

Copenhagen Contrails Conference, dag 1

Joachim Majholm, Blue Lines indledte konferencen. Det er flyafgangene om eftermiddagen og aftenen, og dermed flyrejser i mørketiden, der især skaber flystriber. Men ikke alene. Flystriber kan komme hele dagen, og i alle højder, hvis de rigtige forhold i atmosfæren er til stede.

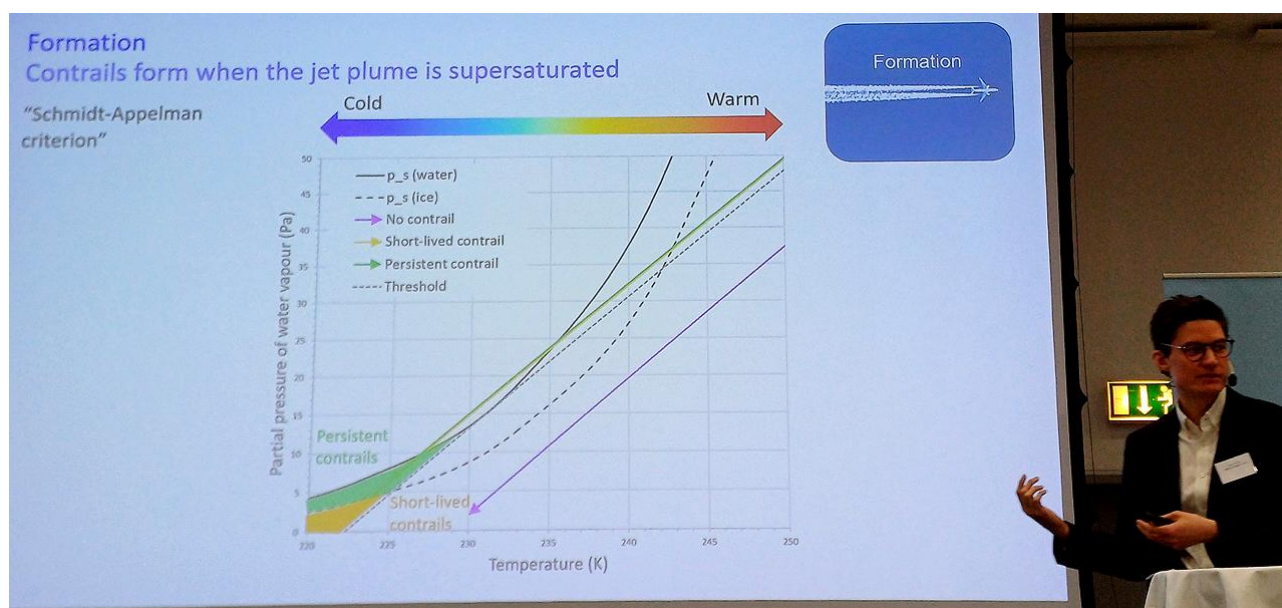
Masterclass: What are contrails, how do they impact the climate, and what can be done to stop them from warming the climate?

Marc Stettler, Imperial College London, gav en videnskabelig baggrund (og gjorde det godt)

Flystriber er i virkeligheden det mest synlige spor af menneskelig klimaopvarmning.

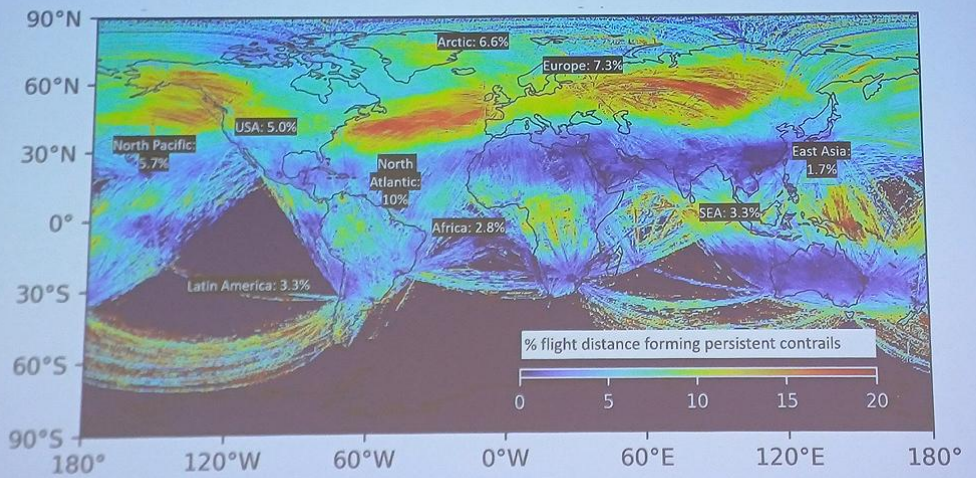
Alle bidrag fra udstødningen skal tages med i betragtning. SAF vil ikke løse problemet alene.

Det er vigtigt at vide, at de atmosfæriske virkninger på den korte bane er meget store men kortlivede, mens CO₂-effekterne er kumulative. I de tidshorisonter, vi har for reduktioner af global opvarmning, giver det bedst mening at regne med 20 års perspektiv, men det er baseret på at der rent faktisk bliver en 20-årig udfasning af disse virkninger. Fortsætter det år for år, så er bidraget fra ikke-CO₂ relateret opvarmning fortsat meget højt!



Persistence

Globally, ~5% of flight distance flown forms persistent contrails.



Persistence

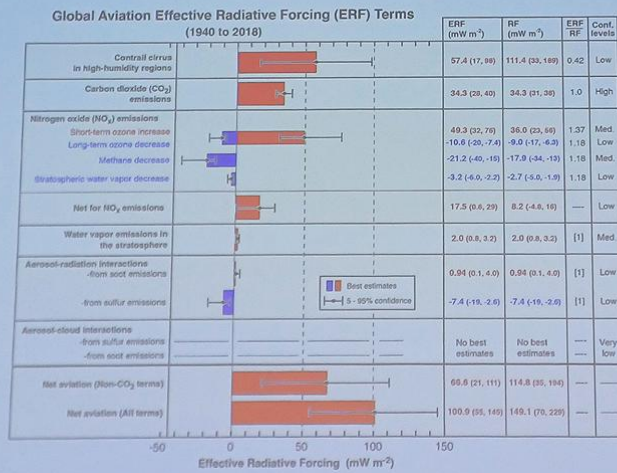
Key takeaways

1. Contrail persistence requires the ambient atmosphere to be supersaturated with respect to ice.
2. Ice-supersaturated regions are dynamic and typically <4,000 ft deep.
3. Globally, ~5% of flight distance forms persistent contrails, some regions are worse than others.

So what? Persistent contrails could be avoided by minor changes to flight altitude **if** forecasts of ISSRs are sufficiently accurate

Radiative forcing

"Non-CO₂ terms sum to yield a net positive (warming) ERF that accounts for more than half (66%) of the aviation net ERF in 2018."

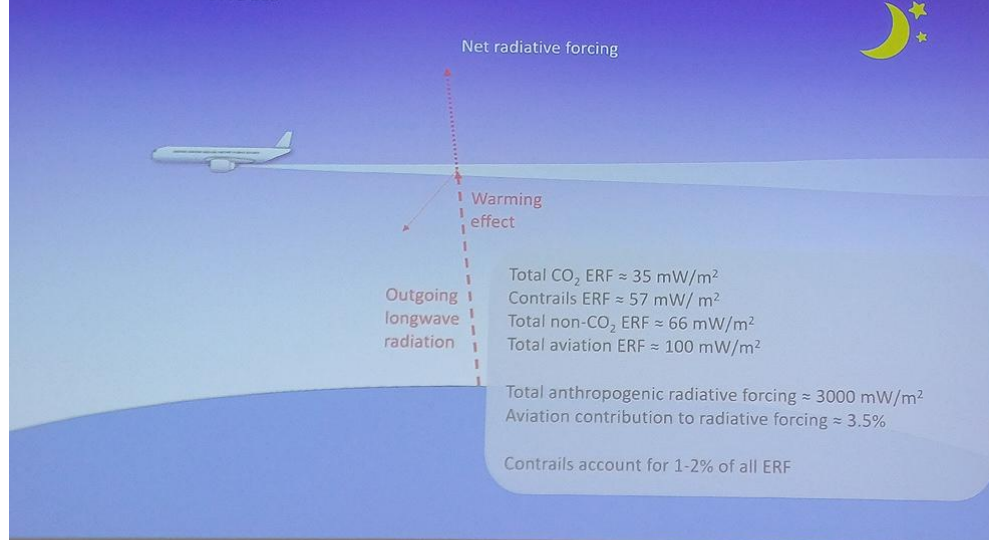


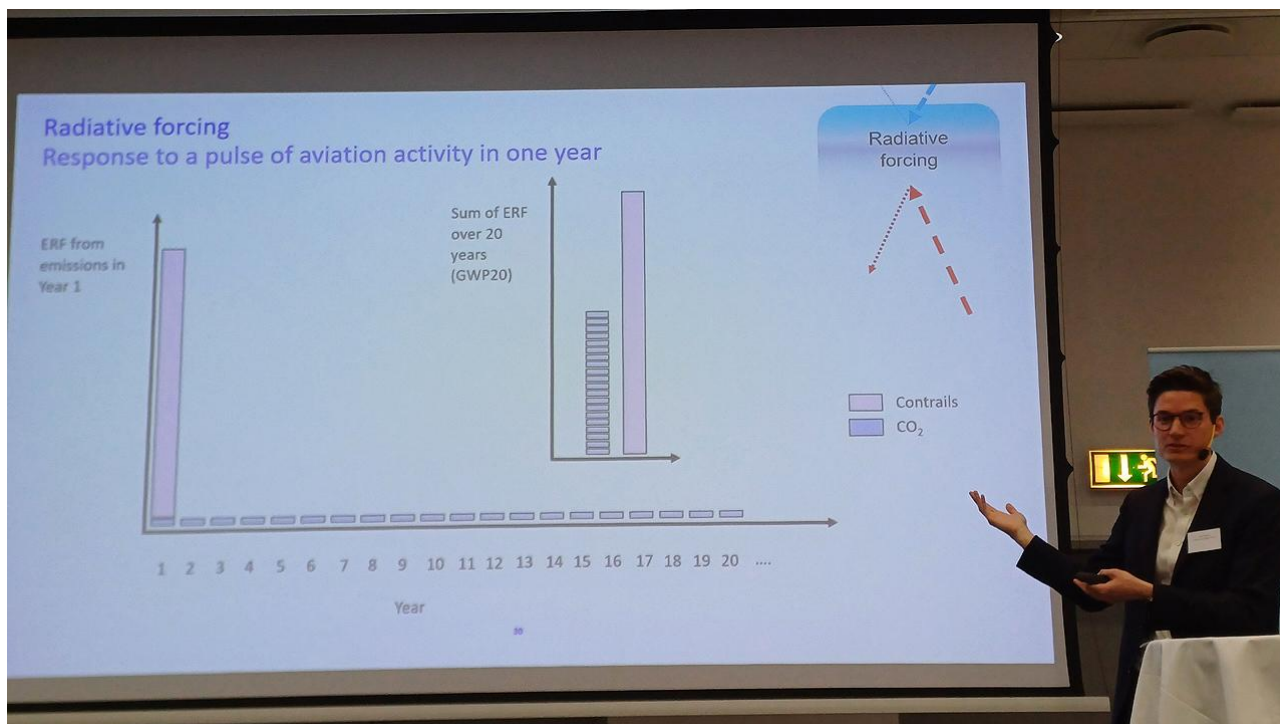
Radiative forcing



Lee et al., 2021

Contrail radiative effects





Under Corona kunne man som forventet registrere fra satellitterne at himlen var mere klar, men der er alligevel så meget "støj" i de globale temperaturmålinger, at det ikke kunne måles med sikkerhed.

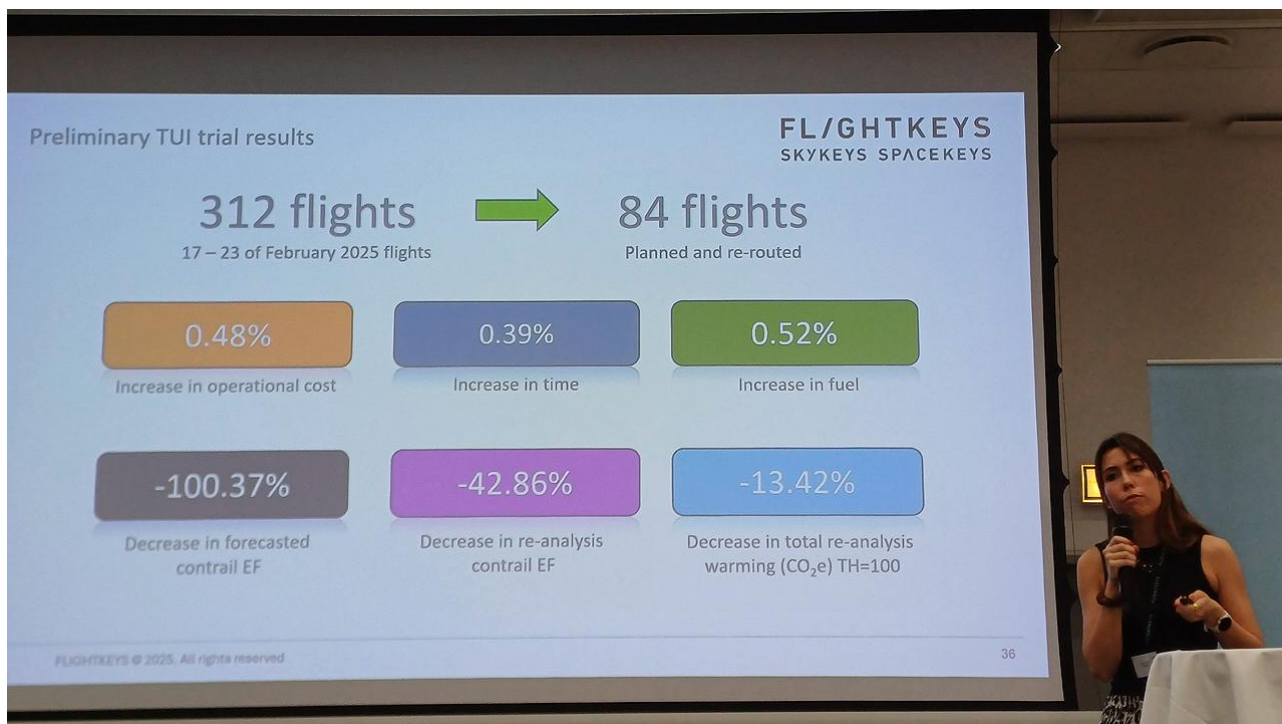
Presentation: Airlines' and partners' experience with contrail mitigation.

Christoph Todt, TUI

Meget svær proces igennem 15 måneder, piloterne og flylederne er ikke særlig indstillet på disse forandringer. Ganske få flyvninger i starten. Rute fra Tyskland primært til de kanariske øer. Forsøget blev gennemført i en uge denne vinter (17.-23.2), og det lod sig gøre. 76% af flyvninger den mest følsomme dag for flystriber. Vi fik 20 flyvninger til at ændre rute. Men der kom problemer med rettidighed. Hvad er mest vigtigt for piloterne? Tilbagemeldinger er vigtige: lykkedes det for piloten? Der er massive reduktioner for enkelte flyvninger, som overrasker piloterne. Det kan være overbevisende, og de så fx også op på andre fly, og så flystriber, som de ikke selv efterlod på himlen. Når vi kan vise at det kan virke i stor skala, så er der naturligvis gode grunde til at overbevise lovgiverne om forandringer.

Alejandra Martin Frias, Flightkeys

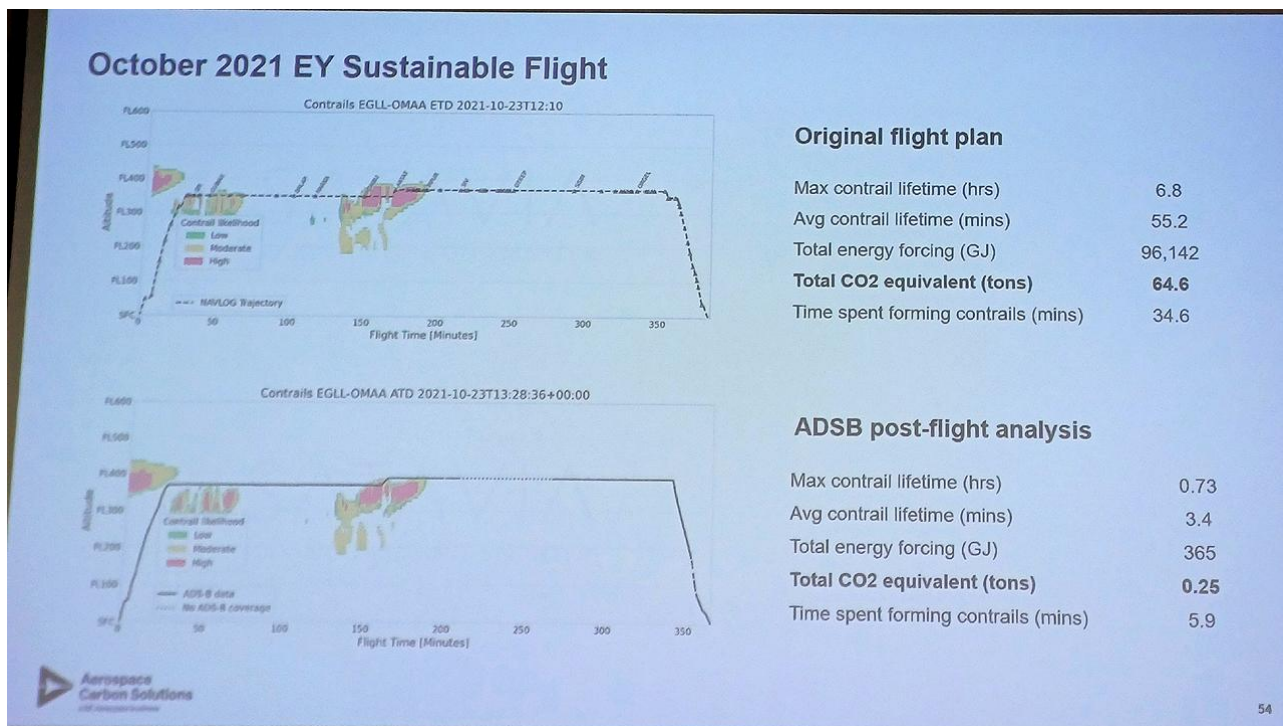
Deres udstyr var bag TUI forsøgene. Personligt tjekkede hun en flyvning om aftenen 20.3. i år mellem Madrid og Wien, som gav 9 tons CO₂e ekstra pga etablering af flystriber. Deres software er i stand til at rådgive flyvningerne. Software inkluderer også ekstra brændstof og evt. forsinkelser pga omlægninger af flyvningerne.



Adam Durant, Satavia

GE Aerospace har med motorerne at gøre, men også software. Her kommer Satavia ind i spillet. Vi skal med vores software også tage i betragtning, når vi vil omlægge flyvninger, at der også er andre effekter fra flyvningerne end flystriber. Det handler om at lægge fundamentet for de rigtige reguleringer. Vejrudsigter giver os faktisk ikke mere end 24 timers forudsigelser, men det er også godt nok. Vi har mest succes ved at omlægge langdistance flyvninger. Største forhindring er at flylederne ikke tillod flyene at følge de anviste ruter.

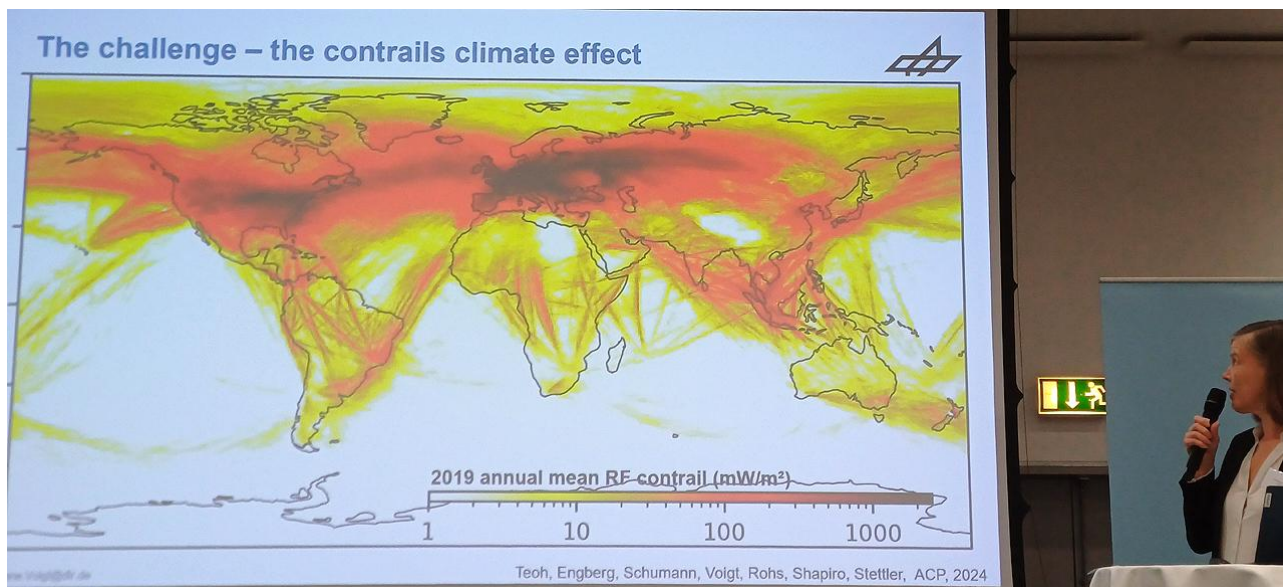
Alt tyder på at mere fugtighed i atmosfæren vil aktualisere dette med flystriberne. Det vil brug af SAF faktisk også gøre.



Presentation: How can low-aromatic fuels mitigate contrails?

Christiane Voigt, DLR (Tyskland)

Fokus bør være på natflyvninger, de bliver nødt til at blive reduceret. Vi fik mulighed for at studere 108 tyske flyvninger fra fire selskaber, hvoraf det lykkedes at observere de 61. Der er ingen tvivl om, at omlagte flyruter har positive virkninger!



Virkninger fra færre sod-partikler, fx fra SAF virker. Men det gør også nyere og bedre motorer også.

Virkninger fra turboprop og udledninger fra 100% e-fuels er også gode og bedre end det andet. Lean burn engines, og brændstof med lavt svovl indhold har nogle virkninger, men de kan være modsatrettede.

Men uanset hvad vi tror vi kan gøre (se foto), som allerede indeholder ret optimistiske antagelser, så må andre ting i brug. Brint-fly er nødvendige – eller andre tiltag.

Preliminary 100-flights demo trial assessment
– What have we learned so far?

DLR

- 108 contrail avoidance + 61 observation flights by 4 German Airlines (TUIfly, LH, CONDOR, DHL)
- Here, single flight/fleet evaluation for one airline (TUIfly) with one model (CoCiP)
- **On average, 60-70% estimated reduction in total climate effect ($CO_{2e}=CO_2+contrails$, 17 flights)**
- 1-2% change in flight time or direct CO_2 emissions, within range of normal operations

→ **Feasibility of operational contrail avoidance with positive climate effect documented** (see also Sonabend et al., Nature Eng., 2025)

→ **Additional CO_2 is not the problem for climate** (see also Martin Frias et al., 2024)

→ **The choice of the metric does not prevent the start of measures (affects climate costs)** (Borella, 2024)

→ High quality data improves the analysis

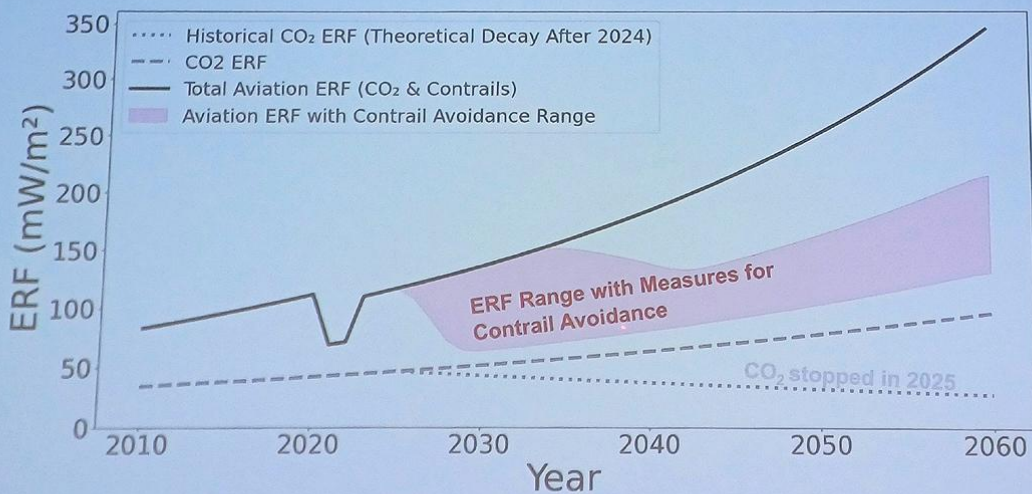
→ 400 more flights planned within EU project A4CLIMATE

A4CLIMATE

Panel Discussion: Should we wait for more data and certainty in contrail prediction and climate impact, or can we learn to deal with uncertainty? Panel Discussion

Paul: Forudsigelser af flyruter for at undgå flystriber kommer med usikkerheder (foto). Det er denne forbedrede sikkerhed, industrien arbejder på. Spørgsmålet er også hvor vidt 'overfølsomhed' er et stort problem. Faktisk har vi ikke brug for verdens bedste forudsigelser for at opnå succes. Marc: Jeg tror at forudsigelserne hurtigt vil blive tilfredsstillende gode. Der er også store usikkerheder om luftfartens rene CO_2 udledninger. Jeg spurgte til CO_2 estimerer om det refererede til de norske studier: <https://norwegianscitechnews.com/2024/04/big-data-reveals-true-climate-impact-of-worldwide-air-travel/> Paul svarede hertil at jo, der er faktisk store usikkerheder for data, der indberettes om luftfartens CO_2 -udledninger. Det mest simple er at bruge mængden af solgt flybrændstof. Mig: Det norske studie nævnte netop at sådanne oplysninger er usikre og tydeligt under-estimeret fra store dele af verden.

Potential for ERF reduction by contrail avoidance



Assumptions:

Contrail avoidance permission scales from 0% to 85% (Teoh et al. 2020) and 95% (no barriers); success rates: 60% (barriers), 90% (no barriers).

Christiane Voigt/DLR.de, Martin Juchacz/DLR.de

Presentation: What does contrail management cost?

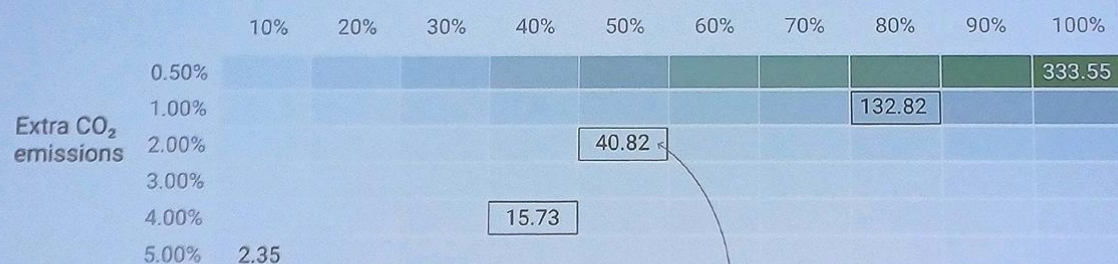
Carlos López de la Osa, T&E: På trods af usikkerheder for non-CO₂-effekter, tag at sprede den viden vi har. Flyledere er fx ikke nødvendigvis uvillige, de er vant til at håndtere usikkerheder. Carlos tror på at det kan lade sig gøre.

Avoiding most warming contrails is a no regrets solution

Rerouting has net climate benefits even in a conservative scenario

0 350

Percentage of successful contrail avoidance manoeuvres



For manoeuvres that create 2% extra CO₂ emissions, and which are successful 50% of the time, the **positive** effect of reduced contrail formation is **40 times larger** than the negative effect from extra CO₂. Similar results have been achieved in live trials.

Source: T&E, Google (2023), Teoh et al. (2024), Frías et al. (2024). Note: values shown in the cells are the ratio between the net climate benefits from contrail avoidance manoeuvres over the climate impact of extra CO₂ emissions. Values above 0 indicate net climate benefits. GWP100 used as climate metric.



Nikhil Sachdeva, Roland Berger: Hvis praktiske problemer og forudsigelses redskaber ikke er forhindringer, så må der velsagtens være økonomiske grunde til at dette sker så langsomt?

Teknisk kan flyvningen blive fastlagt før start, men piloten kan også få indflydelse via data undervejs.

Prisen er ikke urimeligt for at leve op til 80% af flystriber, hvis man sammenligner med de typiske CO2 priser, man ser i debatten.

Carlos: Se vores analyse her: <https://www.transportenvironment.org/topics/planes/contrails>

50% reduktioner fra contrails. T&E tog udgangspunkt i den laveste værdi fra Lee et al. Kigger på en fremtid med 66% fossilt brændstof, 24% bio-SAF og 10% e-SAG (dvs. europæiske flyvninger). T&E mener at prisen er meget lav for at lave disse contrails-reduktioner. T&E antager **ikke** i denne sammenhæng at ETS skal ændres og inkludere contrails i en ny CO2e-pris.

Panel Discussion: Carrot or stick – incentives for contrail management.

Matteo Mirolo, Contrails.org: Carrot or stick – incentives for contrail management



Vil EU's nye initiativ med tvungen monitorering, rapportering og verifikation (MRV) af flystribers opvarmende effekter være tilstrækkeligt? Matteo spørger tydeligvis med den antagelse af ETS er nødt til at inkludere flystriber.

Nuala: Frivillighed vil ikke gøre det alene! MRV gør det ikke alene! Vi har ikke tiden på vores side! MRV tager udgangspunkt i alene det europæiske luftrum (udenfor EU er der ikke noget krav), og det er også en stor svaghed. Nuala var panelets åbenlyst grønne element.

Jan: Presset fra vores kunder til at reagere på flystriber findes ikke. MRV og evt. regulering af flystriber er for DHL meget vigtigt, for vi flyver om natten. Vi har brug for en fair regulering! Ellers risikerer vi at opgive vores forretning. Kan ikke se det anderledes end at der vil komme en pris-skrue relateret til MRV. Hvordan vil flykontrollen tildele ruter, når frihedsgraderne bliver færre end de er i dag? Single

European Sky-politikken er pt ikke god. Hvem få tildelt den ideelle rute udenom følsomme områder? Det bekymrer os. (Der var ikke repræsentanter fra flykontrollen til stede i salen)

Dimitar Nikov, Policy Officer, DG Clima. I første omgang er vi stadig i et lærende hjørne, og så vil vi **måske** gøre noget. ETS finansierer rent faktisk noget af forskningen om flystriber. Han synes han hørte bidragene i den retning, at det hele nok skal gå uden tvangsmæssige foranstaltninger. MRV kan naturligvis godt en dag bruges som udgangspunkt for aktiv regulering. Er nysgerrig på hvordan industrien vil bruge MRV.

Andrew, RMI. Det kan meget vel ske, at rapportering af flystriber vil have en vis frivillig, positiv virkning. Også overfor omverdenen, der ser kritisk på luftfartens klimaansvar. Godt at få fakta på bordet, men optimistisk beregning og greenwashing er en indlysende risiko.

Presentation: Operation Blue Skies: A tangible plan for what to do now, in 5 years, and 10 years.

En del af Aviation Impact Accelerator, som er en plan for at få luftfarten til at nå net zero i 2025.

CO2 udslip fra flyvning fra 1940 til 2050 med den forventede udvikling vil betyde 0,07 grads global opvarmning i 2025. Contrails vil betyde 0,1 grad derudover. Med usikkerheden for det sidste taget i betragtning, så er ikke-CO2 enten et stort problem eller et kæmpe problem.

Problemet kan endegyldigt kun løses til netto-nul med CCS.

Lidt pudsig, at denne fremstilling fortæller at scale-up af operationerne først kan være klar omkring 2050. Samtidig med at vi tidligere på dagen hørte, at **det kan fungere i dag!** Var disse englændere være repræsentanter for et miljø af "betal os for at lave mange flere undersøgelser"?

En global indsats kræver at der globalt opkræves penge til at få systemet til at virke pålideligt. Det vil være pinligt hvis industrien, der kan få en jetmotor til at fungere så godt, som den gør, ikke kan løse noget så relativt simpelt som de ikke-CO2 relaterede effekter.

Presentation: The climate opportunity that no one knows about – the challenge of communicating contrails.

Forsøg på at beskrive problemet, så det er forståeligt:

<https://www.transportenvironment.org/topics/planes/contrails>

Interaktivt kort <https://map.contrails.org/> (med 24 timers forsinkelse), hvor enkelte flyruter kan studeres i real-time.

Copenhagen Contrails Conference, dag 2

Conversation: Contrail avoidance from a pilot's perspective.

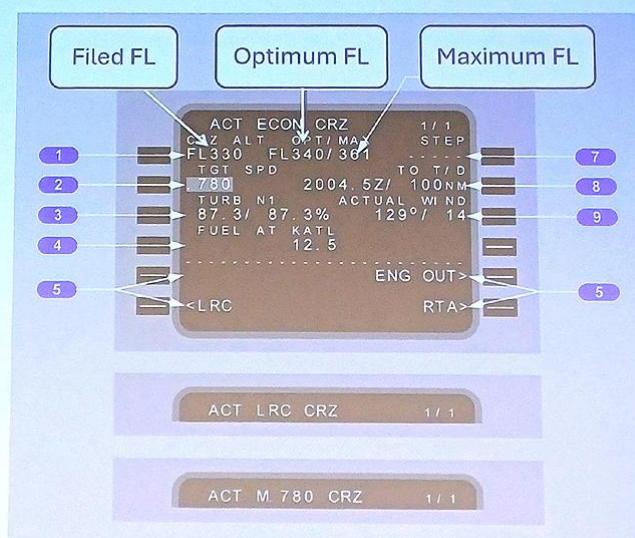
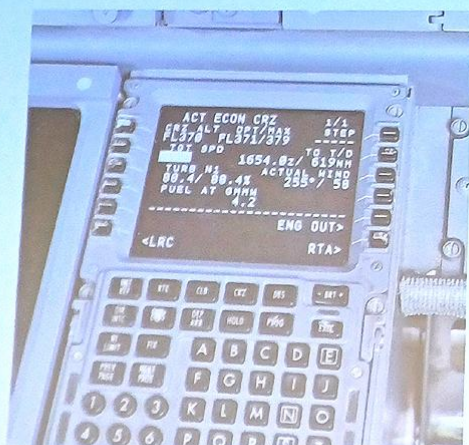
Jeppe Juel, Green Transition Denmark og **Tony Schweigert**, TUI Airline

Luftfartoperationer er meget regel baserede (OPS notam), så nye metoder skal helt ind i disse daglige operationer – noget piloterne ikke skal tænke over, men følge ordrer. Visualisering i cockpittet indgår desværre ikke endnu hos TUI, så piloten kan ikke se, hvad der ligger af følsomme område forude, men må basere sin rute efter hvad piloten er blevet instrueret i fra luftfartsselskabet og air traffic control (ATC). Husk at piloten ikke har bakspejl! Sådan et lille kamera ville være rart at have. At flyve omveje (i 3 dimensioner) er ikke noget nyt for piloten, det kan være militære øvelser, dårligt vejr, tæt trafik (slots).

Piloten har i dag som standard adgang til ret simple informationer (foto). I praksis er der mange hensyn at tage, og andre, mere presserende problemer kan dukke op, så det er derfor de teoretiske værdier ikke vil holde derude. Husk at piloter er håndværkere – de er ikke videnskabsfolk.

Flight Plan Adherence

Vertical Flight Plan Adherence



TUI Group | TUI Airline – Copenhagen Contrails Conference | 25 March 2025

Presentation: Big hits! Contrail avoidance in the airspace over Denmark.

Julien Lopez, Thales og **Anders Næsby**, Air Support

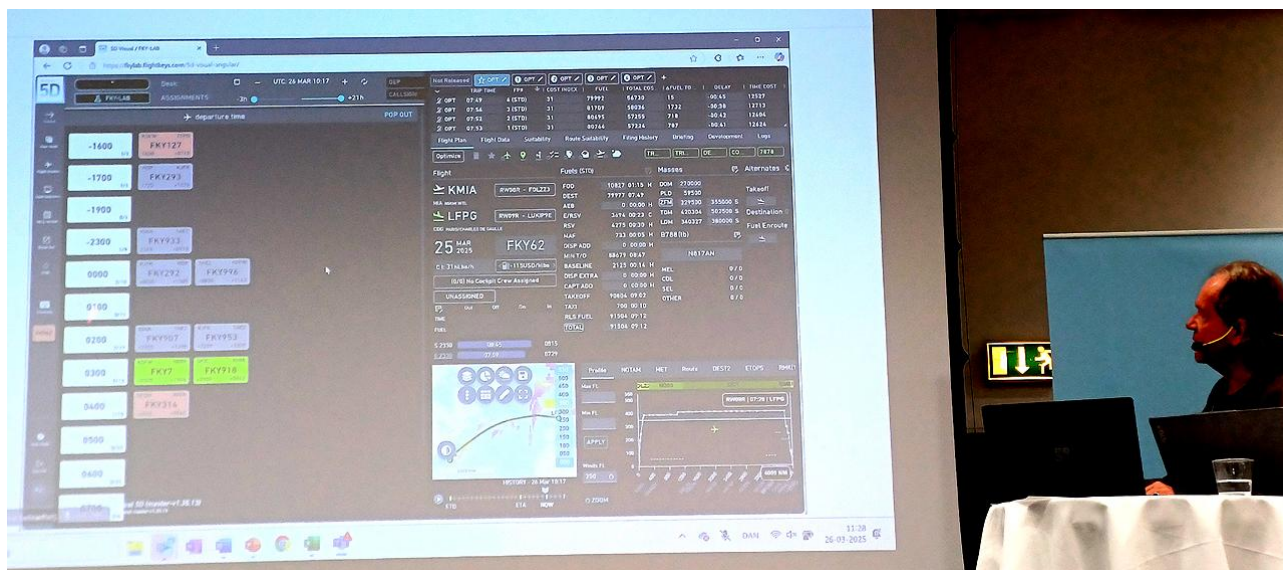
Sesar Concerto (EU-støttet projekt), der dækker Nordeuropa. Sigtet med projektet er at have fokus på helheder, og i mindre grad på de enkelte operatører. Private jetfly har en tendens til at flyve højere oppe, hvilket formentlig er et problem, og deres operationer vil blive inkluderet i studiet.

Resultaterne fra en 14 dages testperiode (kun data-baseret) viste at 10% af flyenes samlede klimapåvirkning kunne fjernes (23% af ikke-CO2) – men resultaterne er ikke så opmuntrende som andre undersøgelser, der er blevet præsenteret her på konferencen.

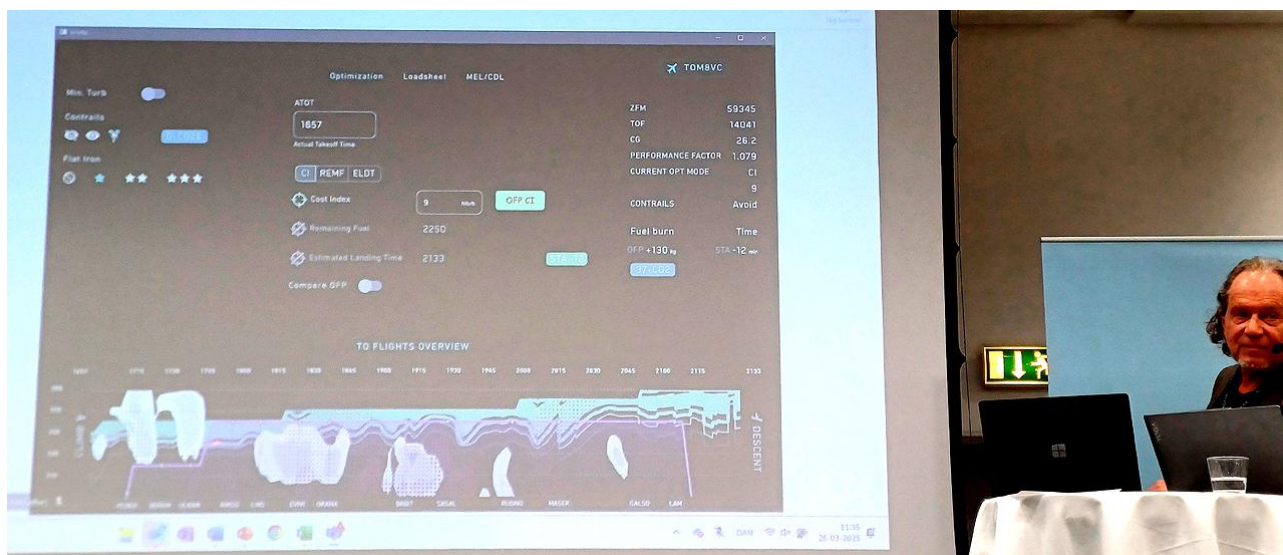
Showcase Part 1: First two of four companies working hands-on with contrail management present their practical solutions.

Raimund Zopp, Flightkeys

I 10 år har firmaet lavet flyveplaner, og har allerede integreret at undgå flystriber i software (første udgave). Det, som TUI har gennemført, er gjort med deres software. Tilsvarende kontrollerede ægte test foregår også i USA. Piloten har en ekstra skærm til rådighed. Vi så skærm fra dispatchers skærm (altså selskabets praktiske planlægger):



og pilotens skærm:



Det er ikke nemt manuelt at overskue 3D luftrum, tidsperioder og en række andre parametre. Derfor laver systemet de forskellige beregninger. Eksemplet viser hvordan ruten kan lægges, så flystriber undgås.

Presentation: Tracking aviation's worldwide emissions – with a special focus on Denmark.

Jayant Mukhopadhyaya, ICCT theicct.com

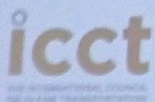
Konklusioner for den danske luftfart på foto:

Denmark's Aviation impact in context

Aviation (CO₂ + contrails) represents **one-third** of Denmark's transport-related emissions

Being in higher latitudes increases the incidence of contrails on flights departing Denmark

Denmark's contribution to contrail warming is higher than the European average



Danish Energy Agency, "Denmark's Global Climate Impact", 2024, [Link](#)

Senere undersøgelser end Lee et al tyder på at ikke-CO₂ ikke ligger i den højeste end (men indenfor Lee et al's usikkerhed), men befinder sig over 2,0.

Høj-indkomstlande fylder mest af ikke-CO₂ problemet, nemlig 75%. 50% alene fra USA, UK og EU.

Contrail warming is primarily a High Income country problem

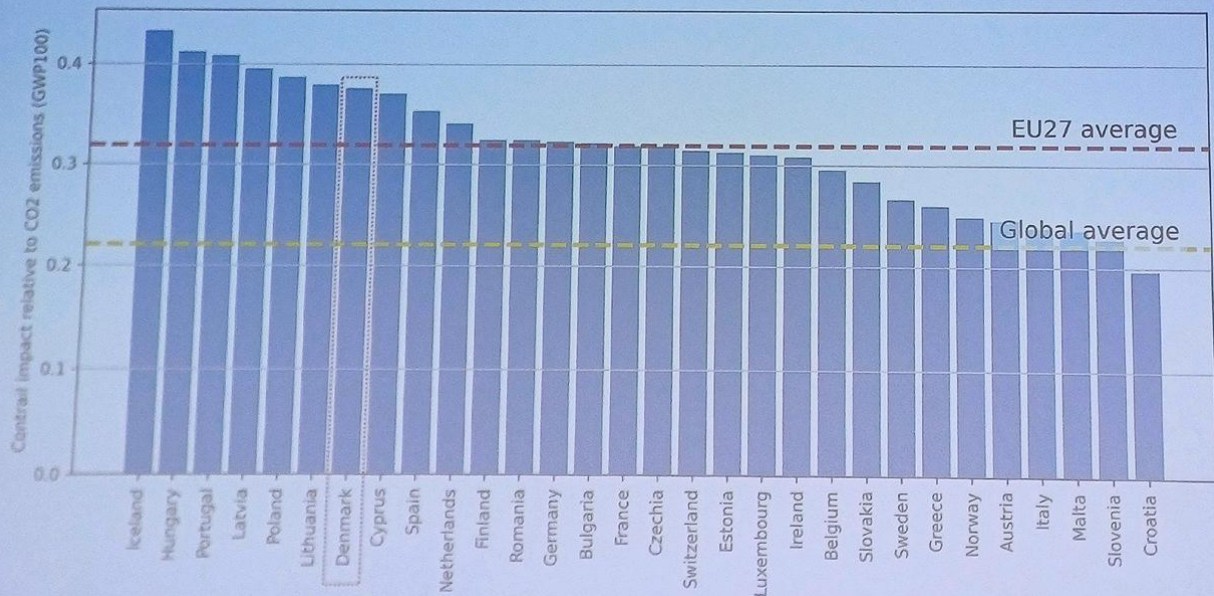
	Contrail warming (% of global impact)	Country with highest impact in each group
High income	76%	USA
Upper-middle income	19%	China
Lower-middle income	5%	India
Low income	0.5%	Ethiopia

by the World Bank based on gross national income



Danmark har et ansvar for ikke-CO₂ som er over EU-gennemsnittet. Samlet betyder luftfart en tredjedel af transportsektoren.

Denmark's contrail impact relative to CO₂ emissions is higher than the EU average



Der er det særlige problem, at andre sektorer i transporten har muligheder for elektrificering og er allerede i gang med at blive elektrificeret, så flyvningen vil komme til at fylde mere og mere – ganske som andre steder i verden.

Denmark's aviation industry in 2023

Annual Statistics	Units	EU	Denmark	Denmark vs. EU
Number of flights	-	6,374,970	171,031	23%
Annual CO ₂ emissions	10 ³ kg	130	2.5	19%
Energy Forcing from contrails	10 ¹⁸ J	146	3.1	23%
Contrail GWP 20		119	138	+15%
Contrail GWP 100		0.32	0.37	+15%

27% of all flights departing Denmark formed contrails in 2023
The Copenhagen – Bangkok route contributed the most contrail warming and CO₂ emissions in 2023

icct

Conversation: How can companies get better estimates for their non-CO₂ scope 3 emissions?

Sebnem Erzan, Google. Google Flight <https://www.google.com/travel/flights> kommer til at inkludere de ikke-CO2 relaterede effekter. Deres brug af CO2e er efter Kyoto protokollen, men altså ikke fuldt ud. Men de arbejder på at få tallene rigtigt ind, selv om det i sagens natur ikke er nemt for en bestemt flyrejse ud i fremtiden. Heller ikke SAF er inkluderet. Målet er at enkelte passagerer, men også virksomheder, virksomhederne kan hermed få oplysninger til deres klimaregnskaber, og kan følge om de reducerer deres klimaaftryk. Interessen er til stede og voksende for at få gode tal. Google har ikke noget tilsvarende for skibsfart og jernbaner.

Showcase Part 2: Last two of four companies working hands-on with contrail management present their practical solutions.

Julien Lopez, Thales. Om deres arbejde med det franske luftfartsselskab Amelia. De flyver på kortere strækninger Paris – Pau med mindre fly og flyver charter. Nogenlunde samme budskab som tidligere projekter.

Maxime Meijers, Estuaire. Spørgsmål vi møder fra luftfartsindustrien. <https://estuaire.dev/>

Questions from the aviation industry

- What are non-CO2 effects ?
- What should I put in the monitoring plan ?
- Is the data 100% validated ?
- What is my potential liability if this goes in the ETS ?
- What about my competitors ?
- If I reroute flights, will I necessarily burn extra fuel ?
- Is SAF good for contrails ?

Aviation Impact 2024 vs 2023

Number of flights*

36.7 M 
+7%

CO2 Emissions

950 Mt 
+9%

Contrail Impact (CO2eq)**

151 Mt 
+5%

CO2 per month



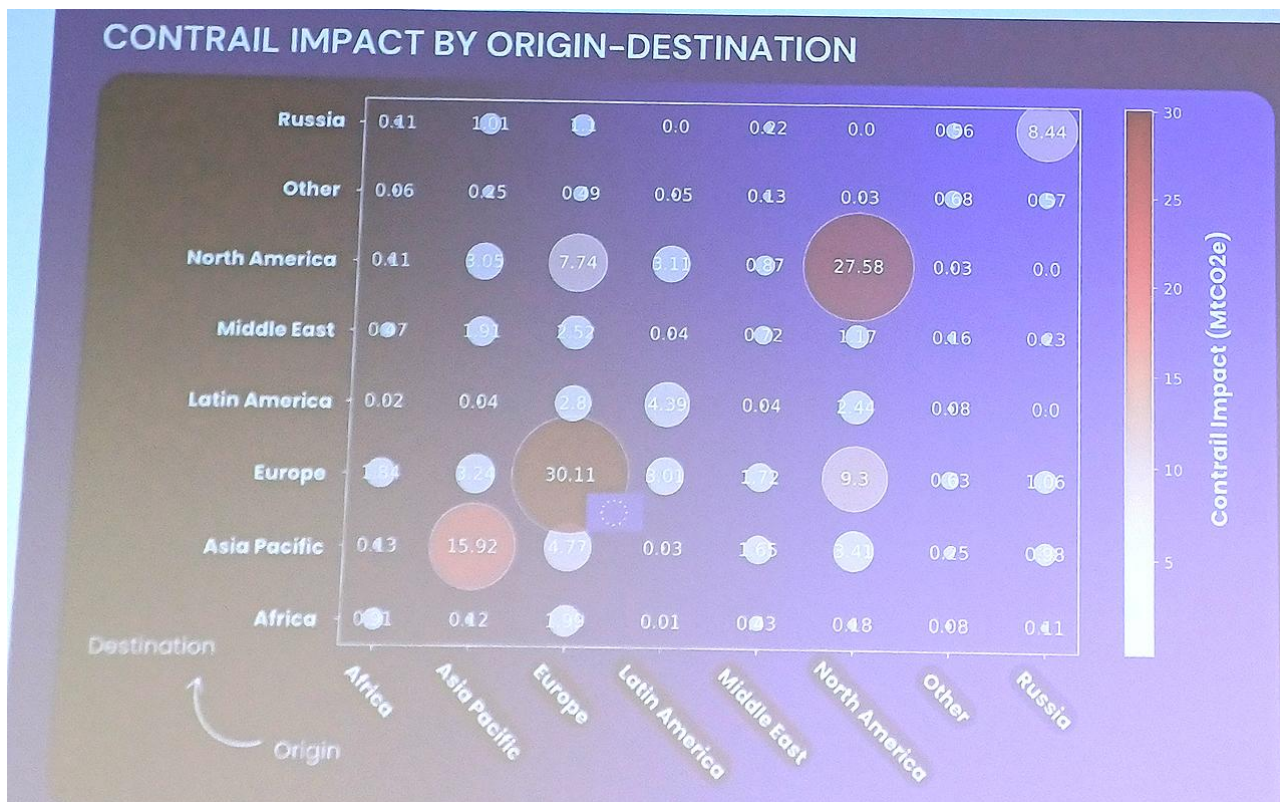
Contrail Impact per month



*Commercial flights only

**CO2IP based with eGWP100 used as conversion metric

Denne figur giver det lave ikke-CO2 bidrag fordi de regner med GWP100. Men det er en udmærket figur. Det næste diagram med prikkerne er meget sjovt, for man kan se at trods medvind, så er flyvninger fra Nordamerika til Europa værre i CO2e i modsætning til den anden vej.



Ved MRV (monitorering) til EU er brændstoffets sammensætning ganske vigtigt, men bliver sjældent rapporteret godt nok.

