemenswaardig zijn wel twee publicaties over de stappen om tot een duurzame luchtvaart te komen in respectievelijk *Nature Sustainability* en *Nature Communications*.

De signaleringsnotitie heeft niet tot doel om voor elk paper gedetailleerd inzicht te geven in de validiteit van de gebruikte methoden en getrokken conclusies. De signaleringsnotitie geeft wel eventuele kanttekeningen bij de generaliseerbaarheid en toepasbaarheid van de inzichten voor de Nederlandse context.

Duurzaamheid

Zoals in 2022 richtten ook in 2023 veel wetenschappelijke artikelen zich op duurzaamheids- en leefbaarheidsvraagstukken rondom luchtvaart. Voor deze update van de signaleringsnotitie zijn er 14 in 2023 gepubliceerde studies geselecteerd op dit thema op basis van relevantie. Tabel 1 geeft een overzicht van deze 14 studies en de bijbehorende kernwoorden. Enkele van deze 14 studies lichten we hieronder nader toe.

Klimaat effecten

Bergero et al. (2023) evalueren de verschillende manieren waarop rond 2050-2060 net-zero voor de luchtvaart te bereiken is. De onderzoekers stellen dat een daling van 50 tot 75 procent in de vraag naar luchtvervoer noodzakelijk is om te komen tot een 61 procent lagere CO₂-uitstoot in 2050. Ze gebruiken hiervoor de zogenoemde Kaya-identiteit. Dit is een formule die CO₂-uitstoot relateert aan bevolkingsgroei, economische groei, energie- en CO₂-intensiteit. Om deze verminderingen te behalen is het overstappen naar alternatieve vervoerswijzen zoals

¹ De zoekstrategie vormt een combinatie van het gebruik van referentiedatabases zoals Web of Science, het doornemen van de verschenen edities van de transport- en luchtvaarttijdschriften en een korte uitvraag bij enkele Airneth-fellows. Dit resulteert in een lijst van enkele honderden studies waarvan er enkele tientallen zijn geselecteerd op titel, kernwoorden, abstract en een eerste inschatting van de toegankelijkheid en relevantie. Na verdere bestudering volgt de uiteindelijke selectie voor deze notitie.



hogesnelheidstreinen nodig. De onderzoekers geven aan dat alleen in combinatie met andere radicale gedragsaanpassingen de historische trend tussen bevolkings- en economische groei enerzijds en vraag naar luchtvaartdiensten anderzijds kan worden verbroken. Het artikel gaat verder niet in op concrete(re) beleidsmaatregelen. De auteurs geven aan dat verbeteringen in de energie-efficiëntie van vliegtuigen, technologische vooruitgang en luchtverkeersleiding de emissies nog eens met maximaal 27 procent kunnen doen verminderen. Bovendien biedt het toepassen van biobrandstoffen en/of synthetische brandstoffen in plaats van kerosine verdere mogelijkheden voor emissiereductie.

Tabel 1 Er zijn in 2023 veel studies verschenen rondom duurzaamheids- en leefbaarheidsvraagstukken

Auteurs	Titel	Tijdschrift	Keywords
Baneshi et al.	Conflict assessment and resolution of climate-optimal aircraft trajectories at network scale	Transportation Research Part D	Gebruik routes, CO2 mitigatie, veiligheid
Beghelli et al.	Health benefits of reducing aircraft pollution: evidence from changes in flight paths	Journal of Population Economics	Externaliteiten, gezondheidsrisico's, gebruik routes
Bergero et al.	Pathways to net-zero emissions from aviation	Nature Sustainability	Net-zero, Sustainable aviation fuels
Eaton et al.	Market capabilities and environmental impact of all-electric aircraft	Transportation Research Part D	Net-zero emissies, elektrisch vliegen
Ganić et al.	New perspectives on spatial and temporal aspects of aircraft noise: Dynamic noise maps for Heathrow airport	Journal of Transport Geography	Geluid, meten, impact op leefomgeving dynamisch
Gössling & Humpe	Net-zero aviation: Transition barriers and radical climate policy design implications	Science of the total environment	Uitdagingen net-zero luchtvaart, transitie en radicaal beleid
Katz-Rosene & Ambe-Uva	Degrowth, Air Travel, and Global Environmental Governance: Scaffolding a Multilateral Agreement for a Smaller and More Sustainable Aviation Sector	Global Environmental Politics	Groene groei, groeivermindering, CORSIA
Korba et al.	Passengers' Knowledge and Attitudes toward Green Initiatives in Aviation	Sustainability	Groen gedrag consumenten
Kühlen et al.	From passenger itineraries to climate impact: Analyzing the implications of a new mid-range aircraft on the global air transportation system	Journal of Air Transport Management	Vlootvernieuwing, aangepaste bedrijfsmodellen
Li & Merkert	“Door-to-door” carbon emission calculation for airlines – Its decarbonization potential and impact	Transportation Research Part D	Emissiecalculator, deur-tot-deur
Sacchi et al.	How to make climate-neutral aviation fly	Nature Communications	Net-zero, synthetische brandstoffen
Truong-Dinh et al.	Effects of consumer perceptions on carbon-offset payment through mediating and moderating mechanisms	Transportation Research Part D	CO2 off-sets, groen gedrag consumenten
Warnock-Smith et al.	Measuring disparities in air transport access across Europe: An inequality, vulnerability and dependence approach	Transportation Research Part A	Bereikbaarheid, connectiviteit, (on)gelijkheid
Wu & Redonnet	Aircraft noise impact prediction with incorporation of meteorological effects	Transportation Research Part D	Geluids- en weereffecten

In een aanvullende en meer oplossingsgerichte studie verkennen Sacchi et al. (2023)



verschillende strategieën om de klimaatimpact van de Europese luchtvaart te verminderen. Ze kijken hierbij naar Direct Air Capture & Carbon Storage (DACCS) en naar de productie van synthetische kerosine uit opgevangen atmosferische CO₂. DACCS is een technologie waarmee CO₂ rechtstreeks uit de lucht wordt verwijderd en permanent ondergronds wordt opgeslagen. Ze concluderen dat synthetische kerosine in combinatie met DACCS significant minder klimaatopwarming veroorzaakt dan fossiele vliegtuigbrandstoffen. De potentiële vermindering van de opwarming kan oplopen tot wel 66 procent vergeleken met een scenario zonder deze mitigerende maatregelen. De implementatie van deze oplossing vereist echter aanzienlijke hoeveelheden groene(re) stroom, land en zoetwater. Het is onzeker of de productiecapaciteit in Europa voldoende is om aan de vraag te voldoen.

Gössling & Humpe (2023) onderzoeken de uitdagingen die de decarbonisatie van luchttransport belemmeren en analyseren de groei, omzet en winstgevendheid van de sector van 1978 tot 2022. Ze identificeren 40 barrières, zie Figuur 1. Deze barrières zijn gerelateerd aan: mitigatie van klimaatverandering, management, technologische innovatie, brandstoftransitie, financiën, beleid en samenleving. De barrières sluiten aan bij de door Bergero et al. (2023) en Sacchi et al. (2023) genoemde uitdagingen. Gössling & Humpe (2023) richten zich op de bredere context en behandelen verschillende beleidsscenario's, waaronder CO₂-belastingen en verplichtingen voor alternatieve brandstoffen. Volgens de onderzoekers kunnen deze scenario's leiden tot meer betrouwbare net-zero resultaten in vergelijking met het huidige op (economische) groei gerichte model dat door luchtvaartmaatschappijen lijkt te worden nagestreefd.

Figuur 1 Er zijn zeven thema's voor de transitiebarrières naar duurzame luchtvaart

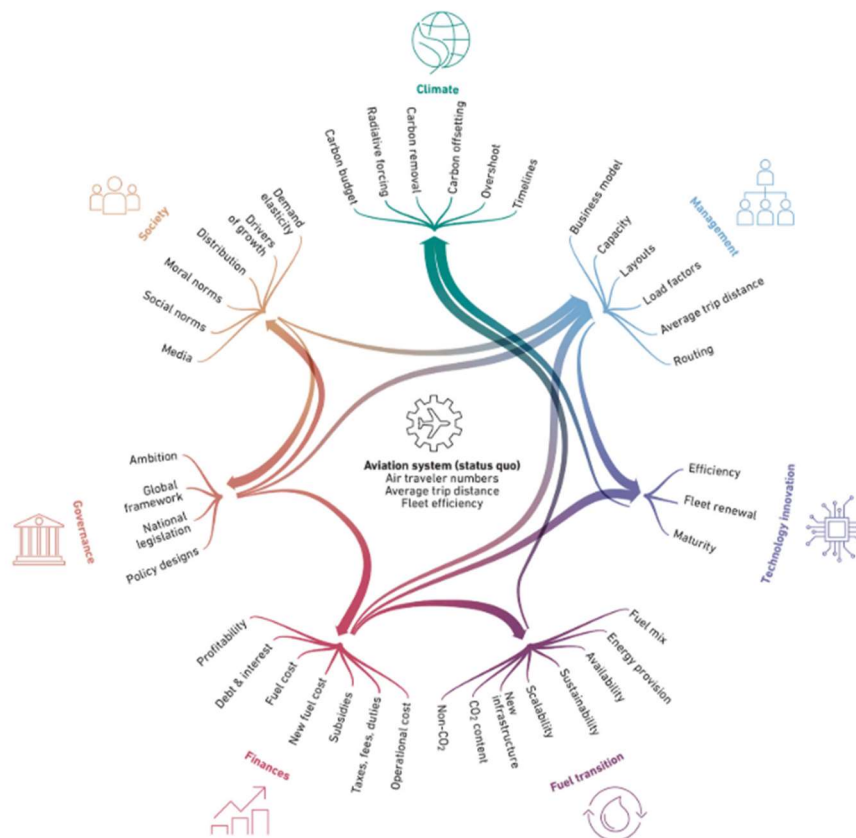


Fig. 2. Transition barriers to climatically sustainable aviation.

Bron: Gössling & Humpe (2023)

Baneshi et al. (2023) verkennen de afruil tussen klimaatvriendelijke routekeuzes en de complexiteit van het luchtverkeer. Voor niet-CO₂ uitstoot zijn de temporele en lokale



omstandigheden van de route van belang. Het optimaliseren van routes op (het beperken van) niet-CO₂ uitstoot in een druk netwerk resulteert in meer complexiteit van dit netwerk en daardoor een hogere kans op conflicten. Conflicten zijn situaties waarin twee of meer vliegtuigen te dicht bij elkaar komen. Dit brengt veiligheidsrisico's met zich mee. De onderzoekers introduceren een nieuw optimalisatiemodel om deze afruil te optimaliseren. Hun casestudy met ongeveer duizend vluchten in Spanje en Portugal toont aan dat klimaatoptimalisatie de operationele kosten verhoogt en het aantal conflicten doet toenemen. Het voorgestelde model verlaagt de kans op conflicten door te sturen op snelheidsaanpassingen. Door kleine toenames in operationele kosten en klimaatimpact te accepteren, kan het aantal conflicten aanzienlijk worden verminderd. Het onderzoek laat zien hoe in de luchtvaart sprake is van een afruil tussen economie, klimaat en veiligheid.

Gedrag consumenten

Truong-Dinh et al. (2023) onderzoeken wat consumenten motiveert om op vrijwillige basis CO₂-uitstoot in de luchtvaart te compenseren. Zij baseren deze conclusies op enquêtegegevens van 404 respondenten op Taoyuan International Airport in Taiwan. De focus van hun studie ligt op het blootleggen van de motieven. De resultaten laten zien dat consumenten hun gedrag baseren op de mate waarin ze de altruïstische (maatschappelijke) uitingen van de luchtvaartmaatschappijen vertrouwen en de sociale normen waaraan ze hun eigen gedrag spiegelen. Hoewel deze studie als één van de eerste laat zien dat (consumenten)vertrouwen in de oprechte bedoelingen van de luchtvaartmaatschappij belangrijk is in het keuzeprocess, biedt hun studie helaas geen inzicht in de betalingsbereidheid gemeten in monetaire eenheden. Tijdens een recent Airneth-seminar hebben drie wetenschappers gereflecteerd op hoe betere informatie en een andere manier van het aanbieden van producten groenere keuzes van luchtvaartreizigers kunnen stimuleren. Tot op heden zijn er geen wetenschappelijke studies over duurzaam keuzegedrag van Nederlandse reizigers in de luchtvaart bekend. Zo'n type onderzoek is mogelijk interessant omdat het gedrag van consumenten kan verschillen tussen locaties en ook kan verschillen tussen typen aankopen, het kopen van etenswaren is anders dan het kopen van vliegtickets. Daarnaast is een duidelijk inzicht in de betalingsbereidheid en daarmee de prijsgevoeligheid voor dit type (vrijwillige) maatregelen een parameter om de mogelijke impact van de maatregelen te voorspellen.

Geluid

Ganić et al. (2023) richten zich op de ontwikkeling van nieuwe methoden en instrumenten om de impact van geluid van vliegtuigen op de bevolking te beperken. Hun onderzoek, specifiek gericht op de luchthaven Londen Heathrow, toont dat meer mensen ernstig gehinderd worden door vliegtuiglawaai dan eerder geschat met statische 'Airport noise contours' (zie Figuur 2). Statische geluidscontouren gaan uit van een bepaalde vaste hoeveelheid activiteiten op de grond gedurende de dag. Dynamische geluidscontouren houden rekening met de variatie in de mate waarin activiteiten gedurende de dag op de grond plaatsvinden. 'Airport noise contours' zijn grafische weergaven die de gebieden rondom een luchthaven tonen en worden beïnvloed door verschillende niveaus van vliegtuiggeluid. Dynamische mapping van reisgegevens, een methode die veranderingen in real-time visualiseert, laat zien dat mensen gedurende de dag meer tijd doorbrengen binnen de geluidscontouren dan in eerder onderzoek werd aangenomen. Deze benadering biedt inzichten voor beleidsmakers om de effecten van vliegtuiglawaai beter in kaart te brengen en zo gericht te sturen op het verminderen van geluidsoverlast.



Figuur 2 Het verschil tussen een dynamisch en statisch scenario

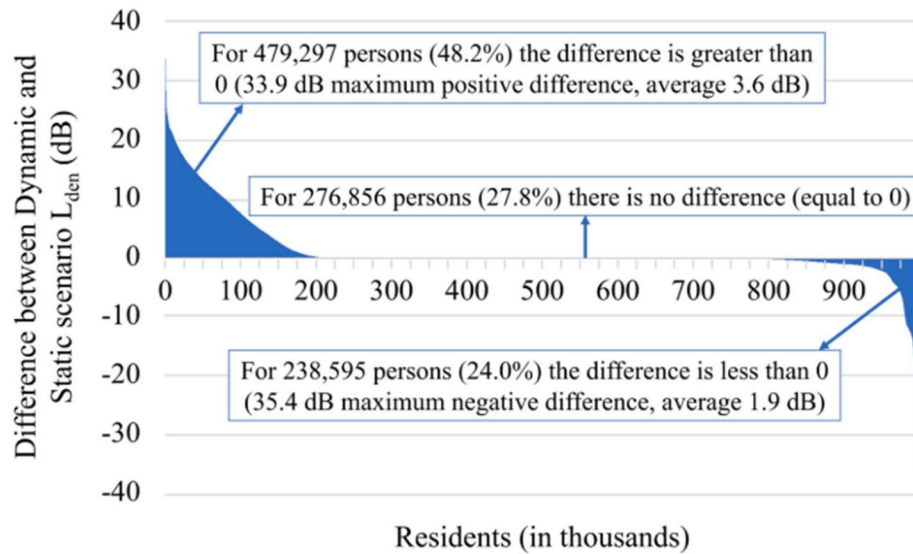


Fig. 6. L_{den} difference between Dynamic and Static scenario.

Bron: Ganić et al. (2023)

Beghelli et al. (2023) onderzoeken de gezondheidseffecten van vliegtuiglawaai op omwonenden van de luchthaven Londen Heathrow. In tegenstelling tot Ganić et al. (2023), die zich richten op het analyseren van dagelijkse blootstelling aan vliegtuiglawaai, bekijken Beghelli et al. (2023) specifiek de impact ervan op de gezondheid en bestuderen het maandelijks aantal uitgegeven recepten voor medicijnen. Hun bevindingen, gebaseerd op een Difference-in-Differences-analyse, tonen een statistisch significante afname van de uitgaven voor medicijnen tegen aandoeningen van het centrale zenuwstelsel (5,8 procent) en de luchtwegen (3,3 procent) in gebieden met verminderd geluid tijdens het experiment. Dit onderzoek strekt zich uit over vijf maanden, tijdens de Early Morning Arrivals Trial in de periode van november 2011 tot en met maart 2012. In deze periode heeft de luchthaven Heathrow maatregelen genomen zoals het promoten van stillere vliegtuigen, aanpassingen van werkprocedures en het bieden van isolatie voor woningen om geluidsoverlast te verminderen. Het onderzoek omvatte afwisselende geluidsvrije zones tijdens de vroege ochtenduren en het omleiden van nachtvluchten naar andere gebieden. De focus van het empirisch onderzoek ligt op de vergelijking van het medicijngebruik tijdens deze periode en een jaar later (van november 2012 tot maart 2013) tussen regio's die tijdens het experiment wel zijn beïnvloed door de tijdelijke wijziging in vliegroutes en regio's die niet zijn beïnvloed. Uit het meer consumeren van medicatie concluderen de onderzoekers het gezondheidseffect van geluidsoverlast.

Leefbaarheid

Het onderzoek van Warnock-Smith et al. (2023) wijst op significante verschillen (ongelijkheid) in de toegang tot luchtvaartdiensten binnen Europa, met name in Finland, Letland, Zweden en Spanje (zie Figuur 3). Ze evalueren de connectiviteit in 1.388 Europese regio's door te kijken naar het aantal verschillende rechtstreekse vliegbestemmingen dat toegankelijk is voor inwoners. Hierbij is het verschil gemeten als de 20:20-verhouding tussen 20 procent met de meeste toegang en 20 procent met de minste toegang tot luchtvaartdiensten.² Deze verhouding identificeert regio's met lage niveaus van toegang, met name die in de onderste vijf procent. De bevindingen benadrukken de noodzaak van

² De 20:20 ratio is één van de Human Development Indicators van het United Nations Development Programme. Het meet ongelijkheid door het inkomen of de welvaartsverdeling van de top 20% van de bevolking te vergelijken met die van de onderste 20%.



voortdurende publieke interventie om essentiële luchtvaartdiensten te waarborgen, vooral voor regio's met een beperkte toegang tot connectiviteit. Het onderzoek biedt een methodologisch kader voor het beoordelen van prioriteiten voor dergelijke interventies en benadrukt tegelijkertijd de beperkingen van de datakwaliteit en onvolledige informatie over bestaande steunmaatregelen. Uit de analyse komt naar voren dat Nederland (zeer) goed verbonden is. Het onderzoek kijkt alleen naar luchtvaartconnectiviteit, een logische uitbreiding binnen Europa ligt bij het includeren van de connectiviteit via het (hogesnelheid) spoor.

Figuur 3 Indicator voor alle NUTS3-subregio's en de top 25 luchthavens, 2019 (200 km threshold).

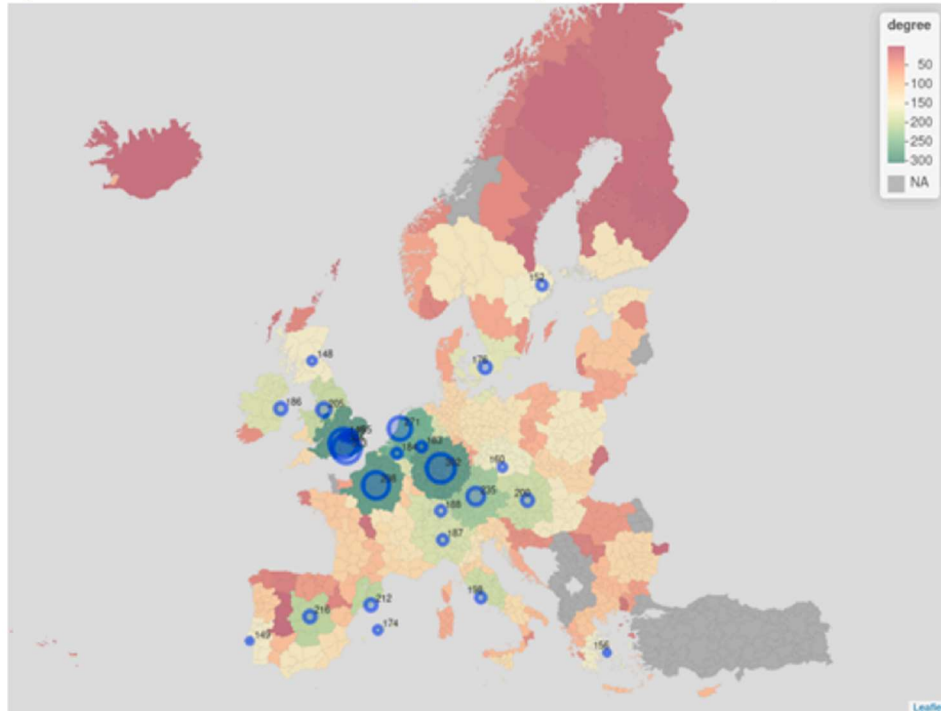


Fig. 7. Degree indicator for all NUTS3 sub regions and top 25 airports, 2019 (200 km threshold).

Bron: Warnock-Smith et al. (2023)

Cristea (2023) onderzoekt de hypothese dat de uitbreiding van het luchtvaartnetwerk van een stad de economische groei stimuleert aan de hand van data in de Verenigde Staten over de periode van 1984 tot en met 2013. De bevindingen suggereren dat verhoogde connectiviteit, mogelijk gemaakt door een groeiend lokaal luchtvaartnetwerk, een positieve invloed heeft op bevolkingsgroei, werkgelegenheid en de oprichting van nieuwe bedrijven in het gebied. Een toename van 1 procent in connectiviteit relateert aan een bevolkingsgroei van 0,009 procent, aan een toename van 0,032 procent in de totale werkgelegenheid en aan een toename van 0,024 procent in het aantal bedrijfsvestigingen. De studie corrigeert via econometrische paneldata-technieken voor de verschillen in kenmerken tussen steden, maar kijkt niet naar de interactie tussen de kenmerken en de impact van connectiviteit. Om de claim van causaliteit – waarbij connectiviteit een causaal effect heeft op stedelijke ontwikkeling – te verstevigen, maakt de studie daarnaast ook gebruik van ‘instrument variables’, waaronder ontwikkelingen van de steden in eerdere periodes.

De studie van Cristea (2023) is de meest recente in een set van studies die middels paneldata en “instrument variables” de causale impact van luchtvaart op (lokale) economische ontwikkeling toetsen. De kennis over deze causale relatie is onder andere belangrijk in de context van de maatschappelijke kosten-baten analyse om bredere economische effecten te kwantificeren. Er zijn geen recente studies specifiek uitgevoerd voor de Nederlandse en/of West-Europese economie en de causale relatie is tot op heden enkel getoetst op groei van luchtvaart, en niet op mogelijke krimp of beperking van luchtvaart.



Geopolitiek

Chu et al. (2023) onderzoeken de impact van de oorlog in Oekraïne op het mondiale luchtvervoer. De onderzoekers kijken specifiek naar het gebruik van andere luchtvaartroutes en geannuleerde vluchten. De studie benadrukt de kwetsbaarheid van internationale luchtvaartmaatschappijen voor regionale gebeurtenissen en biedt inzichten voor het optimaliseren van het vliegen van alternatieve luchtvaartroutes als reactie op dergelijke conflicten. Met behulp van luchtverkeersleidingdata om vliegtuigtrajecten te volgen, identificeren ze de luchtvaartmaatschappijen en meten ze veranderingen in verkeerspatronen en kosten voor en tijdens het conflict. Figuur 4 toont aan dat de vliegtijd tussen Canada en Korea aanzienlijk is toegenomen door het conflict (a), terwijl de route van, bijvoorbeeld, Zwitserland naar Engeland niet werd beïnvloed (b). Geopolitieke omstandigheden kunnen dus resulteren in asymmetrische effecten voor luchtvaartmaatschappijen.

Figuur 4 Histogrammen van vliegtijden tussen een OD-luchthaven.

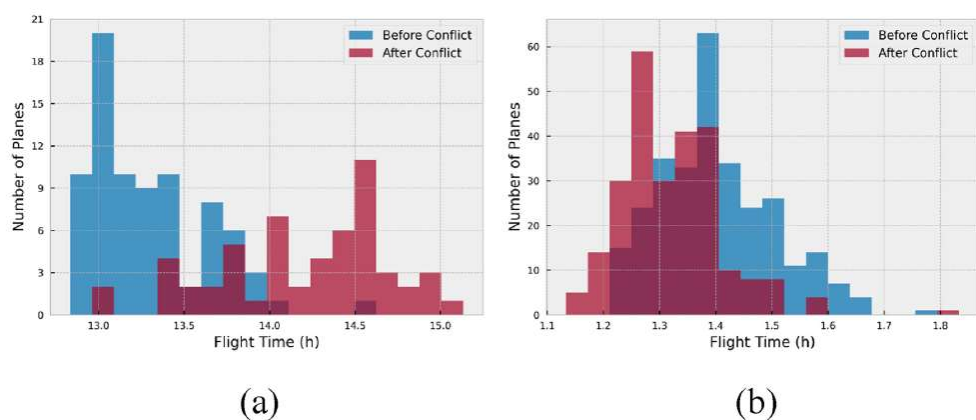


Fig. 5. Histograms of flight time between an OD airport. (a) Toronto, Canada to Incheon South Korea ($p = 2.6489e-17$). (b) Geneva, Switzerland to London, the UK ($p = 1.0$).

Bron: Chu et al. (2023)

Daarnaast stellen de auteurs een incrementele index voor om de cumulatieve stijging van de vluchtkosten voor elk getroffen land te kwantificeren. Figuur 5 toont aan dat met name voor luchtvaartverbindingen van en naar landen in Azië, zoals Japan en Korea, extra kosten zijn gemaakt als gevolg van routewijzigingen naar aanleiding van de oorlog in Oekraïne.

Ook Han et al. (2023) onderzoeken de impact van de oorlog in Oekraïne op de luchtvaart, maar dan vanuit het milieuperspectief. Met behulp van geaggregeerde data van 2021 en 2022 en een econometrisch model concluderen de auteurs dat er sprake is van een significante toename in CO₂-uitstoot na het uitbreken van het conflict (gemiddeld 0.092 MtCO₂ in de EU). Ze kijken hierbij naar de landen Frankrijk, Duitsland, Italië, Spanje, het Verenigd Koninkrijk, de Verenigde Staten en Rusland. De grootste stijging in CO₂-uitstoot is te koppelen aan het Verenigd Koninkrijk (0.170 MtCO₂), terwijl de Verenigde Staten (0.065 MtCO₂) en Frankrijk (0.071 MtCO₂) lagere toenames vertoonden. De analyse toont verder dat veranderingen in energieprijzen uiteenlopende effecten hadden op de uitstoot. De stijgende gasprijzen zorgden voor een toename van de CO₂-uitstoot, omdat hogere gasprijzen leidden tot een substitutie naar meer vervuilende energiebronnen zoals steenkool. Daarnaast identificeert de studie de sectoren internationale luchtvaart, industrie, energie en huishoudens als de belangrijkste bijdragers aan de als gevolg van de oorlog toegenomen CO₂-uitstoot in de EU. Dit onderzoek biedt waardevolle inzichten in de complexe relatie tussen politieke conflicten en CO₂-uitstoot en biedt richtlijnen voor effectief milieubeheerbeleid.



Figuur 5 Wereldwijd overzicht van de toename in vluchtkosten en het aantal omgeleide luchtvaartmaatschappijen.

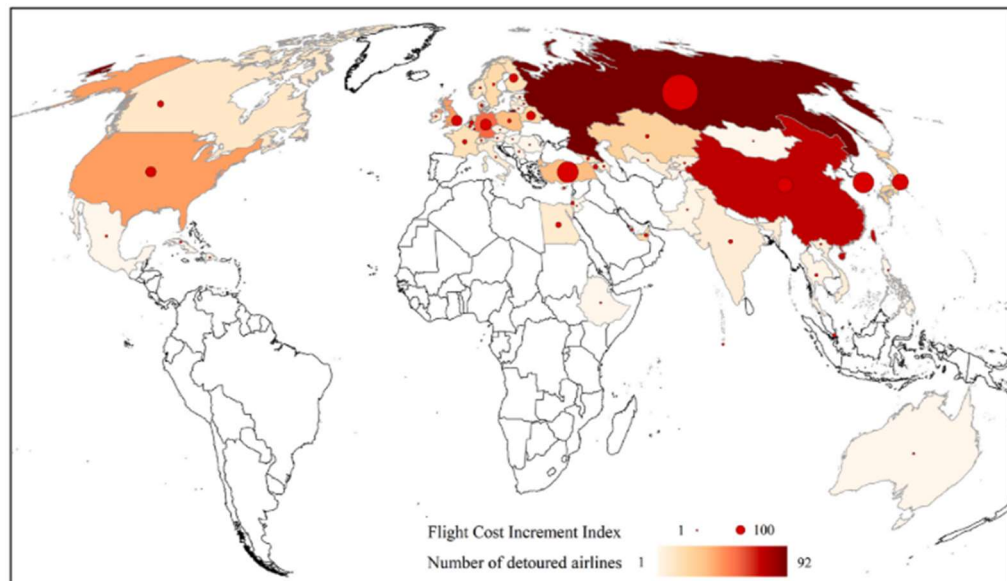


Fig. 7. Global view of flight cost increment and number of detoured airlines.

Bron: Chu et al. (2023)

Hogesnelheidstreinen

Avogadro et al. (2023) onderzoeken strategieën om het marktaandeel van hogesnelheidstreinen (HSR) op de route Londen-Amsterdam te vergroten, met behulp van een nested logit-model. Recente verstoringen in het luchtverkeer, zoals personeelstekorten en stakingen, blijken het marktaandeel van HSR aanzienlijk te vergroten. Uit de analyse van gegevens van 2015 tot 2019 blijkt dat het verlagen van HSR-tarieven en het invoeren van een vliegticketbelasting beperkt effectief zijn als deze niet gepaard gaan met verbeteringen in de kwaliteit van de HSR. Het verhogen van de frequentie van HSR en het verkorten van reistijden blijken de meest effectieve maatregelen te zijn om het aantal HSR-passagiers te vergroten. Deze maatregelen genereren een hoger substitutie-effect in vergelijking met tariefaanpassingen. In een andere maar gelijksoortige studie onderzoeken Avogadro & Redondi (2023) eveneens de voorkeuren van passagiers en vraagpatronen, met een focus op de passagiersmarkt Londen-Parijs. De resultaten zijn in lijn met de eerdere studie(s).

Concurrentie

Luchtvaart is vanwege de beschikbare data en de marktwerking in een gedereguleerde beleidsomgeving een aantrekkelijk voorbeeld om concurrentiepatronen te analyseren. Het onderzoek van de Nederlandse onderzoekers Kerkemeros et al. (2023) is hier een voorbeeld van. De auteurs bestuderen in hoeverre de ontwikkeling van concurrentie in een bepaalde markt de uiteindelijke marktuitskomsten kan verklaren. Hiervoor bestuderen ze oligopolistische en monopolistische luchtvaartmarkten in het heden. Ze kijken in hoeverre een verschil in het verleden tussen nu gelijke markten een impact heeft op de huidige prijsconcurrentie in de markten. Het historische verschil tussen de markten is of ze wel of geen toe- of uitbreiding van concurrenten hebben gehad. Zogenaamde “quiet life markets” hebben geen structurele verandering ondergaan en waren dus bijvoorbeeld altijd al een monopolie of duopolie (twee concurrenten). Daartegenover staan de “non-quiet life markets” waarbij door toe- of uitbreiding de marktstructuur is veranderd, bijvoorbeeld van monopolie naar duopolie, of van volledige concurrentie naar duopolie. De econometrische analyse van de ticketprijzen van Amerikaanse luchtvaartmaatschappijen van 1993 tot 2014 laat zien dat zelfs als de huidige marktstructuur gelijk is er significante verschillen zijn in de



prijzdynamiek afhankelijk van of in het verleden de marktstructuur is gewijzigd. Voor “quiet life” duopolie markten geldt dat deze systematisch hogere prijzen kennen dan “non-quiet life” duopolie markten, de wijziging in marktstructuur wijst op meer potentiële concurrentie en dat leidt tot lager prijzen. Voor “quiet life” monopolies geldt juist dat er lagere prijzen zijn dan voor “non-quiet life” monopolies. De onderzoekers vermoeden hier juist dat een monopolie dat ontstaat vanuit een concurrentieslag minder toekomstige concurrentie kent en daardoor hogere prijzen in de markt zet. Bij een historisch monopolie (quiet life) is er mogelijk meer sprake van concurrentiedruk van potentiële concurrenten waardoor de prijzen worden gedempt.

Calzada en Fageda (2023) onderzoeken hoe de dominantie van luchtvaartmaatschappijen op bestemmingsluchthavens van invloed is op de mate waarin vertragingen optreden. Uit hun resultaten blijkt dat luchtvaartmaatschappijen met een grote aanwezigheid op bestemmingsluchthavens minder vertragingen hebben dan andere. Dit sluit aan bij de bestaande literatuur over het internaliseren van congestie. Deze theorie voorspelt een negatieve relatie tussen de dominantie van luchtvaartmaatschappijen op bestemmingsluchthavens en vertragingen. Opvallend uit het onderzoek van Calzada en Fageda (2023) is dat vluchten van low-cost luchtvaartmaatschappijen met een dominante positie op bestemmingsluchthavens juist meer vertragingen vertonen in vergelijking met traditionele netwerkmaatschappijen. Deze resultaten kunnen worden verklaard door de routeconfiguratie van budgetmaatschappijen en hun relatief lage aantal overstappende passagiers waardoor het internaliseren van congestie minder belangrijk is. Voor de analyse gebruiken ze dagelijkse vluchtgegevens voor zes Spaanse luchthavens in 2017-2018. De analyse omvat verschillende robuustheidscontroles, zoals het gebruik van verschillende maatstaven voor vertragingen en het onderzoeken van externe oorzaken van vertragingen.

Het onderzoek van Wong et al. (2023) onderzoekt op welke manier nieuwe luchtvaartverbindingen kunnen worden geselecteerd op de mate waarin deze kunnen bijdragen aan de totale connectiviteit van een bepaalde luchthaven. Ze kijken hierbij met name naar het toevoegen van routes naar bestemmingen die zelf ook weer een groot bestemmingenportfolio kennen waardoor de totale connectiviteit via indirecte connectiviteit kan toenemen. Ze gebruiken data over passagiersvolumes en dienstregelingen (frequenties en stoelcapaciteit) van 2011 tot 2019 om potentiële nieuwe routes te identificeren op basis van voorspellingen van verkeersvolumes en het bestaande netwerk. De auteurs demonstreren de toepassing van hun methode door nieuwe routes te identificeren voor Melbourne Airport. Ze identificeren 132 potentiële bestemmingen, rangschikken ze op basis van potentiële impact op totale connectiviteit (inclusief indirecte connectiviteit) en schatten de bijhorende verkeersvolumes. Het gaat om bestemmingen waar op dit moment nog geen directe verbinding aanwezig is. De ranglijst suggereert dat mogelijke nieuwe routes naar Tokyo (HND), Johannesburg (JNB) en Addis Abeba (ADD) van groot belang zouden zijn in het wereldwijde netwerk vanuit het perspectief van Melbourne. De onderliggende analyse van het netwerk in connectiviteitsmaatstaven sluit in grote lijnen aan bij de verschillende indicatoren die jaarlijks door de Nederlandse overheid over de Nederlandse luchthavens worden gerapporteerd. Het belangrijkste verschil is dat de studie van Wong et al. (2023) als doel heeft om routeontwikkeling te voorspellen. Daarom kijkt deze studie ook direct naar (toekomstige) passagiersstromen en maakt de studie geen gebruik van een andere proxy voor de kwaliteit van de bestemming. Tokyo komt dus als belangrijke nieuwe route voor Melbourne naar voren omdat het in staat stelt om de potentiële dikke directe markt tussen Melbourne en Tokyo te bedienen en alle potentiële dikke markten van Melbourne naar elders via Tokyo.

Luchthavens, capaciteit en slotallocatie

Bichler et al. (2023) verkennen de uitdagingen en mogelijke oplossingen met betrekking tot de efficiënte (primaire) toewijzing van slots op luchthavens. Dit is volgens de onderzoekers noodzakelijk gegeven de verwachte groei in het luchtverkeer en de beperkte mogelijkheden om additionele fysieke capaciteit te realiseren. Het voorgestelde veilingmechanisme, waarbij de van te voren uitgevraagde betalingsbereidheid van luchtvaartmaatschappijen voor slots



worden meegenomen, laat zien dat dit type veilingen van slots aanzienlijke efficiencywinsten kunnen opleveren. Het gaat dan om een stijging van meer dan 35 procent ten opzichte van andere methoden. Het voorgestelde veilingmechanisme is in lijn met internationale richtlijnen, maar complexer dan de huidige gangbare verdelingssystematiek. Naast de genoemde studie zijn er in 2023 nog meer studies verschenen over slotallocatie, zoals Keskin & Zografos (2023), Wang et al. (2023) en Birolini et al. (2023). Deze studies zijn zeer technisch van aard en gericht op het optimaliseren van het wereldwijde slotsysteem, rekening houdend met allerlei allocatieprincipes.

Urban air mobility

Net als bij slots zijn er voor urban air mobility elk jaar relatief veel studies die vanuit het perspectief van operational research op een wiskundige manier proberen te komen tot een meer efficiënte (luchtvaart)systemen.³ Eén zo'n voorbeeld is het onderzoek van Levin en Ray (2023). Zij presenteren een innovatieve aanpak voor het plannen van dronebewegingen voor het vervoer van goederen in stedelijke luchtruimnetwerken. De onderzoekers maken hiervoor gebruik van integer lineair programmeren en een branch-and-price algoritme. Hun algoritme resulteert mogelijk in tot circa 18 procent meer resultaat (winst) en circa 17 procent meer maximale bediening door dronebezorgdiensten in stedelijke gebieden.

COVID-19

In tegenstelling tot 2022 is er minder wetenschappelijke literatuur gericht op de effecten van COVID-19 op de luchtvaartsector. Twee voorbeelden van zulke studies zijn Gualini et al. (2023) en Su et al. (2023). Su et al. (2023) analyseren de manier hoe de Europese luchtvaartindustrie herstelt van COVID-19. De onderzoekers schatten op basis van luchtverkeersdienstregelingendata een kansenmodel (ordered probit) van verschillende herstellprestatie-indicatoren, zoals het aantal verbonden steden voor luchthavens en O-D-paren bediend door luchtvaartmaatschappijen, vergeleken met de niveaus van vóór de pandemie. Uit hun onderzoek blijkt dat het herstel van luchthavens sterk afhankelijk is van de grootte van de luchthaven, ongeacht of de vluchten worden uitgevoerd door full-service luchtvaartmaatschappijen (FSAs) of low-cost carriers (LCCs). Bovendien zijn de luchthavens waar veel luchtvaartmaatschappijen actief zijn sneller en meer hersteld na COVID-19. Met betrekking tot de mate waarin luchtvaartmaatschappijen zich herstellen, blijkt dat grotere en dominante luchtvaartmaatschappijen beter gepositioneerd zijn om te herstellen. Dit komt volgens de onderzoekers voornamelijk door de financiële buffers. Deze bevindingen benadrukken de positieve relatie tussen de mate waarin bedrijven zich hebben kunnen herstellen van COVID-19 enerzijds en de marktconcentratie en bedrijfsgrootte anderzijds. De samenhang van het herstel in netwerkqualiteit en -connectiviteit en het type luchthaven en luchtvaartmaatschappij is ook in de Nederlandse context zichtbaar waarbij de grotere peer luchthavens van Schiphol sneller zijn hersteld dan de kleinere luchthavens zoals Brussel en Düsseldorf. Ten slotte blijkt uit het onderzoek dat het tijdelijk opschorten van de "use it or lose it" slotregels een positieve impact heeft gehad op het herstel van luchtvaartmaatschappijen.

³ Een ander thema binnen deze onderzoeks aanpak is het efficiënt gebruik van het luchtruim en luchtverkeersleiding, zie, in 2023, bijvoorbeeld de studies van Künnen et al. (2023a) en Künnen et al. (2023b).



Literatuur

- Avogadro, N., Pels, E., & Redondi, R. (2023). Policy impacts on the propensity to travel by HSR in the Amsterdam – London market. *Socio-economic Planning Sciences*, 87, 101585. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2023.1015856>
- Avogadro, N., & Redondi, R. (2023). Diverted and induced demand: Evidence from the London-Paris passenger market. *Research in Transportation Economics*, 100, 101304. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2023.101304>
- Baneshi, F., Soler, M., & Simorgh, A. (2023). Conflict assessment and resolution of climate-optimal aircraft trajectories at network scale. *Transportation Research. Part D, Transport and Environment*, 115, 103592. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2022.103592>
- Beghelli, S., De Coulon, A., & O'Mahony, M. (2023). Health benefits of reducing aircraft pollution: evidence from changes in flight paths. *Journal of Population Economics*, 36(4), 2581–2607. <https://doi.org/10.1007/s00148-023-00964-y>
- Bergero, C., Gosnell, G., Gielen, D., Kang, S., Bazilian, M., & Davis, S. J. (2023). Pathways to net-zero emissions from aviation. *Nature Sustainability*, 6(4), 404–414. <https://doi.org/10.1038/s41893-022-01046-9>
- Bichler, M., Gritzmann, P., Karaenke, P., & Ritter, M. (2023). On Airport Time Slot Auctions: A Market Design Complying with the IATA Scheduling Guidelines. *Transportation Science*, 57(1), 27–51. <https://doi.org/10.1287/trsc.2022.1166>
- Birolini, S., Jacquillat, A., Schmedeman, P., & Ribeiro, N. A. (2023). Passenger-Centric slot allocation at Schedule-Coordinated airports. *Transportation Science*, 57(1), 4–26. <https://doi.org/10.1287/trsc.2022.1165>
- Calzada, J., & Fageda, X. (2023). Airport dominance, route network design and flight delays. *Transportation Research. Part E, Logistics and Transportation Review*, 170, 103000. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2022.103000>
- Chu, C., Zhang, H., Zhang, J., Liu, C., & Lü, F. (2023). Assessing impacts of the Russia-Ukraine conflict on global air transportation: From the view of mass flight trajectories. *Journal of Air Transport Management*, 115, 102522. <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2023.102522>



- Cristea, A. (2023). The role of aviation networks for urban development. *Journal of Regional Science*, 63(4), 947–980. <https://doi.org/10.1111/jors.12645>
- Eaton, J., Naraghi, M., & Boyd, J. G. (2023). Market capabilities and environmental impact of all-electric aircraft. *Transportation Research. Part D, Transport and Environment*, 124, 103944. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2023.103944>
- Ganić, E., Rajé, F., & Van Oosten, N. (2023). New perspectives on spatial and temporal aspects of aircraft noise: Dynamic noise maps for Heathrow airport. *Journal of Transport Geography*, 106, 103527. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2022.103527>
- Göbbling, S., & Humpe, A. (2023). Net-zero aviation: Transition barriers and radical climate policy design implications. *Science of the Total Environment*, 912, 169107. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169107>
- Gualini, A., Zou, L., & Dresner, M. (2023). Airline strategies during the pandemic: What worked? *Transportation Research. Part a, Policy and Practice*, 170, 103625. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2023.103625>
- Han, L., Zhou, Z., Shi, B., & Wang, Y. (2024). Challenges to environmental governance arising from the Russo–Ukrainian conflict: Evidence from carbon emissions. *Journal of Environmental Management*, 349, 119481. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119481>
- Katz-Rosene, R., & Ambe-Uva, T. (2023). Degrowth, Air Travel, and Global Environmental Governance: Scaffolding a multilateral agreement for a smaller and more sustainable aviation sector. *Global Environmental Politics*, 23(4), 119–140. https://doi.org/10.1162/glep_a_00714
- Kerkemeros, Y., Pennings, E., Karreman, B., & Van Reeve, P. (2023). Price asymmetries and the path dependence of market power: Evidence from the U.S. airline industry. *International Journal of Industrial Organization*, 87, 102921. <https://doi.org/10.1016/j.ijindorg.2023.102921>
- Keskin, M., & Zografos, K. G. (2023). Optimal network-wide adjustments of initial airport slot allocations with connectivity and fairness objectives. *Transportation Research. Part B: Methodological/Transportation Research. Part B, Methodological*, 178, 102801. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2023.102801>



- Korba, P., Sekelová, I., Koščáková, M., & Behúnová, A. (2023). Passengers' Knowledge and Attitudes toward Green Initiatives in Aviation. *Sustainability*, *15*(7), 6187. <https://doi.org/10.3390/su15076187>
- Kühlen, M., Kölker, K., Linke, F., Dahlmann, K., Gollnick, V., & Lütjens, K. (2023). From passenger itineraries to climate impact: Analyzing the implications of a new mid-range aircraft on the global air transportation system. *Journal of Air Transport Management*, *113*, 102474. <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2023.102474>
- Künnen, J., Strauss, A., Ivanov, N., Jovanović, R., & Fichert, F. (2023a). Leveraging demand-capacity balancing to reduce air traffic emissions and improve overall network performance. *Transportation Research. Part a, Policy and Practice*, *174*, 103716. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2023.103716>
- Künnen, J., Strauss, A., Ivanov, N., Jovanović, R., Fichert, F., & Starita, S. (2023b). Cross-Border capacity planning in air traffic management under uncertainty. *Transportation Science*, *57*(4), 999–1018. <https://doi.org/10.1287/trsc.2023.1210>
- Levin, M. W., & Rey, D. (2023). Branch-and-Price for drone delivery service planning in urban airspace. *Transportation Science*, *57*(4), 843–865. <https://doi.org/10.1287/trsc.2022.1175>
- Li, D., & Merkert, R. (2023). “Door-to-door” carbon emission calculation for airlines – Its decarbonization potential and impact. *Transportation Research. Part D, Transport and Environment*, *121*, 103849. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2023.103849>
- Sacchi, R., Becattini, V., Gabrielli, P., Cox, B., Dirnaichner, A., Bauer, C., & Mazzotti, M. (2023). How to make climate-neutral aviation fly. *Nature Communications*, *14*(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-023-39749-y>
- Su, J., Wu, H., Tsui, K. W. H., Fu, X., & Lei, Z. (2023). Aviation resilience during the COVID-19 pandemic: A case study of the European aviation market. *Transportation Research. Part a, Policy and Practice*, *177*, 103835. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2023.103835>
- Truong-Dinh, B. Q., Nguyen, T. T., Cheng, T. F., & Cheng, J. C. P. (2023). Effects of consumer perceptions on carbon-offset payment through mediating and moderating



mechanisms. *Transportation Research. Part D, Transport and Environment*, 115, 103584. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2022.103584>

Wang, Y., Liu, C., Hai, W., & Dzung, V. (2023). Slot allocation for a multiple-airport system considering airspace capacity and flying time uncertainty. *Transportation Research. Part C, Emerging Technologies*, 153, 104185. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2023.104185>

Warnock-Smith, D., Christidis, P., & Dziedzic, M. (2023). Measuring disparities in air transport access across Europe: An inequality, vulnerability and dependence approach. *Transportation Research. Part a, Policy and Practice*, 167, 103556. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2022.11.016>

Wong, C., Cheung, T., & Zhang, A. (2023). A connectivity-based methodology for new air route identification. *Transportation Research. Part a, Policy and Practice*, 173, 103715. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2023.103715>

Wu, C., & Redonnet, S. (2023). Aircraft noise impact prediction with incorporation of meteorological effects. *Transportation Research. Part D, Transport and Environment*, 125, 103945. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2023.103945>