

AIR PREMIA OPERATIONAL EFFICIENCY HANDBOOK

Flight Operations Engineering Team

October 2025

Table of Contents

| | |
|---|-----------|
| Introduction | 1 |
| Handbook Update..... | 2 |
| Flight Pulse Update | 2 |
| Initiative #1: Idle Reverse Landing..... | 3 |
| [Report: Idle Reverse Landing]..... | 4 |
| Initiative #2: Reduced Flap Landing..... | 5 |
| [Report: Reduced Flap Landing] | 6 |
| Initiative #3: Landing Gear Altitude | 7 |
| [Report: Landing Gear Altitude] | 8 |
| Initiative #4: Engine Out Taxi-In | 9 |
| [Report: Engine Out Taxi-In]..... | 10 |
| [Engine Out Taxi-In Case 1] | 10 |
| [Engine Out Taxi-In Case 2] | 11 |
| Initiative #5: Normal Climb | 12 |
| [Report: Normal Climb] | 13 |
| Initiative #6: Direct Segment and Fuel Saving Report | 14 |
| Guide: Cruise Altitude Optimization in the FMC | 23 |
| Appendix: Boeing 787-9 Cruise CG Correction Chart..... | 31 |

Introduction

에어프레미아 운항본부는 탄소저감을 통해 항공 여행의 지속 가능성을 높이고 항공 연료 비용을 절감하기 위해 GE Aerospace 와 파트너십을 맺고 Fuel Insight 소프트웨어와 Flight Pulse 어플리케이션을 구현했습니다.

이 소프트웨어는 항공기의 실제 비행 데이터 (QAR)를 비행계획서와 운영데이터를 결합하여 연료 사용, 영공 효율성 및 항공기 조작방식에 대해 데이터를 기반하여 분석함으로써 이를 개선할 수 있도록 인텔리전스를 제공합니다.

운항기술팀에서는 시스템 구현과 동시에 GE Aerospace 엔지니어들과 지난 비행 데이터를 분석하였으며, 항공기 기종, 취항 노선 및 공항의 환경을 고려하여 실행 가능한 여섯 개의 주요 이니셔티브를 설정하였습니다.

8 월말 Normal Climb 이니셔티브 시행까지 2025 년 계획된 Flight Operations 를 통한 연료효율개선 프로젝트는 모두 진행 상태이며, 모든 이니셔티브가 시행 시점부터 가파른 상승을 보이고 있습니다.

아울러, 운항 효율 개선에 대해 가장 중요한 이해 관계자인 운항승무원분들께 연료효율개선을 위한 이니셔티브 적용 시 고려해야 할 사항과 기준, 효율개선 효과에 대한 정보와 그 밖에 운항효율과 관련한 주제를 효과적으로 제공하고자 핸드북을 제작하였으며, 이번 개정 핸드북에는 각 이니셔티브에 대한 월별 리포트를 포함하였습니다.

이 핸드북의 컨텐츠, Flight Pulse 앱의 구성, 수록된 데이터 등에 대해 다양한 의견을 청취하고 있습니다. flops@airpremia.com 으로 소중한 의견 보내주시면 적극적으로 검토하여 반영하도록 하겠습니다.

앞으로도 운항승무원분들의 많음 관심과 참여를 부탁드립니다. 감사합니다.

운항기술팀 임해진

비행데이터 (QAR)에 결합하는 운영데이터 (ODW)는 대부분 ACARS 의 Out, Off, On, In Report 와 Flight Log Report 를 포함하고 있습니다. 데이터 간 결합은 downlink 메시지 내에 포함된 schedule date 를 필요로 합니다. Preflight 시에 Automatic Flight Initialization 을 통해 비행계획 상의 Schedule Date 가 FMC 에 입력되도록 확인 및 수정 부탁드리며, Flight Log Report 역시 누락되지 않도록 주의 부탁드립니다. Flight Log Report 입력이 누락되어 FlightPulse 에 비행정보가 표출되지 않는 경우, 로그 이미지를 “운항기술팀 임해진”에게 보내주시면 Crew Info 매칭을 통해 비행정보 표출이 가능합니다.

Handbook Update

Initiatives

- Idle Reverse Landing: 명확성을 위해 runway condition 의 "Wet"을 "Good"으로 변경, 일부 활주로(RJAA 16L/34R, LAX 06L/24R, EWR All RWY)를 후보군에서 제외
- Reduced Flap Landing: 추적 대상 활주로를 ICN RWY 33L, 34L에서 ICN ALL RWY로 변경
- Landing Gear Altitude: 수행 여부 기준을 2,200 ft에서 2,400 ft로 조정
- Engine Out Taxi In: EOT IN을 위한 shutdown 이전 engine cooldown 5 분 확보 조건 외에, Flap Up 이후 항공기의 Post Flight Test 작동이 제한되지 않도록 최소 45 초 확보하도록 조건 추가, HKG 공항을 후보군으로 추가
- Engine Out Taxi In (10 월 적용 예정): 기존 EOT-In 종료 조건을 "At the Gate"에서 "All Engine Shutdown"시까지 조정하여 일부 30 초에서 1분간 수행한 EOT-In이 Saving으로 채택되지 않는 문제 해결
- Normal Climb: 신규 추가

Report

- 2025년 1월~8월간 각 이니셔티브별 탄소배출 및 연료절감 현황 추가

Flight Pulse Update

Dashboard

- 추진과제별 세부 화면의 각 그래프의 수치 산출 기준 한글 설명 추가
- Landing Gear Altitude 타일 추가
- Normal Climb 타일 추가

Preflight

Past Flights

- Details
 - Takeoff/Climb: HATO of Configuration Changes 테이블 추가
 - Descent/Landing: Landing Gear Extension 고도 표시
- Flight Data 처리 속도 개선
 - HL8701/8702/8703 항공기 도입 이후 데이터프레임이 기존 항공기와 달라 OOOI 및 Crew 정보 매칭이 되지 않는 문제가 있었으나, 지속 개선하여 8월경에 안정화되었음

Initiative #1: Idle Reverse Landing

착륙 중 max reverse thrust 의 사용과 비교하여 idle reverse thrust 를 사용하는 것은 수많은 이점이 있습니다. 연료효율 개선 외에도 환경 및 소음 배출을 크게 줄여 승객의 편의를 향상시키는 데 기여합니다. 또한 high-power cycle 을 피함으로써, FOD (foreign object damage), engine stall 및 re-ingestion 의 위험을 줄여 엔진 신뢰성을 높임과 동시에 엔진 성능 저하를 늦추고 유지 보수 비용을 절감합니다.

Idle Reverse Landing Condition

- 일부 (RJAA 16L/34R, LAX 06L/24R, EWR All RWY) 를 제외한 모든 공항 및 활주로
- Runway Condition: Dry, Good
- Operational Landing Distance using Autobrake-3, Reversers ALL INOP should meet LDA
- Maximum Brake Cooling Time: 70 mins

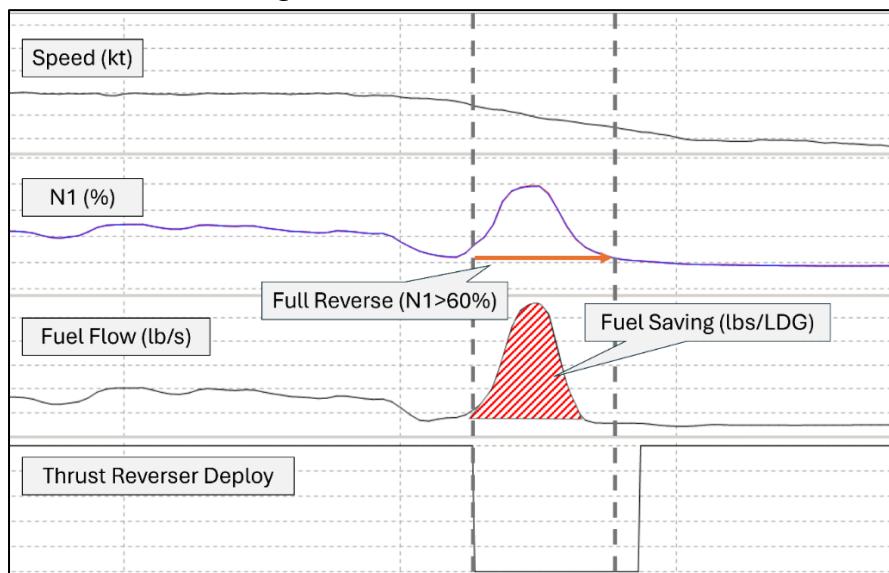
Idle Reverse Landing Performed

- N1 < 60% when thrust reverser deployed

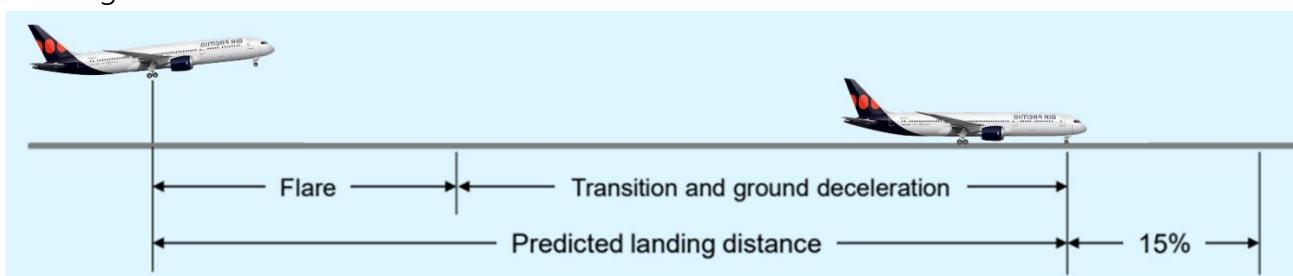
Idle Reverse Landing Fuel Saving

- 85 lbs./landing

Idle Reverse Landing 시, 연료 개선 효과는 아래 방법을 통해 분석되었습니다.

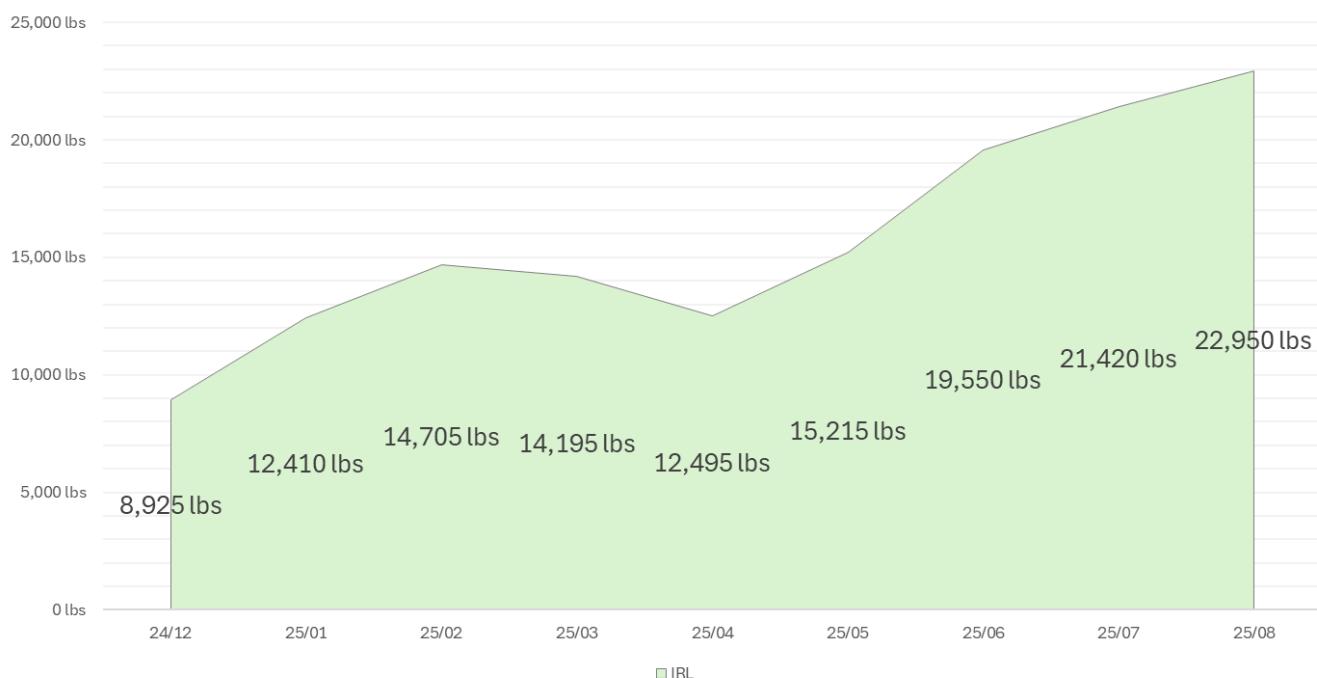


Landing Performance Considerations



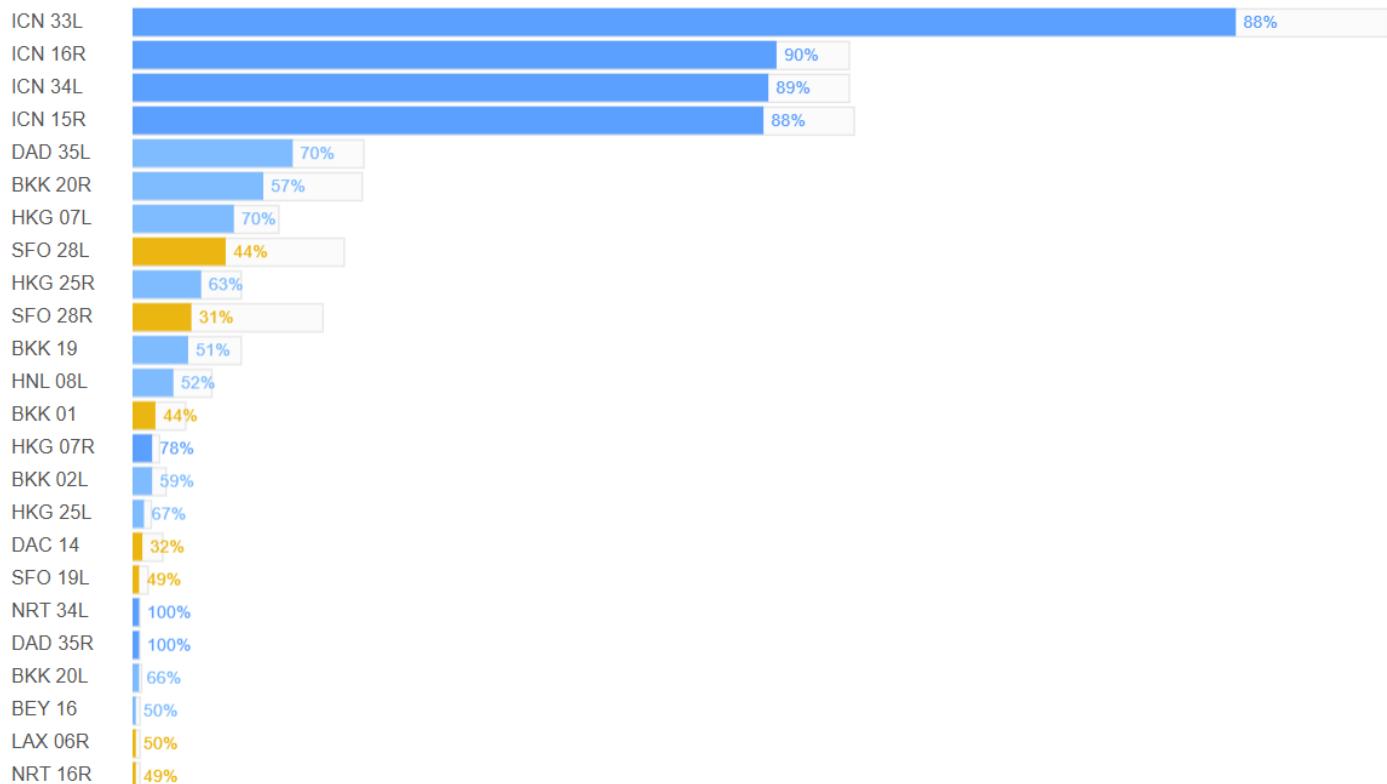
- OPT 를 사용하여 계산된 operational landing distance 는 아래 사항을 모두 포함합니다.
 - 7-second air distance
 - 15% factor applied to the predicted landing distance.

[Report: Idle Reverse Landing]



Idle Reverse Landing 을 통해 지난 8 개월 간 연료는 132,940 lbs, 탄소배출은 191 ton CO₂ 을 절감하였습니다. Idle Reverse Landing 및 이후 핸드북의 각 이니셔티브에 대한 보고서의 실적은 후보군이 아니더라도 이니셔티브가 수행된 비행편의 개선정보를 모두 포함하고 있습니다.

아래는 해당 기간 동안 후보군에 대한 활주로별 Idle Reverse Landing 이니셔티브를 수행한 비율입니다.



Initiative #2: Reduced Flap Landing

Landing Flap 을 30 대신 25 를 사용하면 항력을 감소시켜 연료 및 소음을 줄일 수 있습니다. 이는 Idle reverse thrust 와 동시 수행이 가능합니다. 대상 활주로는 인천공항 모든 활주로이며 착륙성능에 영향을 주는 요인인 tailwind 를 10 kts, runway condition 을 Dry 로 제한하여 추적하고 있으나 이 외의 활주로 및 다른 condition 에서도 수행할 수 있습니다.

Reduced Flap Landing Condition

- RKS1 ALL RWY
- Runway Condition: Dry
- Maximum Tailwind: 10 knots

Reduced Flap Landing Performed

- Flap configuration at touchdown is equal or less than 25

Reduced Flap Landing Fuel Saving

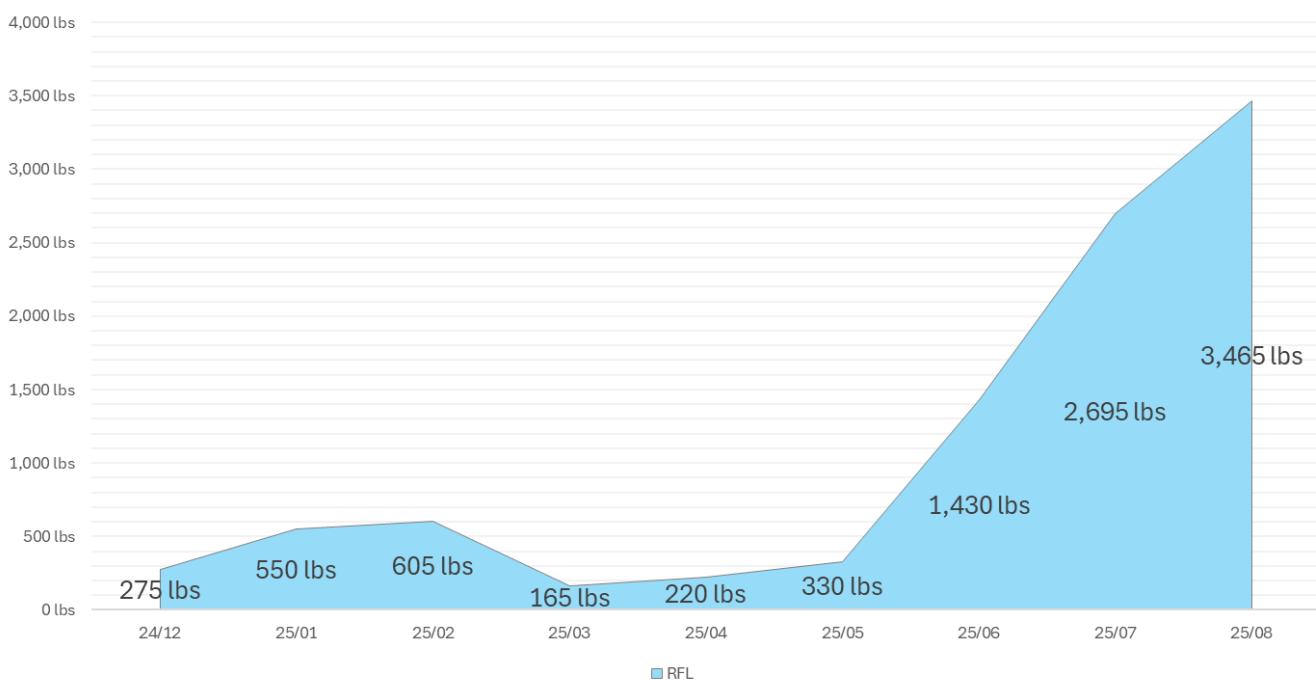
- 55 lbs./landing

Landing Performance Considerations: Factored Total Landing Distance 는 Flare Distance 를 포함함

| Wind (kts) | Reverse Thrust | Landing Flap | Approach Climb Speed (kts) | Factored Total Landing Dist. (ft) | Flare Distance (ft) |
|------------|----------------|--------------|----------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| -10 | Reverse Idle | Flaps 25 | 162.4 | 10,700 | 2,058 |
| -8 | Reverse Idle | Flaps 25 | 162.4 | 10,400 | 2,023 |
| -6 | Reverse Idle | Flaps 25 | 162.4 | 10,105 | 1,988 |
| -4 | Reverse Idle | Flaps 25 | 162.4 | 9,813 | 1,953 |
| -2 | Reverse Idle | Flaps 25 | 162.4 | 9,526 | 1,918 |
| 0 | Reverse Idle | Flaps 25 | 162.4 | 9,242 | 1,883 |
| -10 | Max Thrust | Flaps 25 | 162.4 | 10,584 | 2,058 |
| -8 | Max Thrust | Flaps 25 | 162.4 | 10,286 | 2,023 |
| -6 | Max Thrust | Flaps 25 | 162.4 | 9,993 | 1,988 |
| -4 | Max Thrust | Flaps 25 | 162.4 | 9,704 | 1,953 |
| -2 | Max Thrust | Flaps 25 | 162.4 | 9,419 | 1,918 |
| 0 | Max Thrust | Flaps 25 | 162.4 | 9,138 | 1,884 |
| -10 | Reverse Idle | Flaps 30 | 157.3 | 10,169 | 1,999 |
| -8 | Reverse Idle | Flaps 30 | 157.3 | 9,877 | 1,964 |
| -6 | Reverse Idle | Flaps 30 | 157.3 | 9,589 | 1,930 |
| -4 | Reverse Idle | Flaps 30 | 157.3 | 9,305 | 1,895 |
| -2 | Reverse Idle | Flaps 30 | 157.3 | 9,025 | 1,860 |
| 0 | Reverse Idle | Flaps 30 | 157.3 | 8,749 | 1,825 |
| -10 | Max Thrust | Flaps 30 | 157.3 | 10,132 | 1,999 |
| -8 | Max Thrust | Flaps 30 | 157.3 | 9,841 | 1,964 |
| -6 | Max Thrust | Flaps 30 | 157.3 | 9,553 | 1,930 |
| -4 | Max Thrust | Flaps 30 | 157.3 | 9,270 | 1,895 |
| -2 | Max Thrust | Flaps 30 | 157.3 | 8,991 | 1,860 |
| 0 | Max Thrust | Flaps 30 | 157.3 | 8,716 | 1,825 |

- With Landing Weight 425,000 lbs. (MLW)
- Runway Condition: Dry
- Threshold Speed Increment: 5 knots
- Autobrake Setting: Autobrake-3
- Operational Landing Factor: 1.15

[Report: Reduced Flap Landing]



Reduced Flap Landing 은 5 월부터 시행되어 이후 많은 개선을 보이고 있습니다. 8 개월 간 Reduced Flap Landing 을 통해 연료는 9,460 lbs, 탄소배출은 13.6 ton CO₂e 을 절감하였습니다.

해당 이니셔티브는 현재 ICN 공항을 대상으로 하고 있으며, 추후 Idle Reverse Landing 의 대상 활주로와 동일하게 확장할 계획입니다.

아래는 해당 기간 동안 착륙한 ICN 공항 활주로별 Reduced Flap Landing 이니셔티브를 수행한 비율입니다.



Initiative #3: Landing Gear Altitude

안전하고 안정적인 접근을 유지하면서 Landing Gear Extension 시점을 늦춰 더 낮은 고도에서 이를 수행하면 접근 중 항력을 줄여 연료 소비를 줄일 수 있습니다. 산정 기준 고도를 2,200ft에서 2,400ft로 변경하고 대상 활주로를 인천공항 33L, 34L에서 전체 공항 및 활주로로 확장했습니다.

Landing Gear Altitude Condition

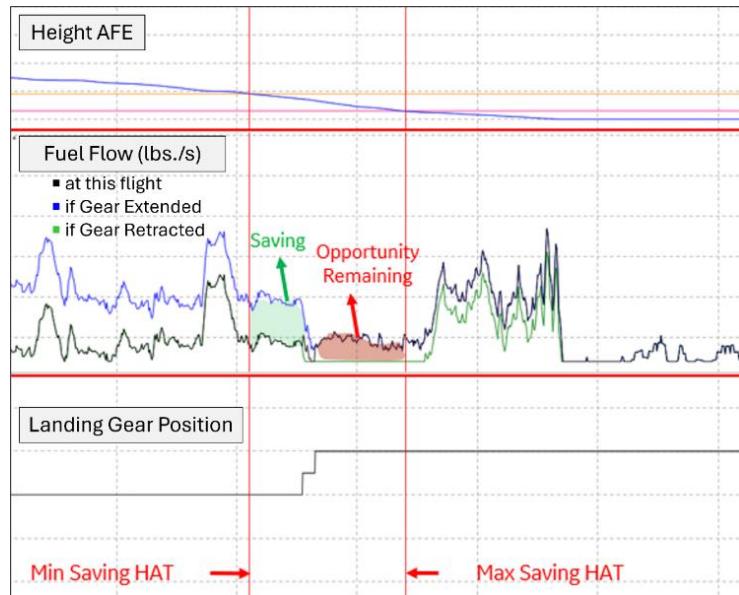
- Landing at All Airport and Runways

Landing Gear Altitude Performed

- Height Above Touchdown at Gear Down is below 2,400ft (7~8 NM to TD)

Landing Gear Altitude Saving and Opportunity

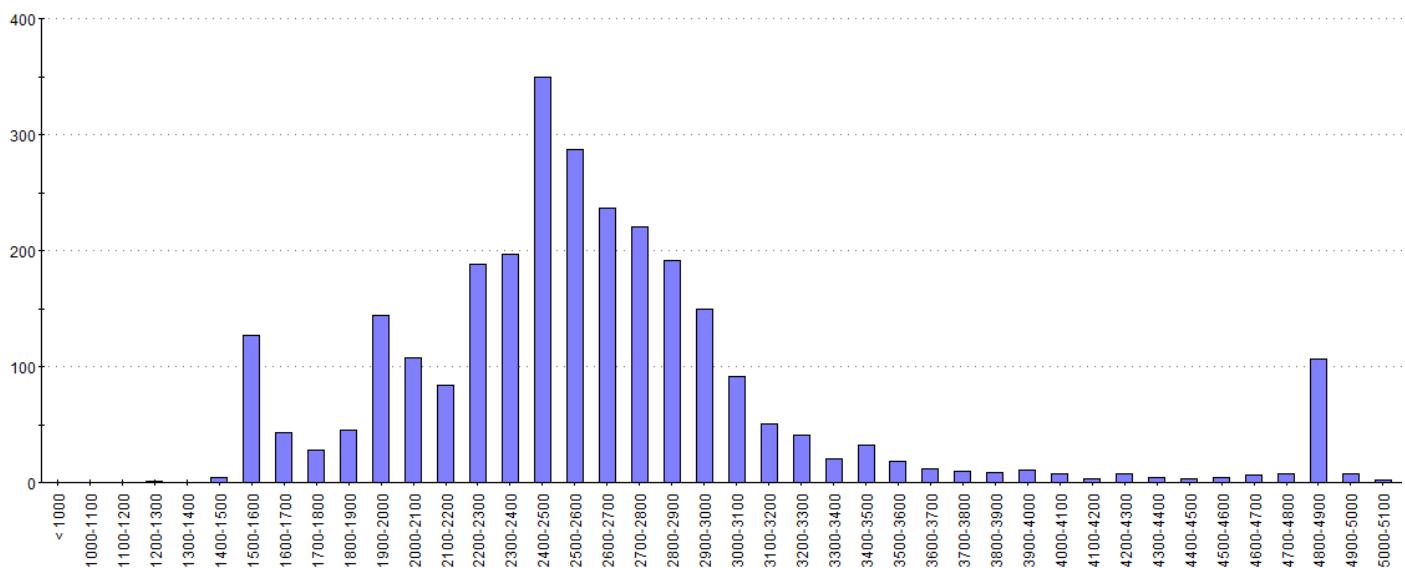
Landing Gear Altitude에 대한 연료효율 개선치는 실제 Gear Extension 고도가 2,400ft 이하일 때만 집계되며, Gear Extension의 Minimum Saving 고도는 4,500ft, Maximum Saving 고도는 1,500ft로 설정되어 있습니다. 연료효율 개선치는 아래 그림에서,



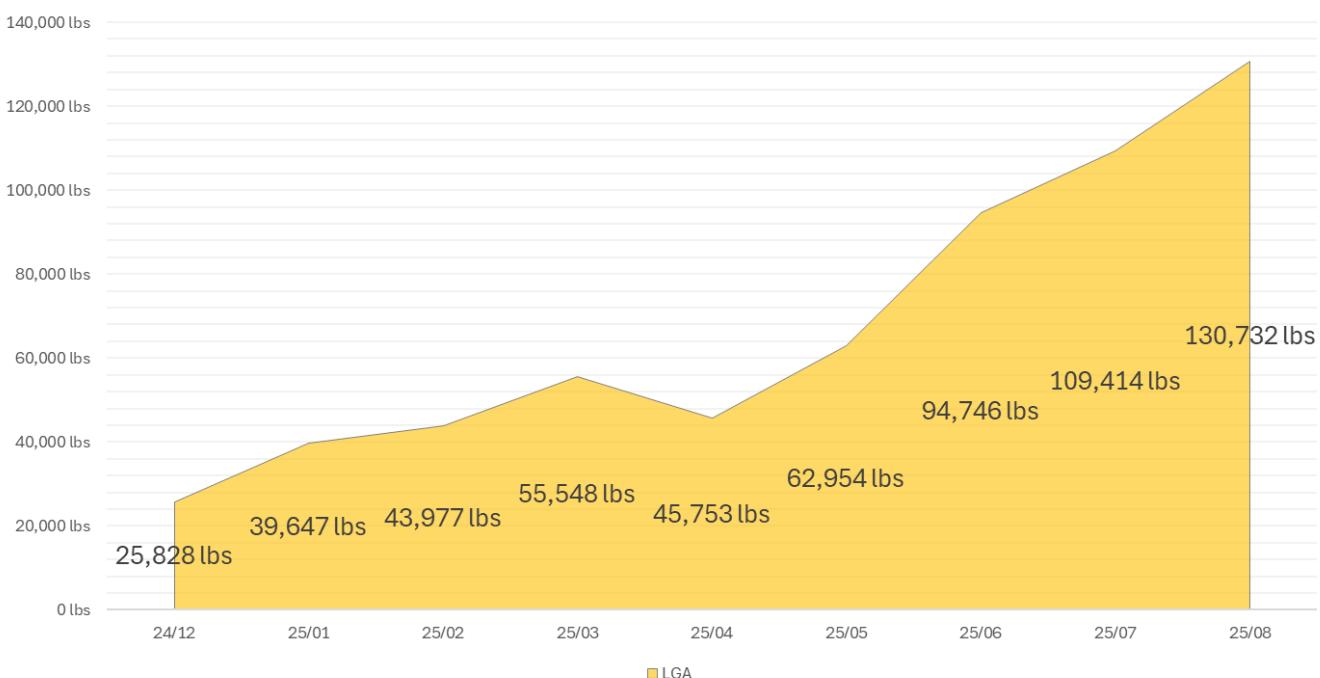
- black line 은 Flight Data 에 기록된 Fuel Flow
- blue line 은 Extended Gear 상태의 가상의 Fuel Flow
- green line 은 Retracted Gear 상태의 가상의 Fuel Flow

- **Saving** 은 4,500ft 부터 실제 Gear Extension 고도까지 Landing Gear Extension에 따른 가상의 Excessed Fuel Burn의 총량을,
- **Opportunity Remaining** 은 실제 Gear Extension 고도부터 1,500ft 까지 Gear Retraction 상태의 Expected Fuel Flow를 가정하여 실제 Flight Data 가 추가로 사용한 연료의 총량을 계산합니다.

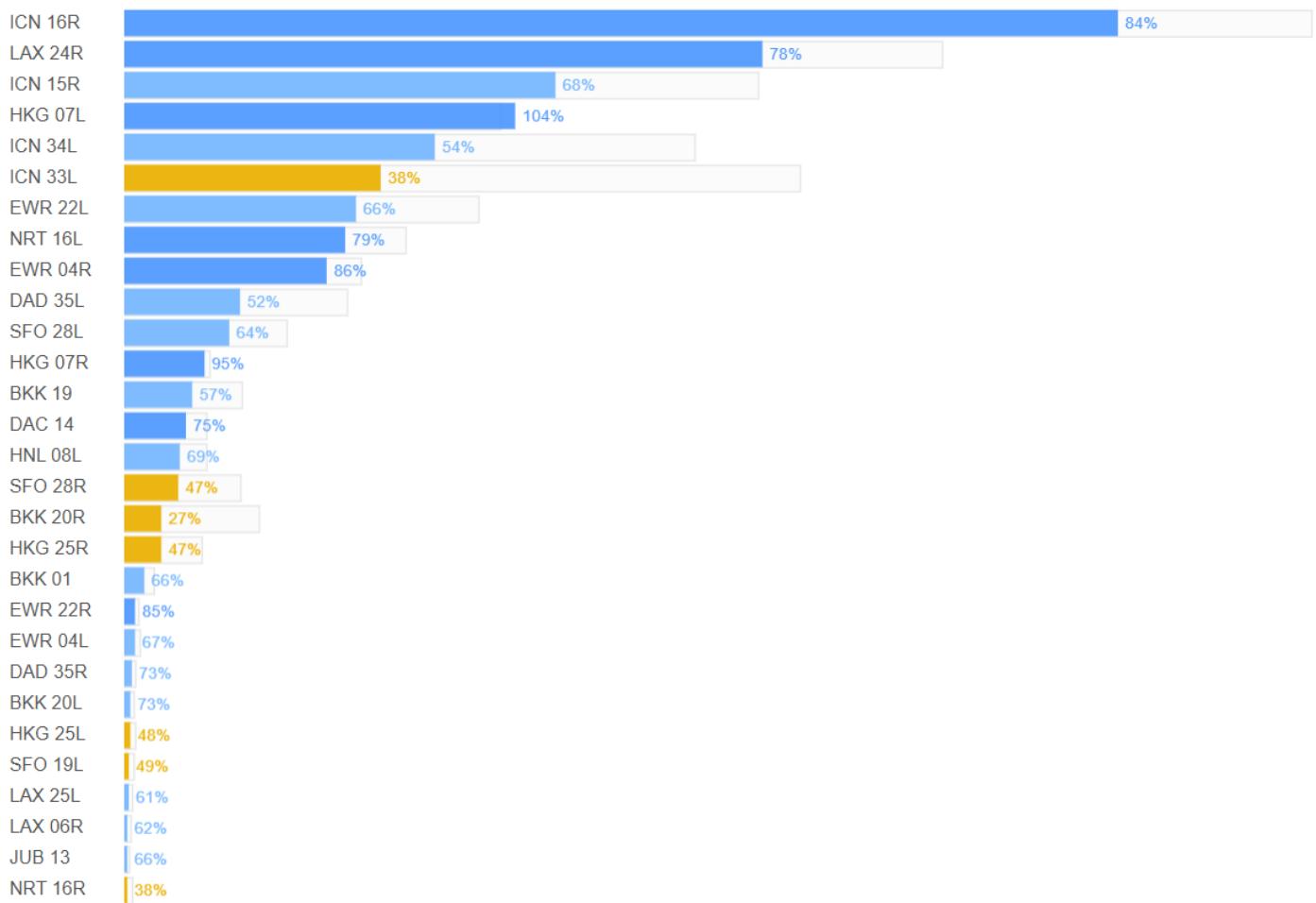
인천공항 33L, 34L RWY 착륙 Gear Down Altitude 현황 (최소 1,278ft, 평균 2,700ft)



[Report: Landing Gear Altitude]



Landing Gear Altitude 는 5 월부터 시행되어 이후 많은 개선을 보이고 있습니다. 8 개월 간 Landing Gear Altitude 를 통해 연료는 582,771 lbs, 탄소배출은 853 ton CO₂e 을 절감하였습니다. 아래는 해당 기간 동안 활주로별 Landing Gear Altitude 이니셔티브를 수행한 비율입니다.



Initiative #4: Engine Out Taxi-In

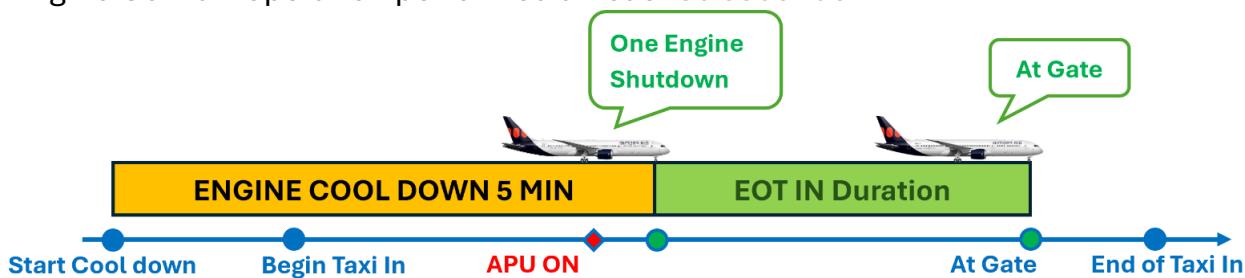
Engine-Out Taxi (EOT)는 대표적인 연료효율개선 활동으로 연료 절감 및 CO₂ 배출량 감소에 많은 이점이 있습니다. 787-9 항공기는 EOT 시 APU 가 반드시 작동되어야 합니다. APU 정비비용과 APU 연료비를 고려하여 EOT-In 을 최소 30 초만 수행하더라도 경제적인 효과가 발생합니다.

EOT-In Condition

- ICN, HKG ALL RWY
- Fuel Temp must be below 32°C
- No MEL items in ATA 24, 29, 32, 49
- **No Icing Condition**
- Begin after **the last runway crossing**

EOT-In Performed

- Engine Out Taxi operation performed at least **30 seconds**



EOT-In Fuel Saving

- **21.6 lbs./min * EOT IN Duration (from one engine shutdown to gate-in)**

System Considerations

- **Before engine shutdown, run both engines for at least 5 mins**
(If idle reverse is conducted, start counting the engine cool-down period from the touchdown time point; otherwise, count from the end of the reverse thrust used)

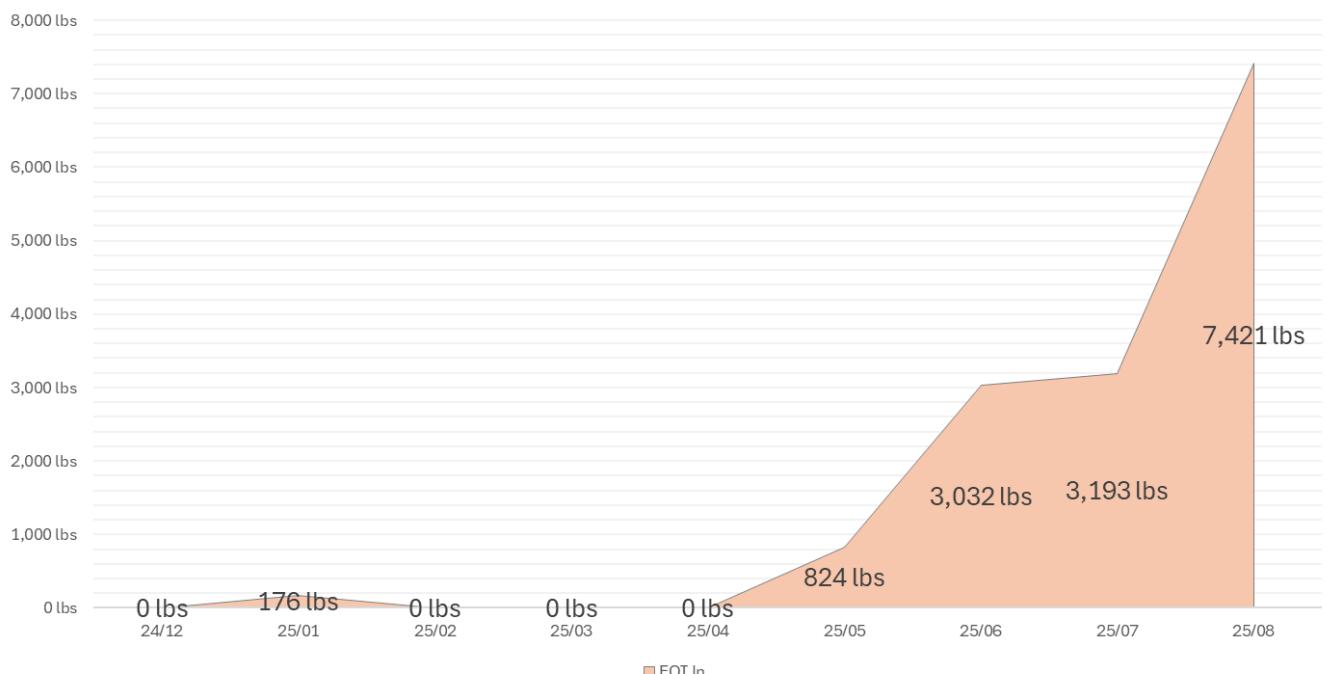
AND

- **Run both engines for at least 45 seconds after Flaps Up**
- APU should be running before the engine shutdown
- When shutting down an engine, the wheel brakes may be released for one second

Flight Deck Effects when engine shutdown

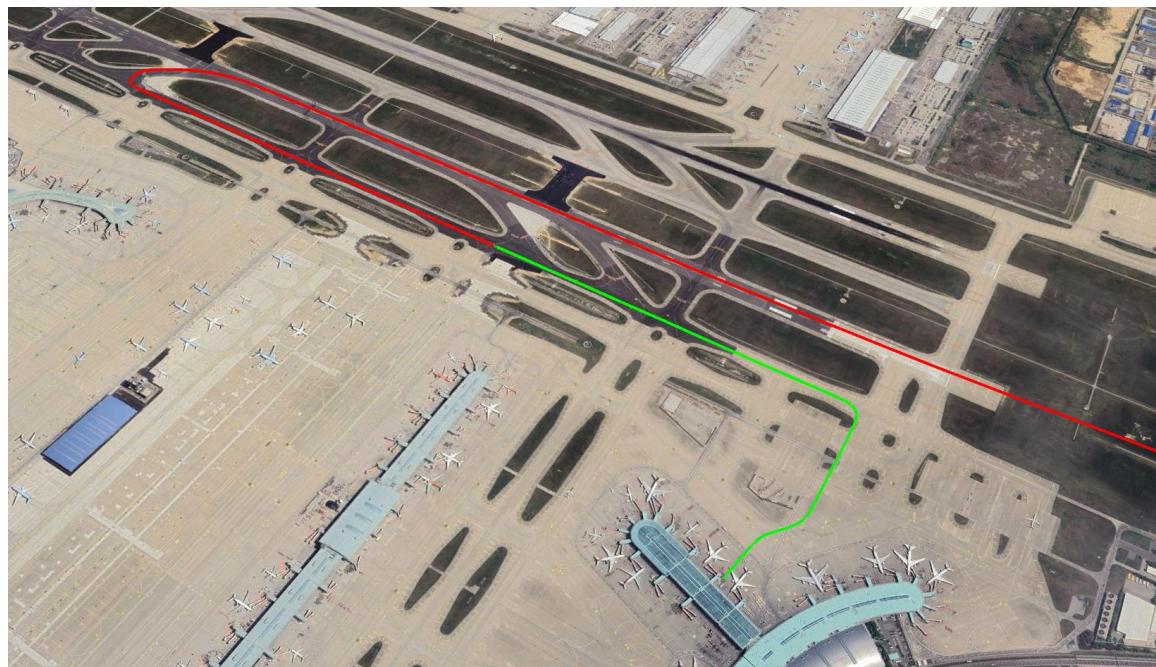
- Generator OFF or DRIVE lights illuminated
- Generator DRIVE lights illuminated
- ENG SHUTDOWN message will show
- HYD PRESS SYS message shows
- ENG PRIMARY pump switch FAULT light illuminates

[Report: Engine Out Taxi-In]



Engine Out Taxi-In은 5월부터 시행되어 이후 많은 개선을 보이고 있습니다. 8개월 간 Engine Out Taxi-In을 통해 연료는 14,646 lbs, 탄소배출은 21 ton CO₂e을 절감하였습니다. 아래 부터는 Engine Out Taxi-In 일부 사례를 소개 드립니다.

[Engine Out Taxi-In Case 1]

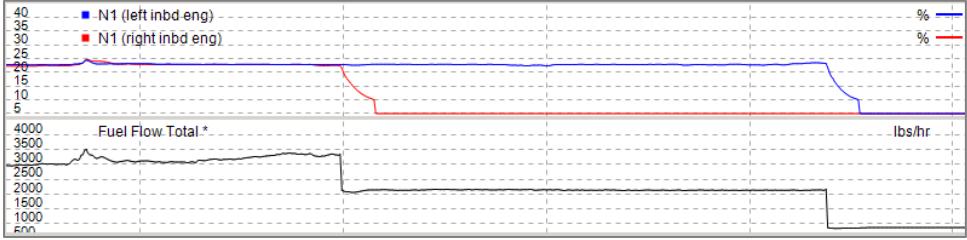


Landing Runway: ICN 33L

Total Engine Out Taxi-In: 3 분 8 초

Fuel Saved: 68 lbs

Carbon Saved: 97 kg CO₂e



인천공항의 유도로 및 계류장은 평坦하여 Engine Out Taxi-In에 적합한 공항으로써 해당 비행편이 EOT-In 시에 Engine Shutdown 이후에도 Running Engine의 N1이 더 증가하는 지점이 드물게 관찰됩니다. Both Engine Running 시 Fuel Flow는 약 2,700 lbs/hour에서 EOT-In 시에는 1,630 lbs/hour로 감소합니다.

[Engine Out Taxi-In Case 2]

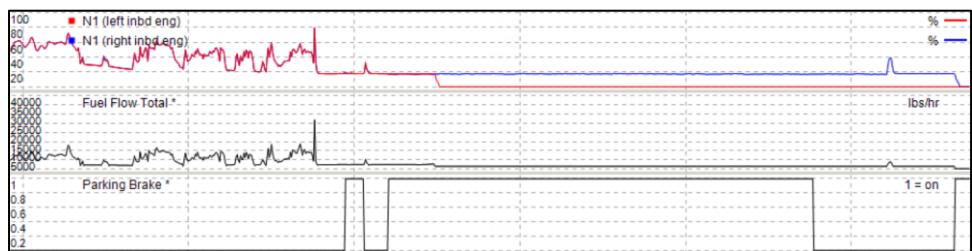


Landing Runway: EWR 22L

Total Engine Out Taxi-In: 46 분 36 초

Fuel Saved: 1,007 lbs

Carbon Saved: 1.4 ton CO₂e



EWR 착륙 시 EOT-In이 수행된 사례로 다른 항공기의 계류장 점유로 인해 Taxiway에서 Full Stop 및 장시간 정지 후 Engine Shutdown 후, 연속하여 EOT-In으로 Gate까지 도착한 사례입니다. TWY CC 통과 후 A12 부근에서 정지하였으며, 약 4 분 후 Engine Shutdown 및 41 분 후에 출발하였습니다.

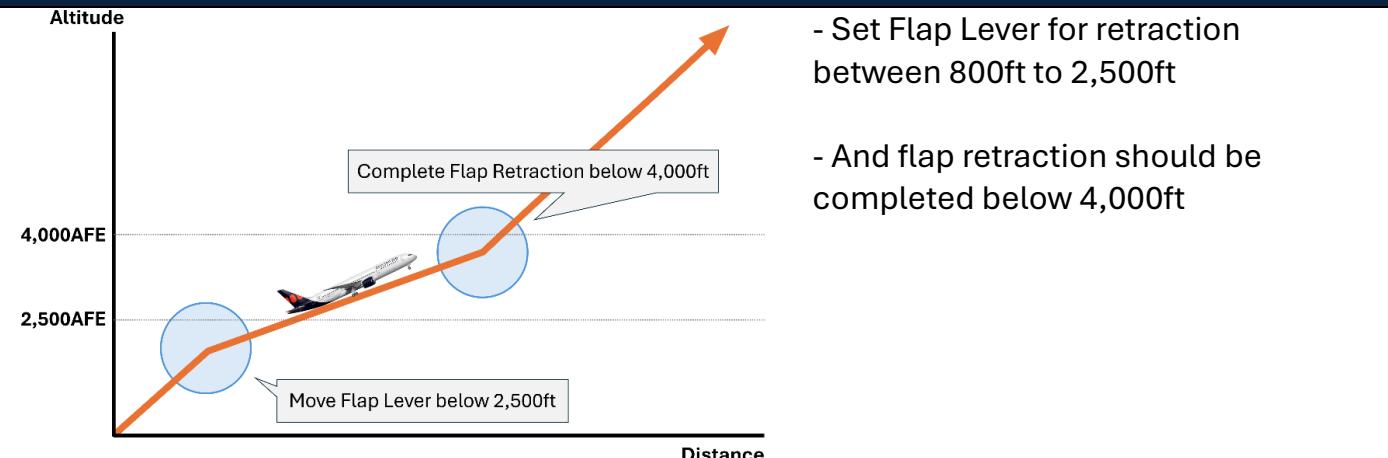
Initiative #5: Normal Climb

연료 연소를 줄일 수 있는 또 다른 영역은 상승 단계입니다. 3,000ft 보다 낮은 고도에서 acceleration 및 flap retraction 을 수행하는 경우, 더 이른 시점에서 항력이 감소하기 때문에 연료 연소가 줄어들고, 보다 빠른 시간 안에 높은 고도에 도달할 수 있습니다.

Normal Climb Condition

- Designated Airports and Runways that Normal Climb is available

Normal Climb Performed

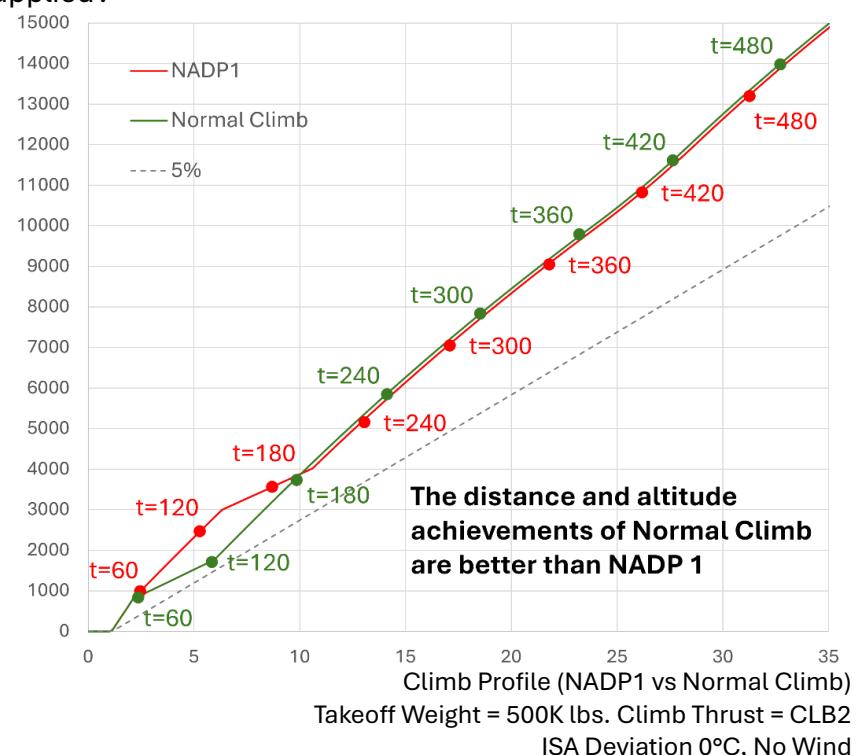


Normal Climb Fuel Saving

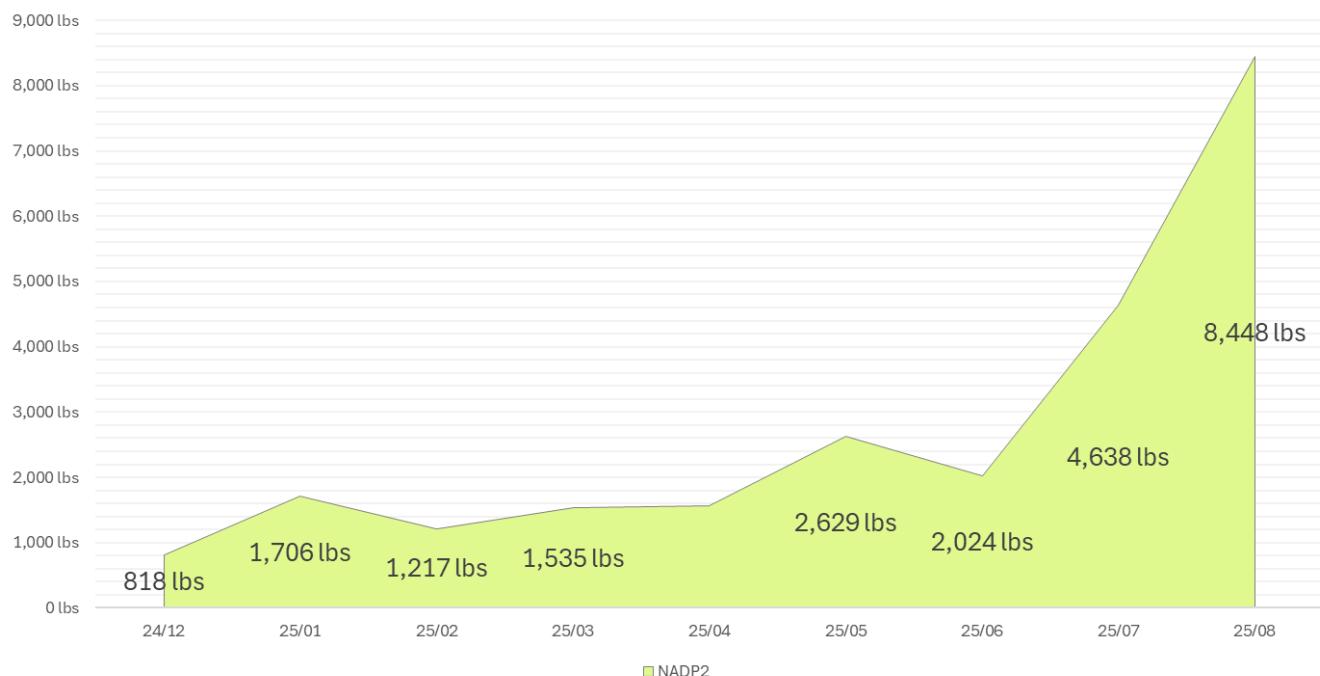
| 787-9 Trent1000 | | Initial Flap Lever Change Height (ft) | | | |
|-----------------------|----------|---------------------------------------|-------------|-------------|--------|
| | | ~1,500 | 1,500~2,000 | 2,000~2,500 | 2,500~ |
| TKOF Weight (lbs.) | ~360,000 | 126 | 105 | 63 | 0 |
| | ~380,000 | 135 | 112 | 67 | 0 |
| | ~450,000 | 170 | 142 | 86 | 0 |
| | 450,000~ | 227 | 190 | 115 | 0 |

At which airports can normal climb be applied?

| ICAO | RWY | Procedures |
|------|-------|------------|
| RKSI | 15L/R | NADP2 |
| | 16L/R | NADP2 |
| | 33L/R | NADP1 |
| | 34L/R | NADP1 |
| KLAX | ALL | Available |
| KEWR | ALL | Available |
| KSFO | ALL | Available |
| PHNL | ALL | Available |
| RJAA | ALL | NADP1 |
| VGHS | ALL | Available |
| VHHH | ALL | Available |
| VTBS | ALL | NADP1 |
| VVDN | ALL | Available |

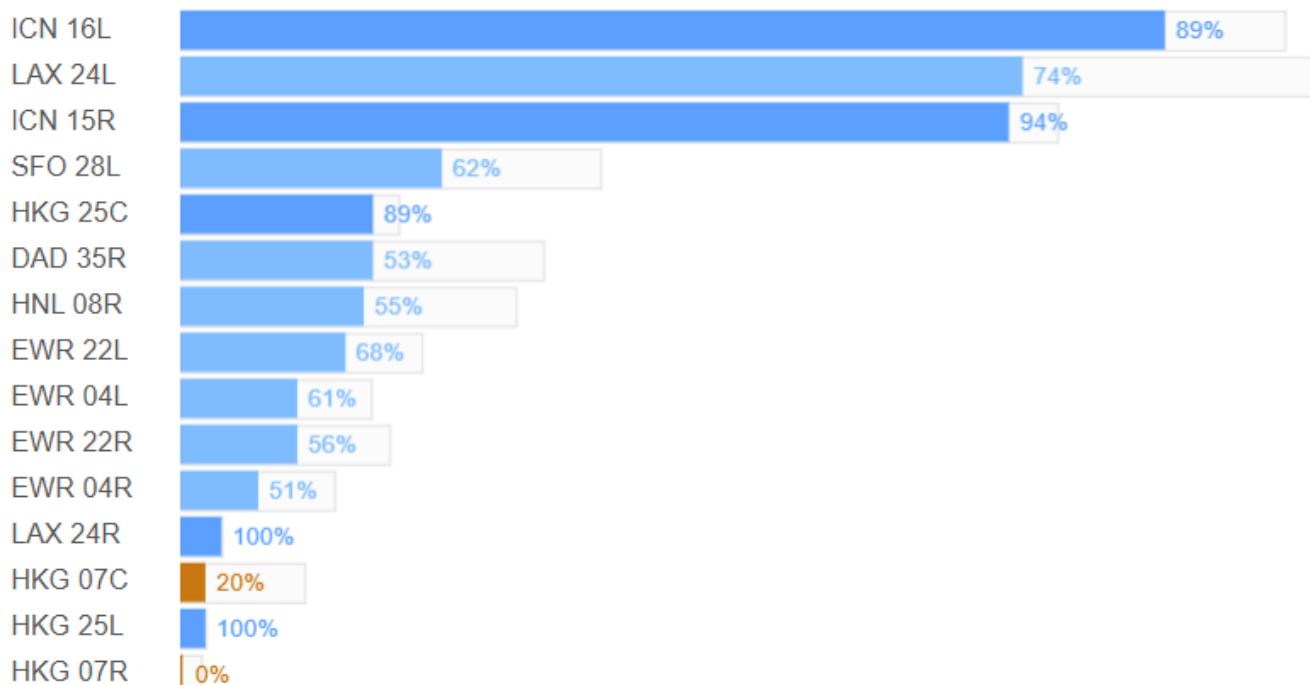


[Report: Normal Climb]



Normal Climb은 8 월 중순부터 시행되어 약 2 주간 급격히 수행율이 증가되었으며, 그라프에 포함되지 않은 9 월에는 더욱 가파른 수행율의 상승을 보이고 있습니다. NADP2 및 Normal Climb을 통해 8 개월간 연료는 23,766 lbs, 탄소배출은 34 ton CO₂e을 절감하였습니다.

아래는 해당 이니셔티브가 시행된 8 월 22 일부터 9 월말까지의 활주로별 데이터입니다. 대부분의 활주로에서 높은 수행율을 보이고 있습니다.



Initiative #6: Direct Segment and Fuel Saving Report

Direct Segments Condition

- Between Top of Climb and Top of Descent

Direct Segments Performed

- Maximum distance to the planned segment polyline should be **greater than 8 NM**, this is the maximum difference between the plan and actual flown segment should big enough to consider it a direct segment
- Ground track saved (Planned-Actual) should be **greater than 3 NM** to include real shortcuts or segments flown directly
- The time flown meeting the conditions above should be **more than 30 seconds**

Direct Segments Fuel Saving

- Ground track distance saved ÷ Average ground speed × Fuel Flow

Fuel Saved by Direct Segments for recent 12 months (2024.09.01~2025.08.31)



이 보고서는 전체 운항편에 대해 노선별 Direct Segments 에 의한 연료 및 비행시간의 감소 정보를 보여드리기 위해 작성되었습니다.

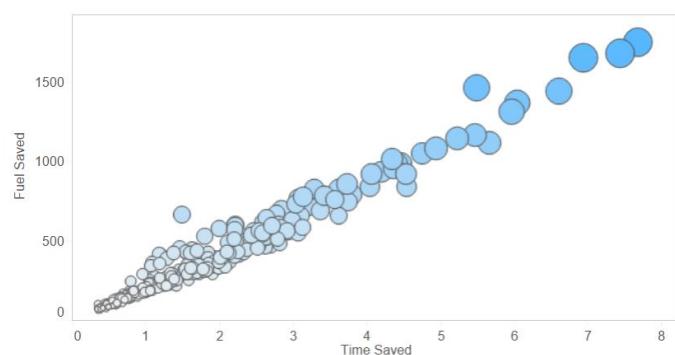
해당 정보를 참고하여 앞으로의 비행 시 비행경로에 대해 다른 대안을 고려해볼 수 있습니다. 보다 효과적으로 전달할 수 있는 방법을 탐구하고 있습니다.

ICN to LAX

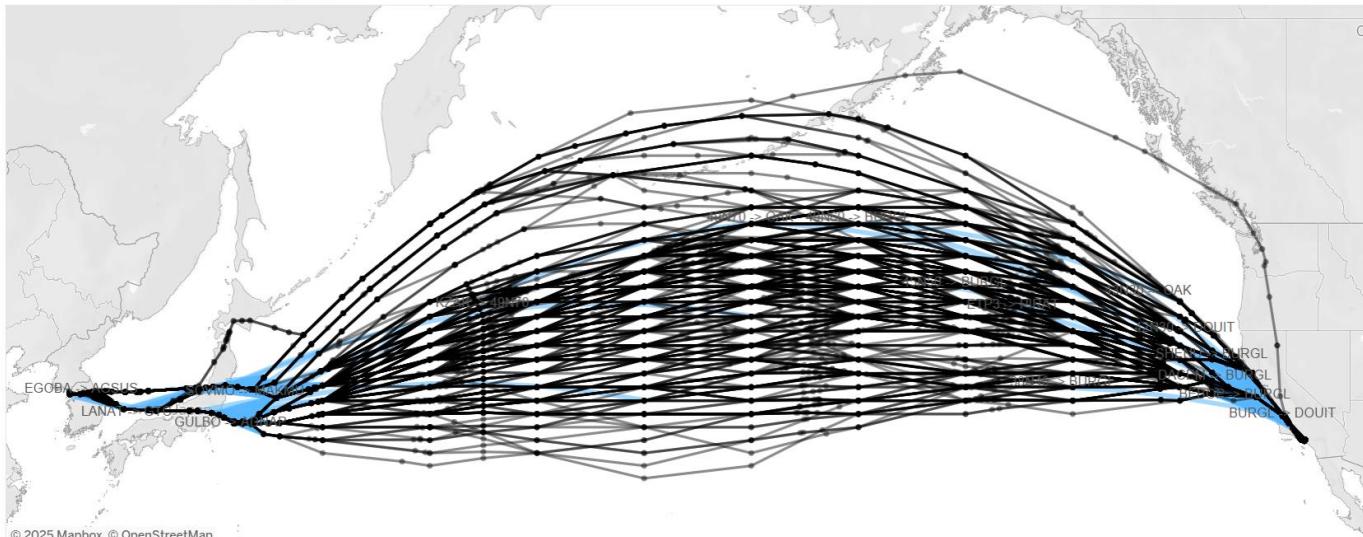
Total Fuel Saved by Direct Segment

| | |
|----------------|-----------|
| KARBU -> LANAT | 8,691 lbs |
| LARIX -> ADNAP | 7,961 lbs |
| ALLBE -> BURGL | 6,887 lbs |
| TRYSH -> KZLA | 5,982 lbs |
| LARIX -> AVBET | 5,150 lbs |
| INUBO -> AVBET | 5,140 lbs |
| INUBO -> ADNAP | 2,960 lbs |
| VESPA -> KZLA | 2,823 lbs |
| GULBO -> ADNAP | 2,759 lbs |
| GULBO -> AVBET | 2,670 lbs |

Fuel Saved (lbs) vs Time Saved (min) by Flight



Planned Waypoint Path vs Direct Segment

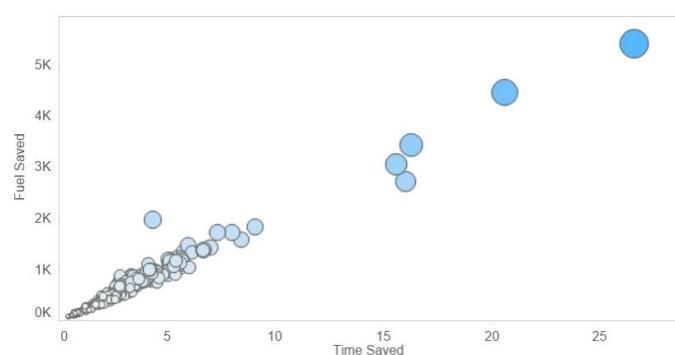


LAX to ICN

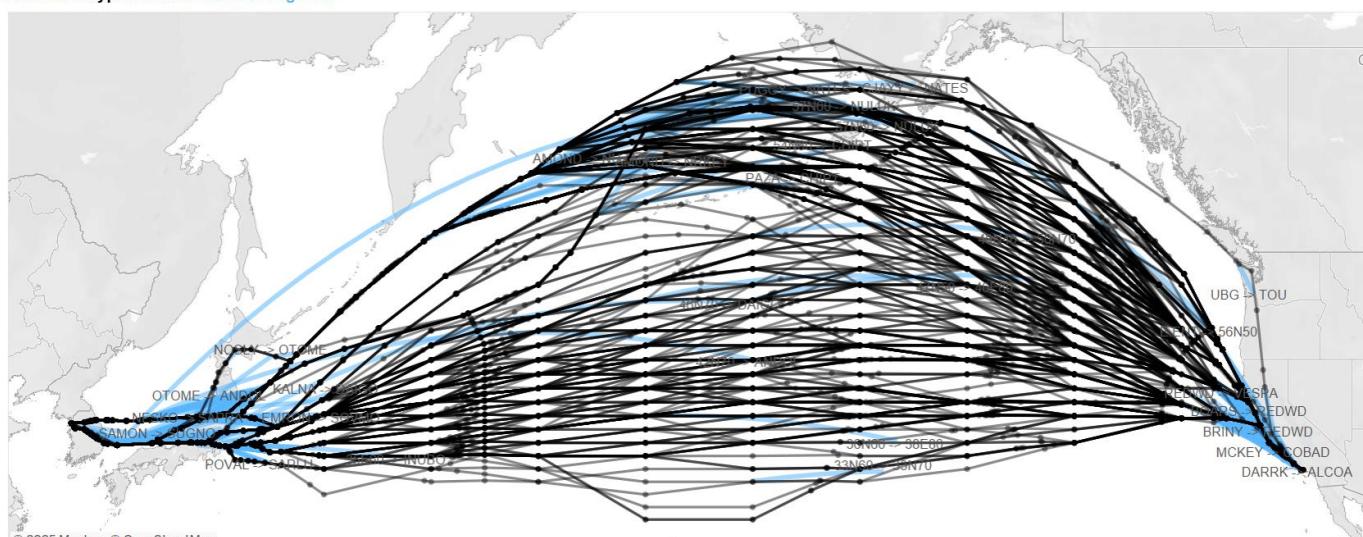
Total Fuel Saved by Direct Segment

| | |
|----------------|------------|
| ASTER -> GTC | 25,395 lbs |
| KZOA -> CEPAS | 17,574 lbs |
| LIBBO -> REDWD | 14,769 lbs |
| KZOA -> BUTEN | 13,094 lbs |
| MCKEY -> CEPAS | 9,944 lbs |
| SAMON -> SAPRA | 6,717 lbs |
| MCKEY -> BUTEN | 6,333 lbs |
| SAPRA -> GUKDO | 6,323 lbs |
| ASTER -> ANDOL | 5,783 lbs |
| LIBBO -> CEPAS | 5,598 lbs |

Fuel Saved (lbs) vs Time Saved (min) by Flight

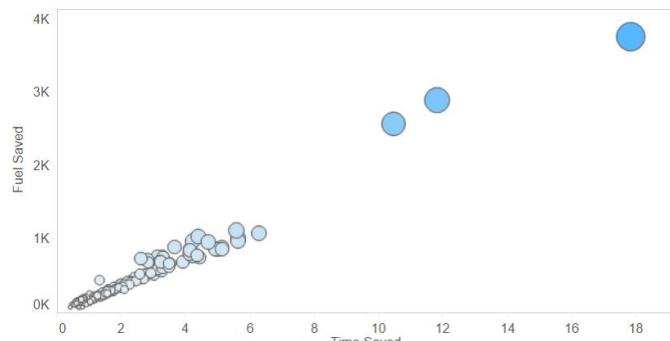
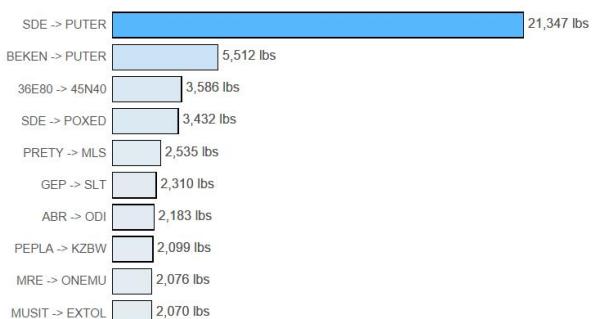


Planned Waypoint Path vs Direct Segment

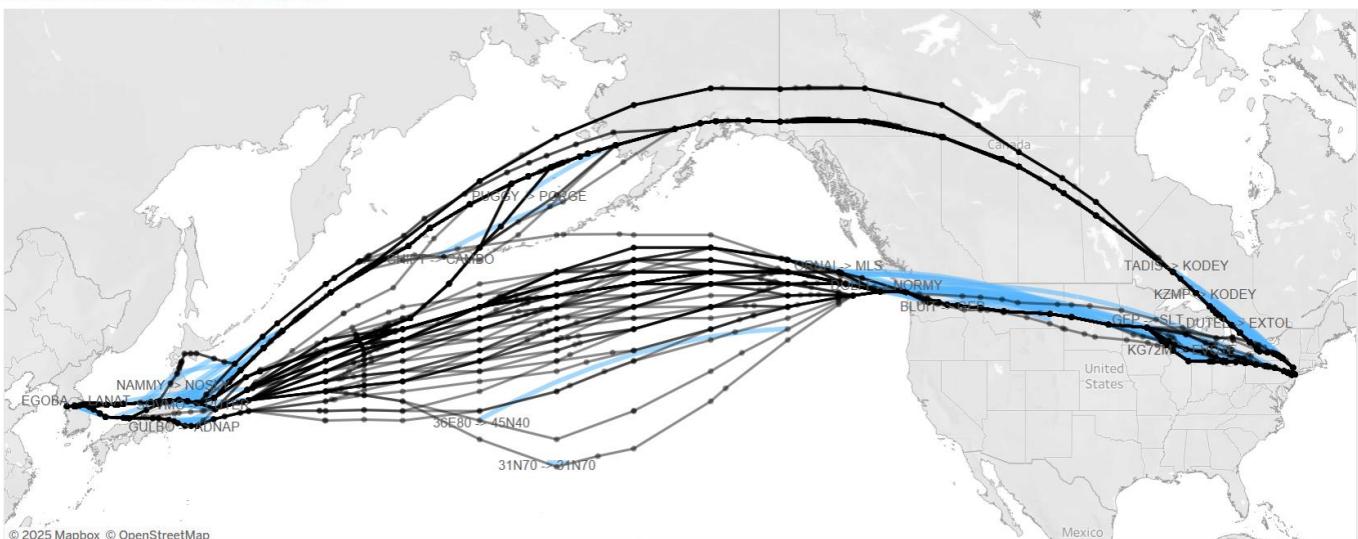


ICN to EWR

Total Fuel Saved by Direct Segment

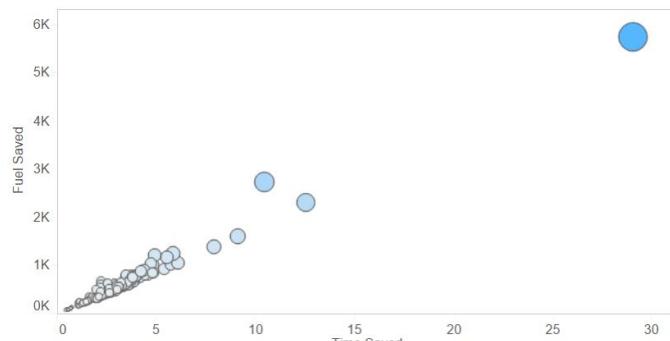
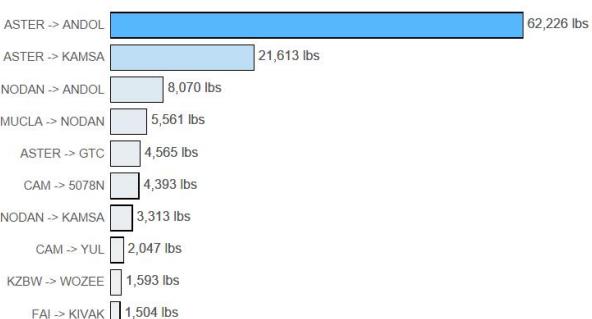


Planned Waypoint Path vs Direct Segment

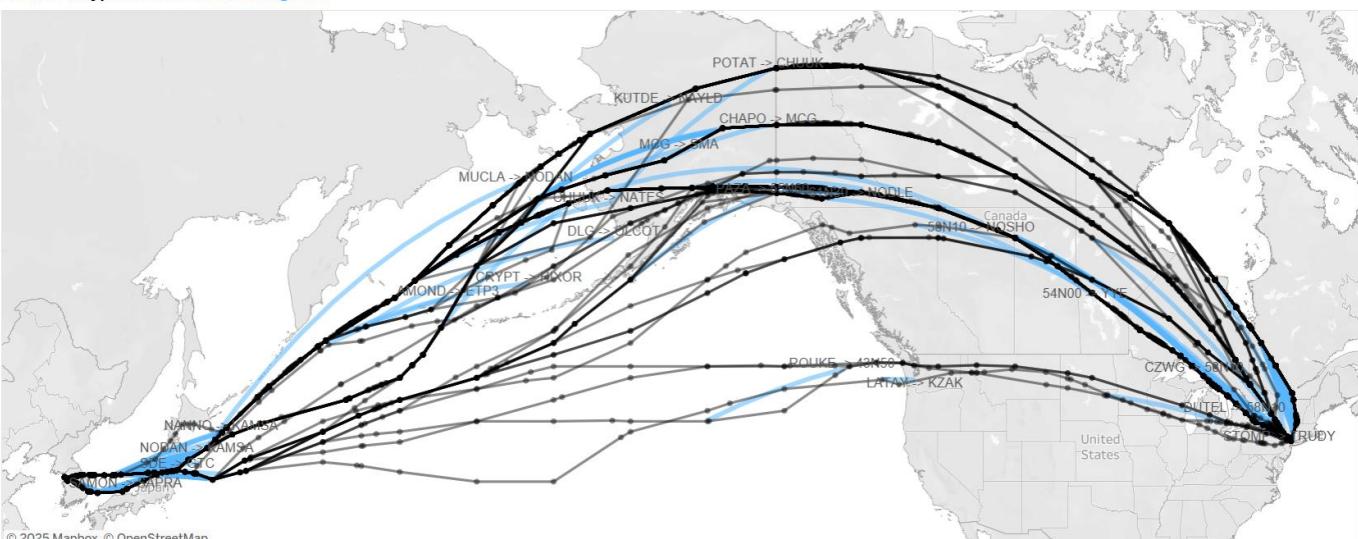


EWR to ICN

Total Fuel Saved by Direct Segment



Planned Waypoint Path vs Direct Segment

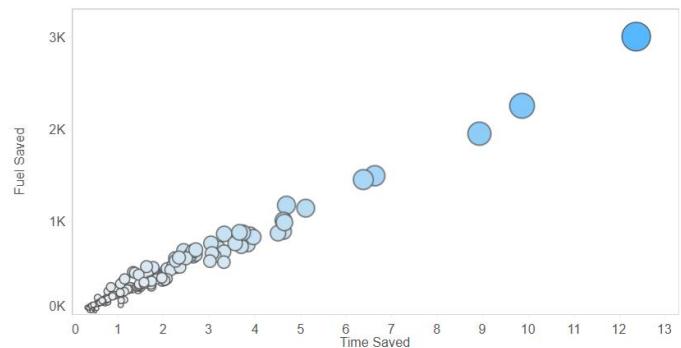


ICN to SFO

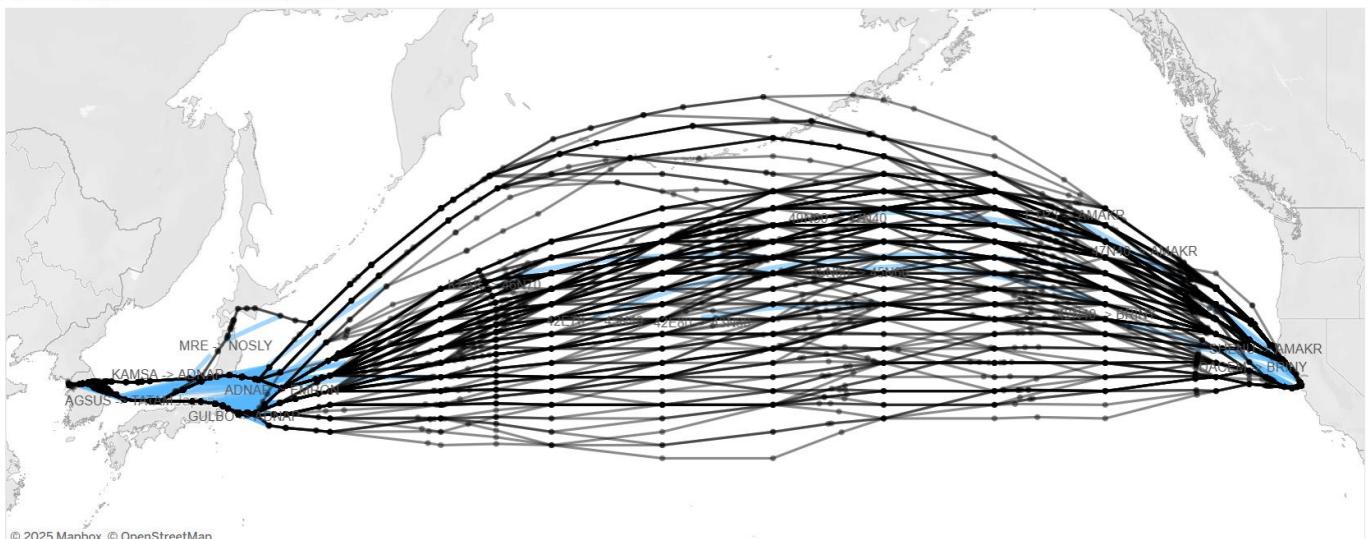
Total Fuel Saved by Direct Segment

| | |
|----------------|-----------|
| KARBU -> LANAT | 8,653 lbs |
| LARIX -> AVBET | 4,440 lbs |
| LARIX -> ADNAP | 4,219 lbs |
| SANEP -> ADNAP | 4,162 lbs |
| INUBO -> ADNAP | 3,462 lbs |
| INUBO -> AVBET | 2,368 lbs |
| LANAT -> GTC | 2,285 lbs |
| SANEP -> PUTER | 2,259 lbs |
| BEKEN -> MAKMU | 2,163 lbs |
| EGOBA -> LANAT | 2,026 lbs |

Fuel Saved (lbs) vs Time Saved (min) by Flight



Planned Waypoint Path vs Direct Segment

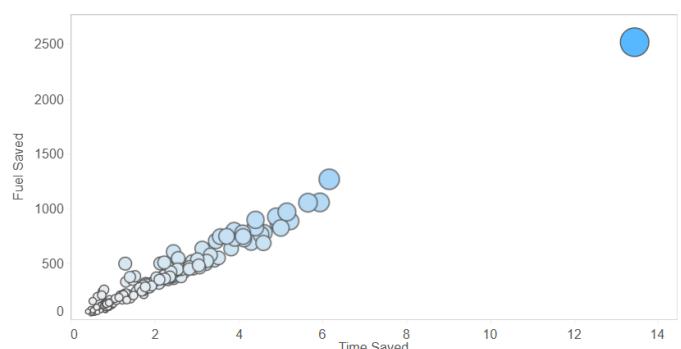


SFO to ICN

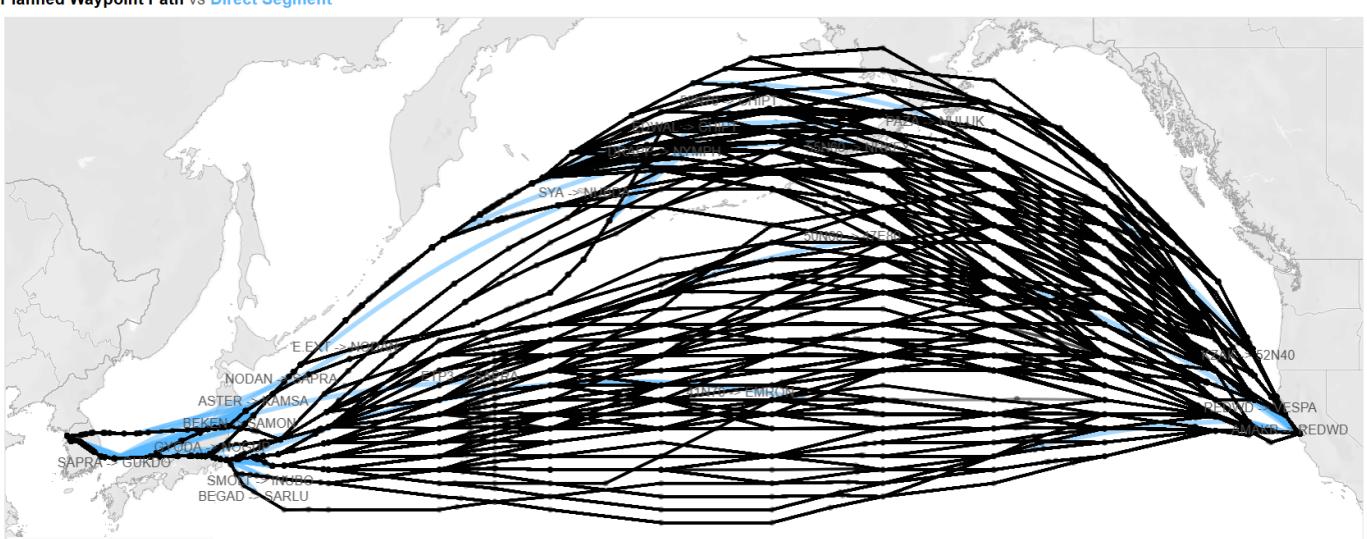
Total Fuel Saved by Direct Segment

| | |
|----------------|------------|
| ASTER -> GTC | 16,379 lbs |
| SAPRA -> GUKDO | 5,014 lbs |
| 38N12 -> REDWD | 4,188 lbs |
| BEGSA -> SAPRA | 4,188 lbs |
| SAMON -> SAPRA | 3,492 lbs |
| LAPIL -> INUBO | 3,449 lbs |
| EDWAL -> CHIPT | 2,325 lbs |
| NESKO -> SAPRA | 2,071 lbs |
| NANAC -> GTC | 1,825 lbs |
| GTC -> SAPRA | 1,320 lbs |

Fuel Saved (lbs) vs Time Saved (min) by Flight

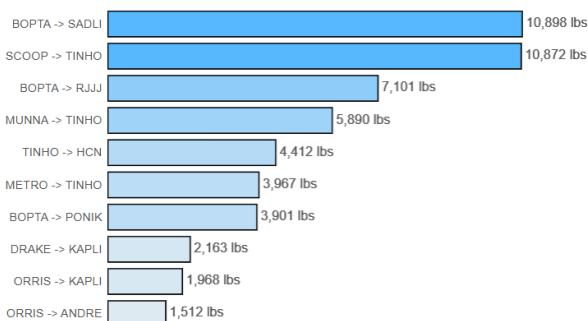


Planned Waypoint Path vs Direct Segment

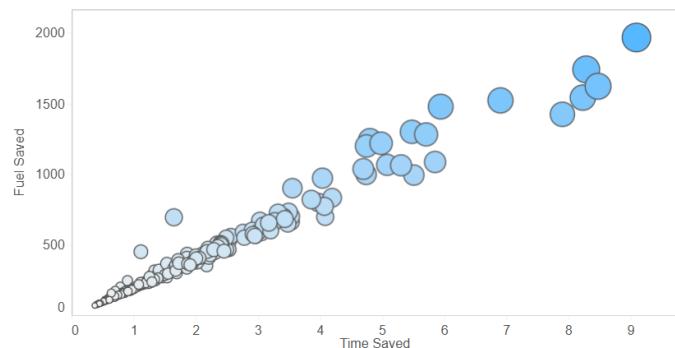


ICN to BKK

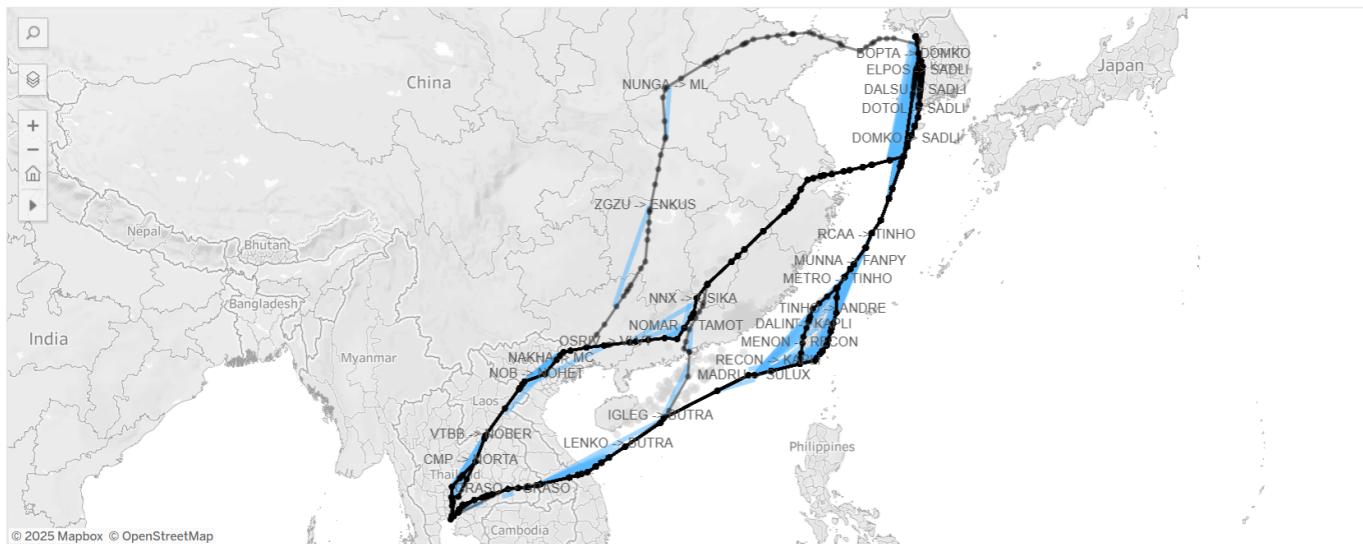
Total Fuel Saved by Direct Segment



Fuel Saved (lbs) vs Time Saved (min) by Flight

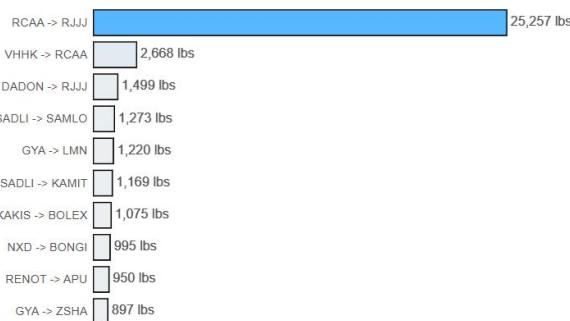


Planned Waypoint Path vs Direct Segment

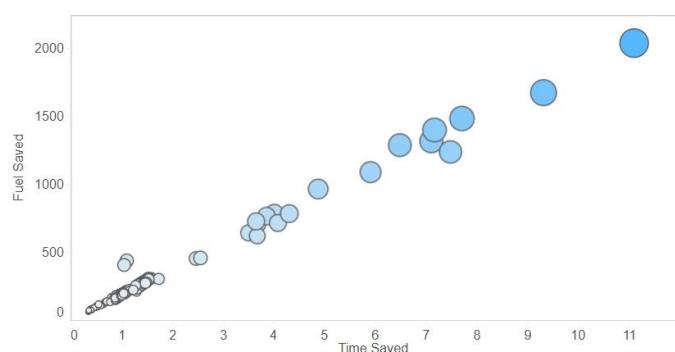


BKK to ICN

Total Fuel Saved by Direct Segment



Fuel Saved (lbs) vs Time Saved (min) by Flight



Planned Waypoint Path vs Direct Segment

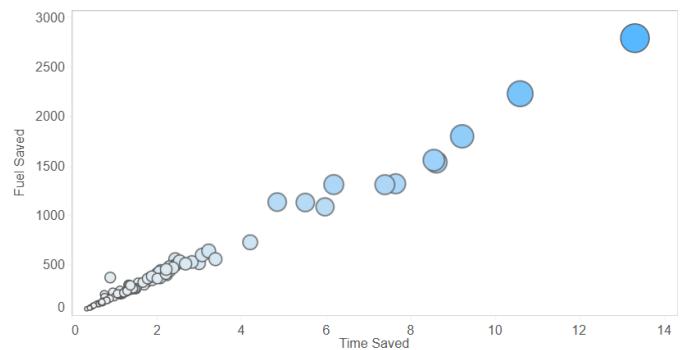


ICN to DAD

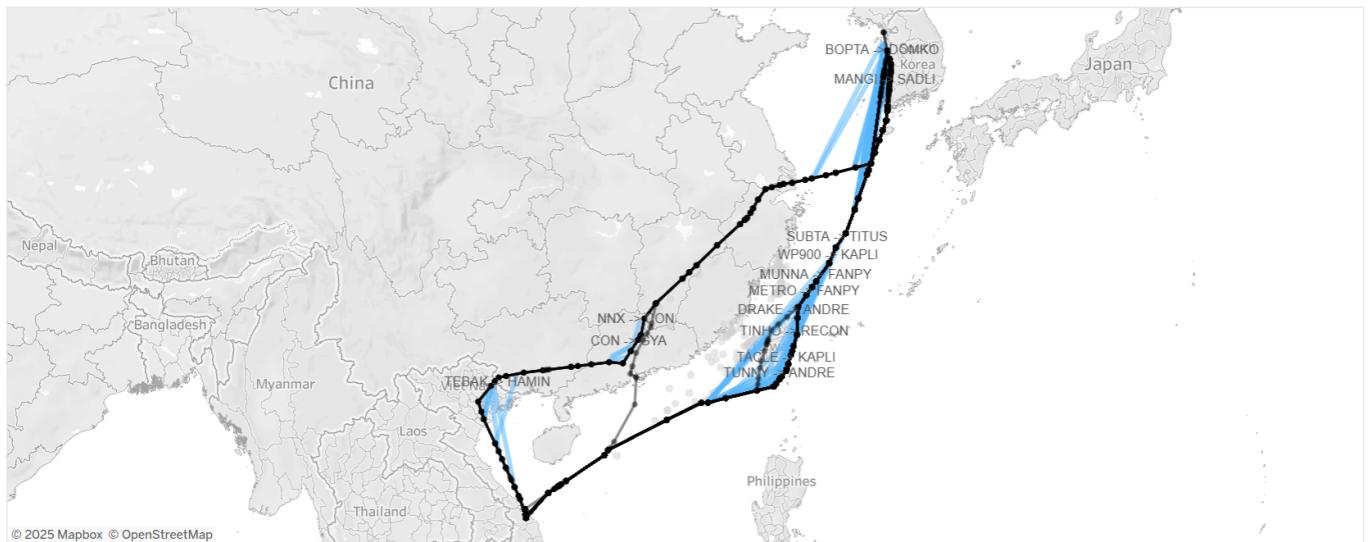
Total Fuel Saved by Direct Segment

| | |
|----------------|-----------|
| SCOOP -> TINHO | 5,067 lbs |
| BOPTA -> RJJJ | 4,018 lbs |
| METRO -> KAPLI | 3,124 lbs |
| MUNNA -> TINHO | 2,791 lbs |
| TINHO -> HCN | 2,383 lbs |
| BOPTA -> SADLI | 2,026 lbs |
| BOPTA -> AKARA | 1,731 lbs |
| BOPTA -> PONIK | 1,617 lbs |
| DRAKE -> KAPLI | 1,561 lbs |
| WP900 -> KAPLI | 1,540 lbs |

Fuel Saved (lbs) vs Time Saved (min) by Flight



Planned Waypoint Path vs Direct Segment

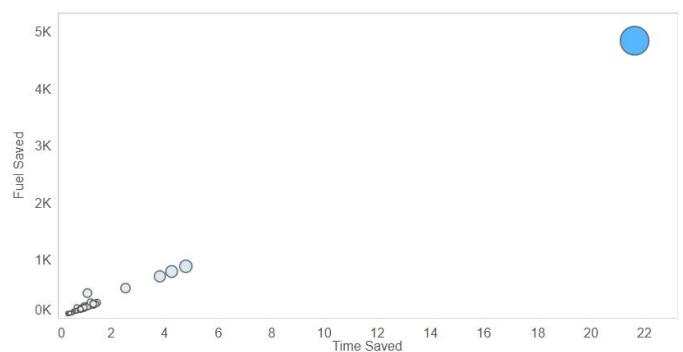


DAD to ICN

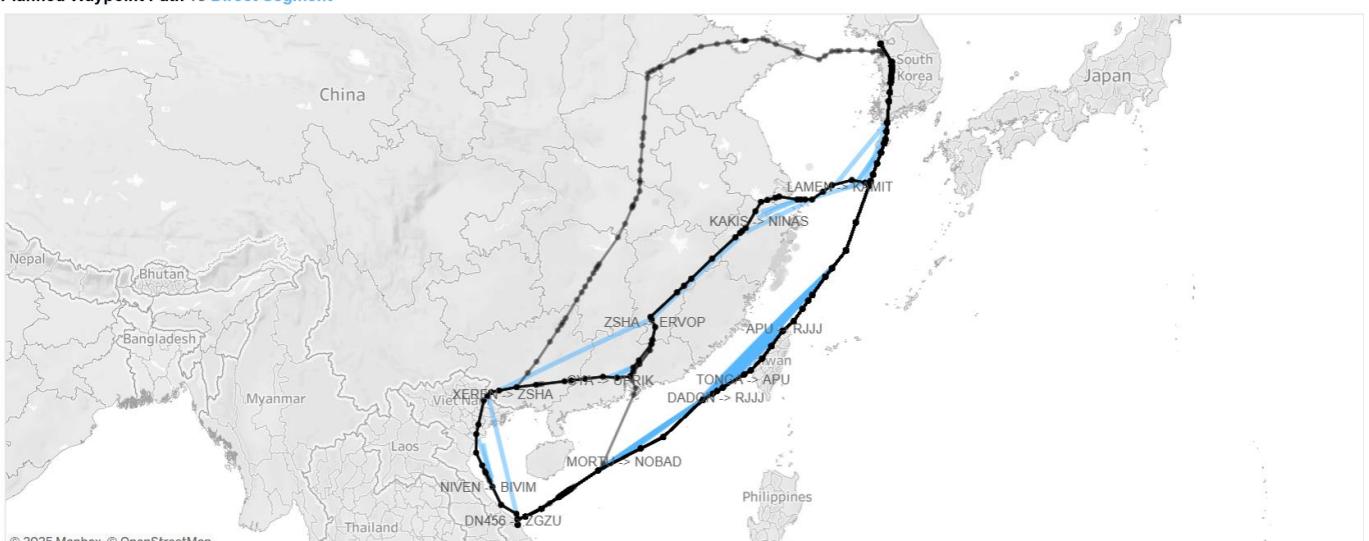
Total Fuel Saved by Direct Segment

| | |
|----------------|------------|
| RCAA -> RJJJ | 12,401 lbs |
| XEREN -> ZSHA | 2,143 lbs |
| DADON -> RJJJ | 2,105 lbs |
| DN456 -> ZGZU | 1,356 lbs |
| VHHK -> RCAA | 890 lbs |
| LAMEN -> KAMIT | 683 lbs |
| RCAA -> APU | 678 lbs |
| RENOT -> APU | 622 lbs |
| TOL -> BOLEX | 573 lbs |
| KAKIS -> NINAS | 544 lbs |

Fuel Saved (lbs) vs Time Saved (min) by Flight



Planned Waypoint Path vs Direct Segment

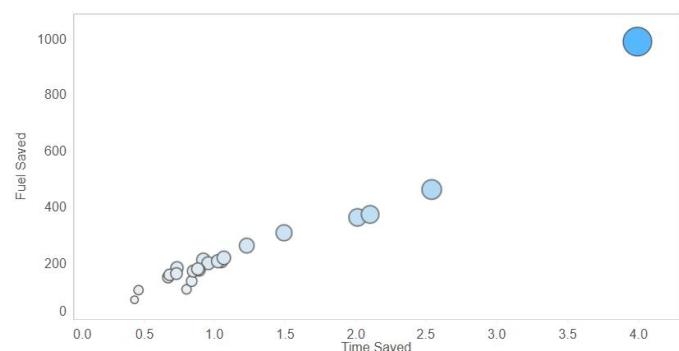


ICN to HKG

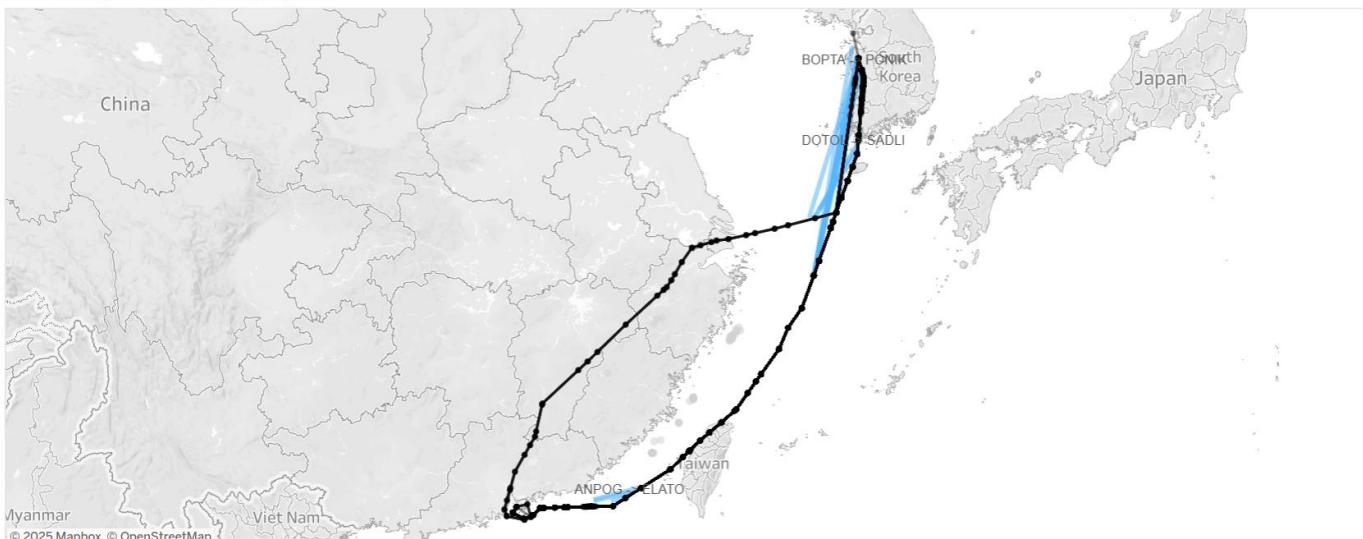
Total Fuel Saved by Direct Segment

| | |
|----------------|-----------|
| BOPTA -> RJJJ | 2,245 lbs |
| BOPTA -> SADLI | 990 lbs |
| DOTOL -> SADLI | 737 lbs |
| BOPTA -> PONIK | 504 lbs |
| KIDOS -> PONIK | 462 lbs |
| ANPOG -> ELATO | 176 lbs |
| MOXID -> RJJJ | 150 lbs |
| KADLO -> ELATO | 136 lbs |

Fuel Saved (lbs) vs Time Saved (min) by Flight



Planned Waypoint Path vs Direct Segment

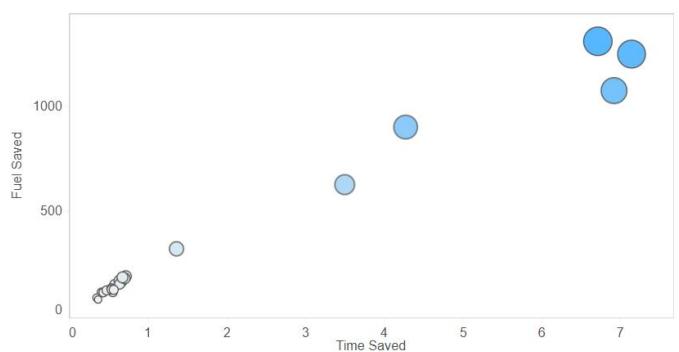


HKG to ICN

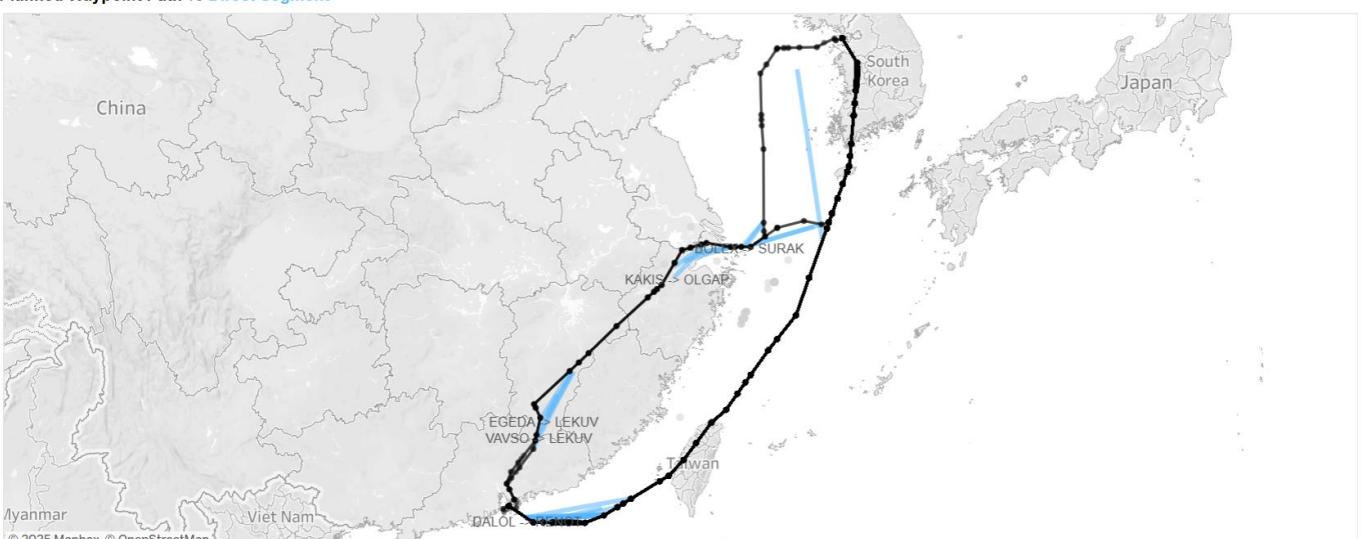
Total Fuel Saved by Direct Segment

| | |
|----------------|-----------|
| DALOL -> RCAA | 2,055 lbs |
| TESIM -> GUNKU | 1,073 lbs |
| ZSHA -> PLT | 601 lbs |
| VAVSO -> LEKUV | 593 lbs |
| XEBUL -> LEKUV | 527 lbs |
| NXD -> NINAS | 431 lbs |
| EGEDA -> LEKUV | 381 lbs |
| BONGI -> SURAK | 349 lbs |
| DALOL -> RENOT | 326 lbs |
| KAKIS -> OLGAP | 306 lbs |

Fuel Saved (lbs) vs Time Saved (min) by Flight



Planned Waypoint Path vs Direct Segment

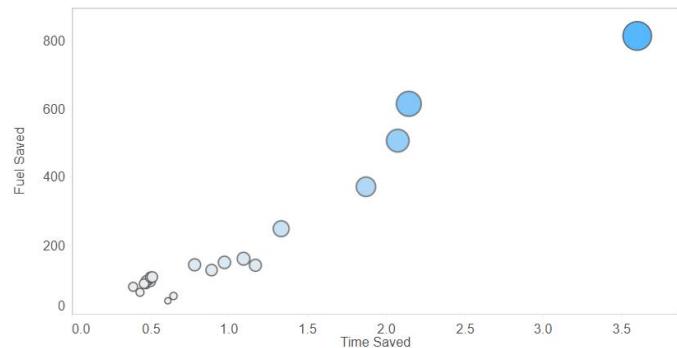


ICN to HNL

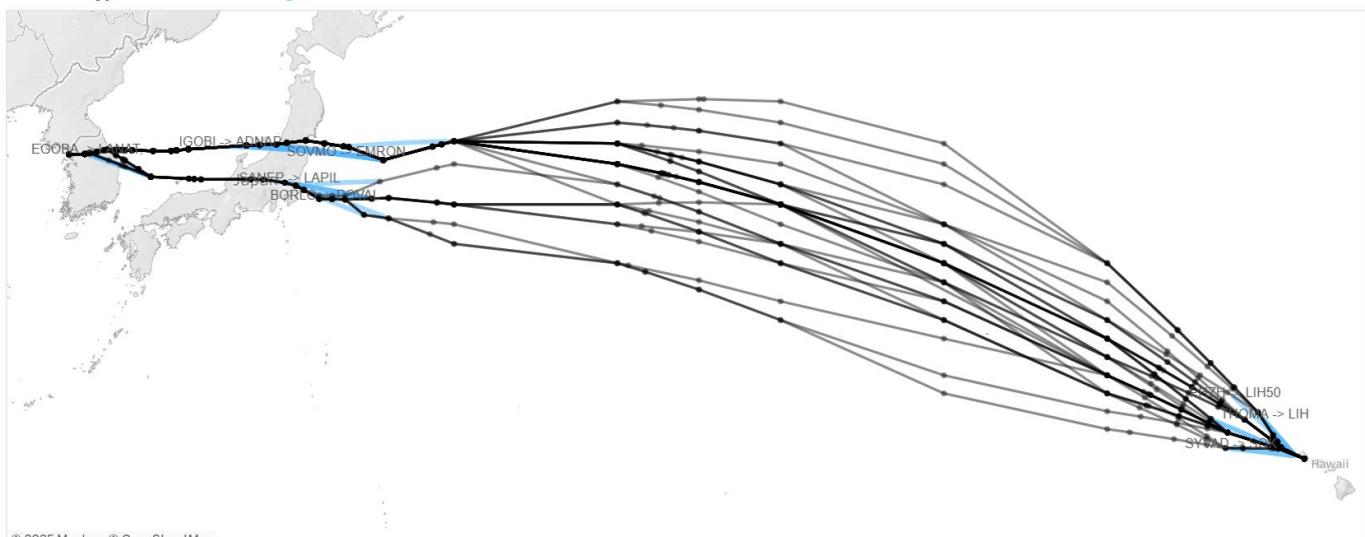
Total Fuel Saved by Direct Segment

| | |
|----------------|---------|
| KARBU -> LANAT | 778 lbs |
| IGOBI -> ADNAP | 695 lbs |
| EGOBA -> LANAT | 420 lbs |
| SOVMO -> EMRON | 373 lbs |
| LARIX -> AVBET | 357 lbs |
| SANEP -> LAPIL | 356 lbs |
| TATAM -> ADNAP | 190 lbs |
| GTC -> ADNAP | 179 lbs |
| OLTAX -> LAPIL | 169 lbs |
| THOMA -> LIH | 165 lbs |

Fuel Saved (lbs) vs Time Saved (min) by Flight



Planned Waypoint Path vs Direct Segment

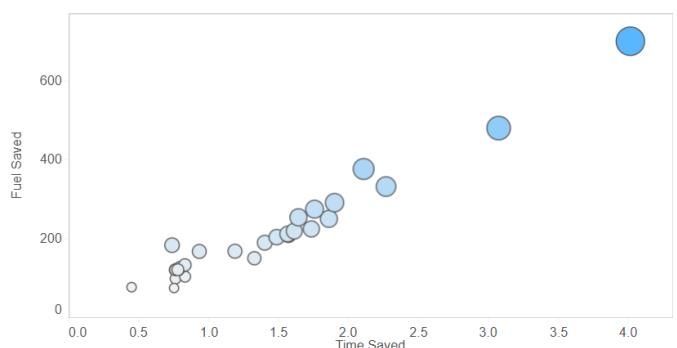


HNL to ICN

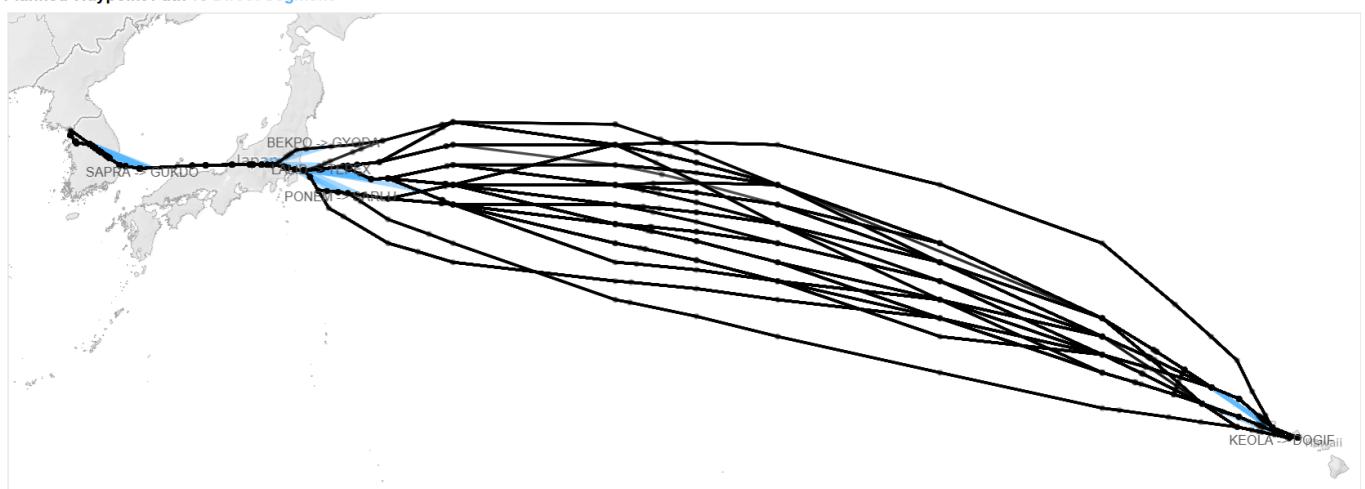
Total Fuel Saved by Direct Segment

| | |
|----------------|-----------|
| LAPIL -> INUBO | 1,734 lbs |
| SAPRA -> GUKDO | 1,068 lbs |
| E.EXT -> INUBO | 701 lbs |
| POVAL -> INUBO | 389 lbs |
| SOK -> ECEDO | 355 lbs |
| PONEM -> SARLU | 282 lbs |
| SMOLT -> SARLU | 275 lbs |
| OLVEK -> INUBO | 199 lbs |
| SAPRA -> ENSAL | 192 lbs |
| KEOLA -> DOGIF | 183 lbs |

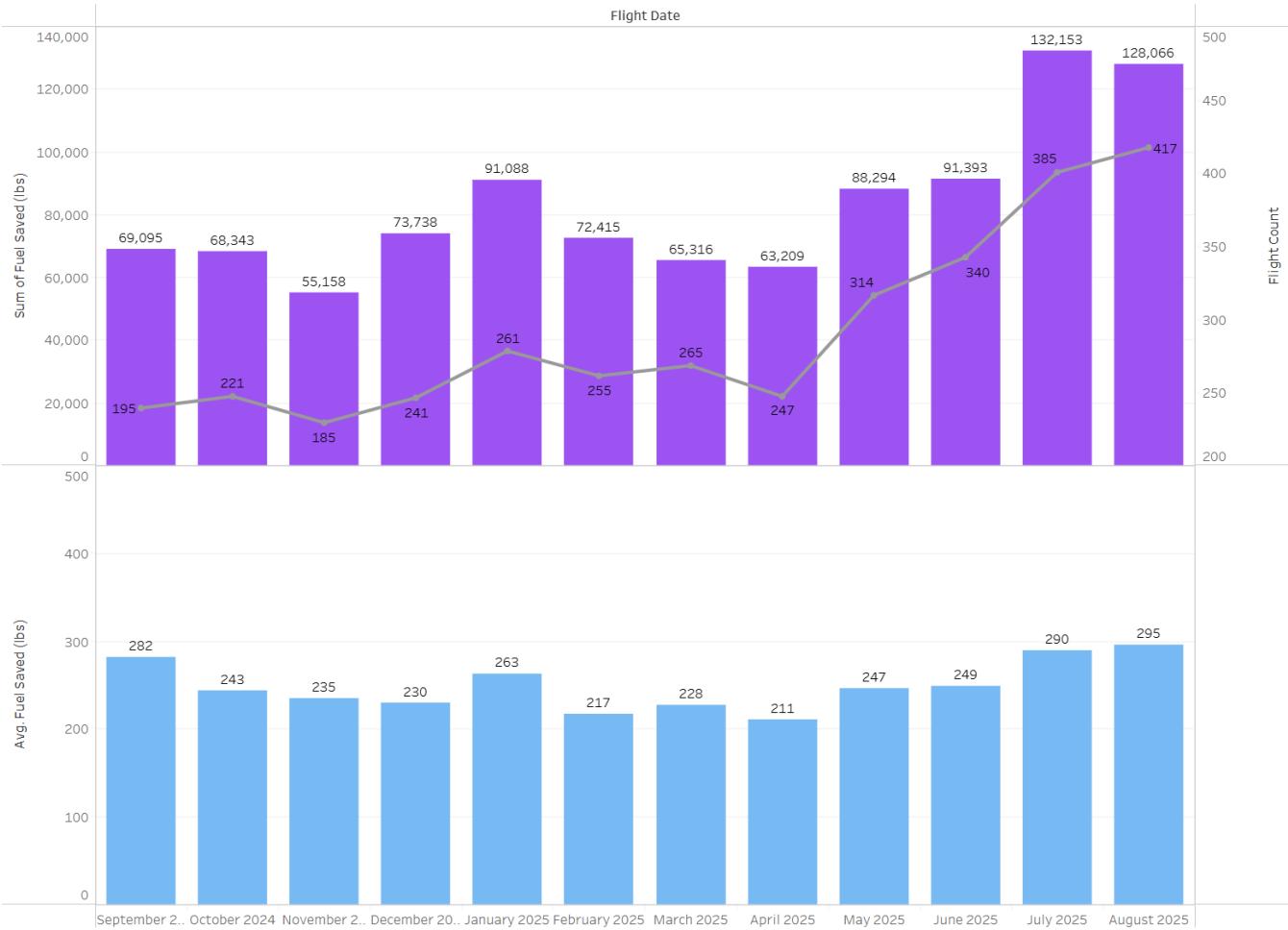
Fuel Saved (lbs) vs Time Saved (min) by Flight



Planned Waypoint Path vs Direct Segment



Direct Segment Fuel Saving



지난 12 개월간의 Direct Segment 에 의한 연료절감 정보입니다.

Direct Segment 는 외부요인이 많이 작용하는 이니셔티브로 노선별, WPT 별 사용된 빈도에 따른 절감 정도를 공유하고 경향성을 지속 관찰하고 있습니다. 운항기술팀에서는 ACARS 를 통해 실시간으로 최적의 비행경로를 제언하는 Collins Aerospace 의 Flight Path Optimization 서비스 도입을 검토 중에 있으며 그 실효성을 검증하고자 트라이얼을 준비 중에 있습니다. 약 3 개월간 진행될 예정이며 이르면 오는 11 월부터 시작됩니다. 사전에 관련한 안내 및 교육이 있을 예정입니다. 이 시스템은 Vertical, Lateral Optimization 정보 및 Severe Weather Avoidance 정보를 제공합니다. ACARS Uplink Message 의 예시는 아래와 같습니다.



#1. Vertical Optimization



#2. Lateral Optimization



#3. Turbulence Avoidance

Guide: Cruise Altitude Optimization in the FMC

지금까지 소개 드린 이니셔티브 외에 운항효율 개선에 대해 고려할 만한 내용을 소개 드리는 가이드를 작성하였습니다. 이 가이드는 Boeing 의 문서 "Cruise Altitude Optimization in the Flight Management Computer, Rob Root, 2013)와 Honeywell 의 문서 "Flight Management System (FMS) for the Boeing 787 Pilot's Guide"를 참고하여 작성했습니다.

현대의 항공기는 항공기 운항 중 발생할 것으로 예상되는 wind 및 temperature 를 포함한 환경 조건을 고려하여 항공기 성능을 최적화하는 cruise altitude optimization 을 제공합니다.

Cruise (CRZ) page altitude information

FMC 의 cruise page 는 운항승무원에게 고도 정보를 제공하는 가장 주요한 수단입니다. 이 페이지는 OPT, MAX, RECMD 3 가지 고도에 대한 파라미터를 제공합니다.



OPT

Optimum altitude (OPT)는 아래 정의된 것과 같이 ECON mode 에서 instantaneous cost (순간비용)를 최소화하거나, LRC 또는 SEL mode 에서 instantaneous fuel mileage (순간연비)를 최대화하는 고도입니다.

$$\text{Instantaneous cost} = \frac{100 * (\text{Cost Index}) + \text{predicted fuel flow}}{\text{true air speed}}$$

$$\text{Instantaneous fuel mileage} = \frac{\text{nautical air miles}}{\text{weight of fuel burned}} = \frac{\text{true air speed}}{\text{predicted fuel flow}}$$

OPT 고도는 현재 항공기의 중량과 선택된 cruise speed mode 에 의해 결정됩니다. 이것은 항공기 연료사용으로 인한 중량 감소를 고려하지만, FMC 에 입력된 forecast wind 에 의한 영향을 고려하지 않습니다. 극단적인 예로, OPT 고도에 100 knot 의 강한 headwind 가 존재하고 이보다 4,000 ft 낮은

현재 CRZ ALT 의 바람은 약한 headwind 일 경우에도 OPT altitude 는 여전히 고도 상승을 제안할 수 있습니다.

MAX

Maximum altitude (MAX)는 아래와 같이 thrust limit 과 initial buffer margin 을 모두 충족하는 가장 높은 고도입니다.

Thrust-limited Altitude:

- Thrust rating and ambient temperature
- Rate of Climb (default 300 ft/min)
- Gross weight
- Speed

Buffet-limited Altitude:

- Maneuver margin (1.30g)
- Cruise CG – 첨부된 [CRZ CG Chart](#) 를 사용하여 정확한 CG 산출이 가능합니다.
* EFB 에 별도 문서로 배포
- Gross Weight
- Speed

RECMD

Recommended altitude (RECMD)는 다음 사항을 고려합니다.

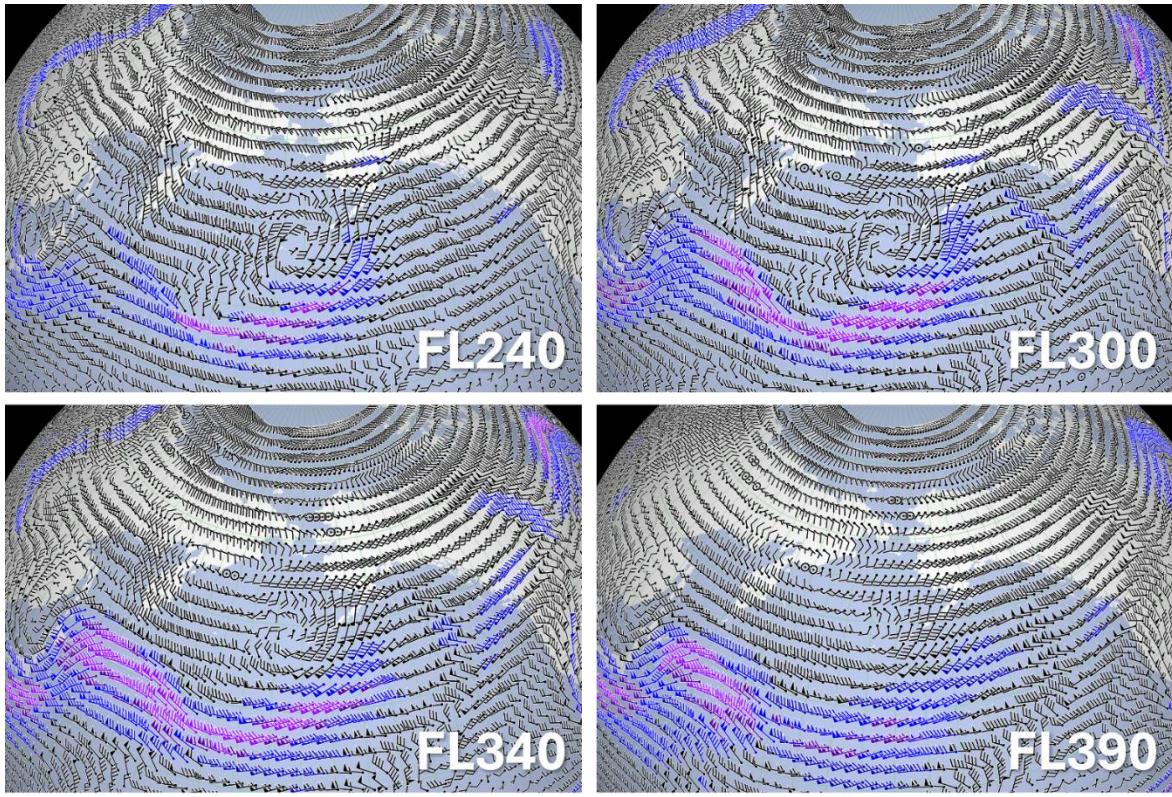
- Standard IFR cruising rules
- 현재 항공기 gross weight 를 기준으로 현재 위치로부터 250 – 500 nm (step size 에 따름)내에 가장 경제적인 고도
- Forecast wind 와 temperature 의 영향을 고려함

RECMD 고도는 운항승무원이 FMC 에서 사용할 수 있는 가장 최적화된 cruise altitude 입니다. 이 가이드에서 RECMD 에 적용되는 파라미터에 대해 자세한 정보를 제공하려고 합니다.

Winds and temperatures in the FMC

FMC 가 RECMD altitude 및 step climb guidance 와 관련하여 wind 및 temperature 정보로 운항하는 방식을 이해하려면 먼저 FMC 에 어떤 정보가 전달되는지, 그리고 어떻게 도달하는지 이해하는 것이 중요합니다. 운항승무원, 운항관리사 및 비행계획시스템은 이미 풍부한 forecast winds and temperatures aloft data 를 사용할 수 있으며 일반적으로 브리핑 패키지 및 OFP 에 포함된다는 것을 알고 있습니다. 또한 wind aloft 는 극적으로 변합니다.

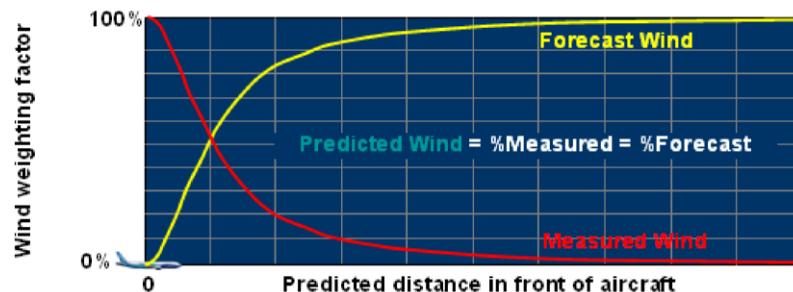
제트 스트림 부근의 비행은 수평적으로도 고도에 따라서도 강한 바람의 변화를 볼 수 있습니다. 아래 그림에 표시된 4 개 차트는 제트 스트림 부근 4 개의 flight level 에서 바람의 변화를 보여줍니다.



Measured, Forecast, and Predicted Wind

FMC 는 세가지 wind information 을 사용합니다.

- Measured Wind – 현재 항공기 위치에서 측정된 실제 wind 로 actual true air speed 와 FMC 내의 navigation function 의 heading, ground track 및 ground speed 로부터 산출되며, FMC PROGRESS page 와 ND 에 표시됩니다.
- Forecast Wind – FMC flight plan 의 waypoint 에서 발생할 것으로 예상되는 값입니다. CDU 를 통해 수동으로 입력하거나 ACARS uplink 로 제공될 수 있습니다. FMC 에는 또한 forecast wind 정보를 다른 waypoint 로 "propagate"하는 빌트인 로직이 있습니다.
- Predicted (Blended) Wind – 이 값은 FMC 에 의해 measured wind 와 forecast wind 로 계산되며, forecast wind 에만 기반하는 RECMD 및 wind trade steps 를 제외한 flight plan prediction 목적으로 사용됩니다. 아래 그림과 같이 Blending 은 비행기 앞의 근접 비행을 예측할 때 measured wind 에 매우 큰 가중치를 부여하고, 비행기에서 멀리 떨어진 곳을 예측할 때 forecast wind 에 큰 가중을 두는 함수를 말합니다. 예를 들어, 비행기 앞 10nm 거리의 predicted wind 는 measured wind 와 거의 동일하며 1,000nm 거리의 predicted wind 는 해당 위치의 forecast value 와 거의 동일합니다.



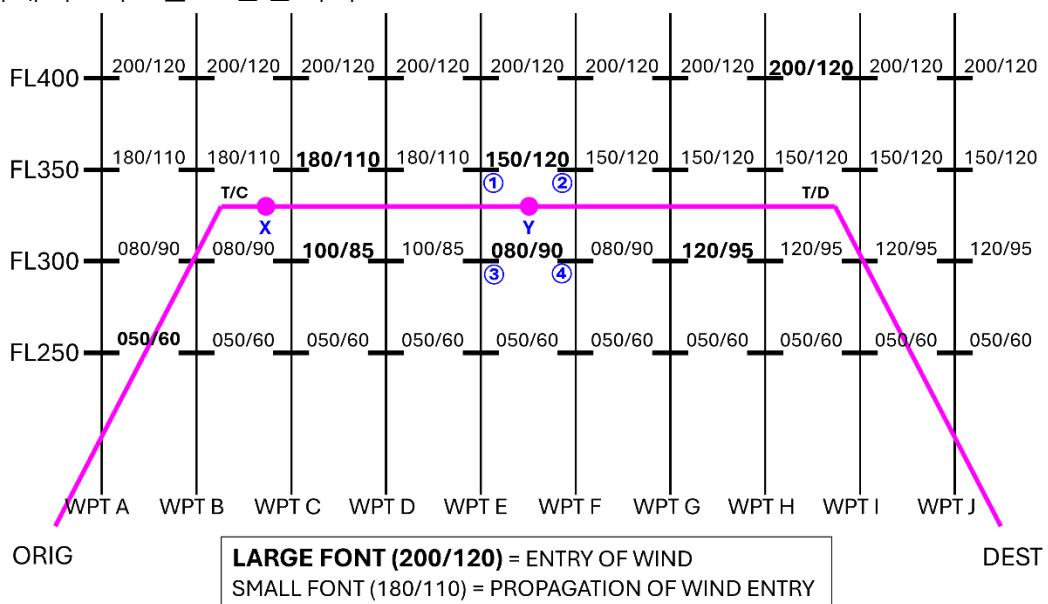
Wind Blending 은 climb 및 descent 에서도 작동합니다. 이 경우, predicted wind 는 distance 가 아닌 항공기 위 또는 아래의 predicted altitude 의 함수를 통해 산출됩니다.

787 항공기의 경우 각 waypoint 에서 최대 4 개의 고도에 대한 wind 를 입력할 수 있습니다. 보다 포괄적인 forecast wind array 를 입력할 수 있는 이 기능은 RECMD altitude 계산과 wind-trade step 에 필수적입니다. Forecast wind entry 가 주어진 고도에서 flight plan 의 첫 번째 항목인 경우 wind 입력 값은 해당 고도의 앞뒤 모든 waypoint 로 전파됩니다. 동일한 고도에서 이후에 입력되는 wind entry 는 비행이 진행되는 방향으로만 전파되며, 동일 고도의 다른 entry 또는 uplink 된 값이 있을 때까지 전파됩니다.

FMC 는 waypoint 별로 1 개의 고도에 따른 OAT 값 (ALT/OAT) 입력을 허용합니다. 고도에 따른 기온감률 (Standard lapse rate)이 적용되며, ISA deviation 에 따른 온도 편차가 해당 waypoint 의 모든 고도에 적용됩니다. 또한 temperature 는 wind 와 유사한 방식으로 전파됩니다. 첫 번째 temperature entry 에서 발생된 ISA deviation 은 flight plan 전체에 걸쳐 앞뒤로 전파되지만, 이후 입력되는 temperature entry 와 관련된 ISA deviation 은 앞으로만 전파된 다음 다른 ALT/OAT entry/uplink 가 있을 때까지 전파됩니다. FMC 는 또한 descent prediction 에 사용할 수 있도록 최대 4 개 고도에 대한 forecast wind 및 temperature 입력이 가능합니다.

Entry and Propagation of Forecast Winds

Wind propagation 을 단순화하기 위해 먼저 출발지, 10 개의 중간지점, 목적지로 구성된 flight plan 을 가정합니다. climb 단계에서 waypoint A, B 를 포함, cruise 단계에서 C, D, E, F, G, H 를, descent 단계에서 I 와 J 를 포함합니다.



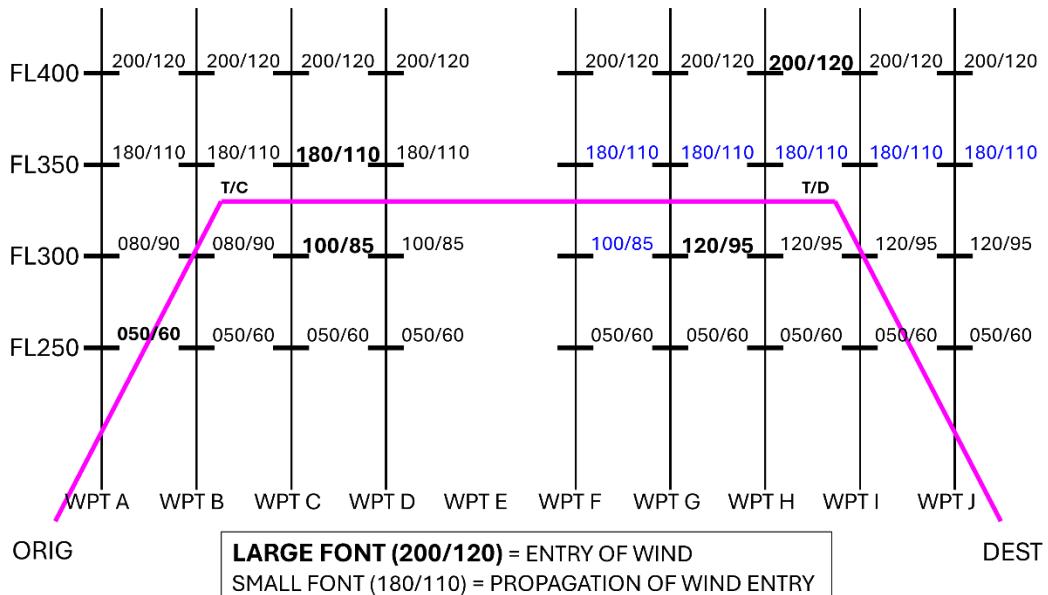
- Wind at FL400 – waypoint H 에만 wind 정보가 입력되어 진행 방향 및 반대방향의 모든 waypoint 의 같은 고도로 전파
- Wind at FL250 – FL400 과 유사하게 waypoint A 에만 wind 정보가 입력되어 모든 waypoint 의 같은 고도로 전파

- Wind at FL350 – 이 경우, wind entry 가 2 회 입력된 것으로 처음 wind 가 입력된 waypoint 는 C로 앞뒤방향의 waypoint 로 전파. 이후 waypoint E 에 wind 가 입력되어 항공기 진행방향으로 위치한 waypoint 의 같은 고도로 전파
- Wind at FL300 – wind entry 가 3 회 입력된 것으로, E 에 입력되어 모든 waypoint 로 전파. 이후 C, G 에 각각 입력되어 항공기 진행방향으로 wind entry 가 이미 존재하는 waypoint 직전 지점까지 전파됨

위 그림과 같이 일반적인 비행 계획의 cruise altitude 는 wind entry 가 입력된 고도 사이에 위치합니다. FMC 는 가까운 지점의 wind entry 를 보간하여 알고자 하는 지점의 wind component 를 결정합니다. 예를 들어, X 지점에서 Y 지점의 wind 를 추정하는 경우 1, 2, 3, 4 지점의 wind 값을 사용합니다. 입력된 forecast wind 의 고도가 현재 cruise altitude 보다 높은 경우 FMC 는 입력된 wind 정보 중 가장 낮은 고도와 지상의 고도의 wind 가 0 이라고 가정하여 선형으로 보간을 하고, 입력된 forecast wind 의 고도가 현재 cruise altitude 보다 낮은 경우 FMC 는 입력된 wind 정보 중 가장 높은 고도의 wind entry 를 cruise altitude 의 wind 정보로 사용합니다.

Deleting Waypoints

Wind entry 를 포함하고 있는 특정 고도의 waypoint 를 삭제하고, 이 때 동일 고도의 다른 지점이 wind entry 를 가지고 있는 경우, wind entry 는 propagation logic 에 의해 재분배됩니다.



Optimization in the real world: RECMD altitude

앞서 언급한 것과 같이 RECMD 고도는 trip cost 를 최소화하기 위해 recommended cruise altitude 를 제시할 때 forecast wind 와 temperature aloft 이 영향을 고려합니다. FMC 가 RECMD 를 결정하는데 사용하는 프로세스에는 아래와 같은 세 가지 기본 단계가 포함됩니다.

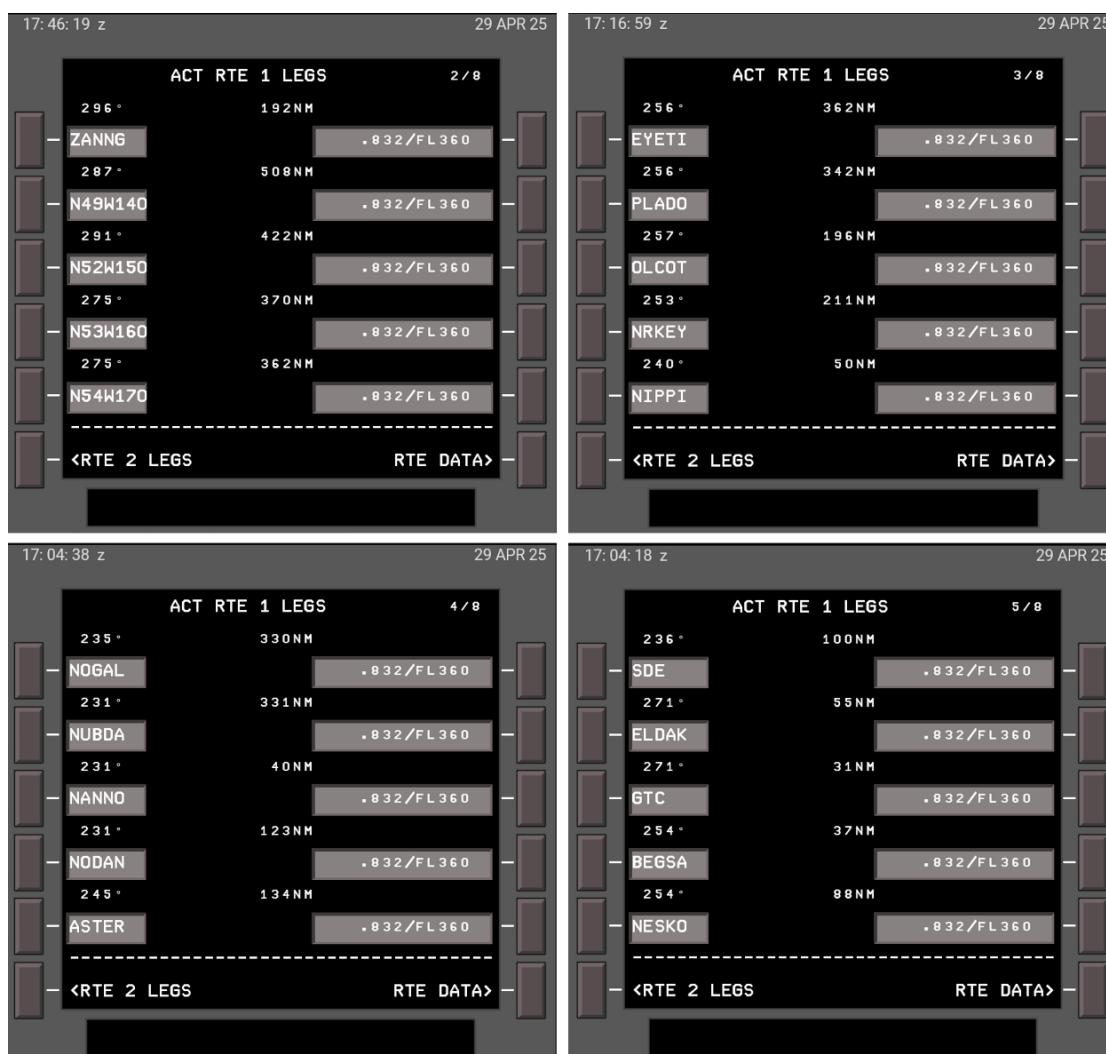
- 항공기의 current cruise altitude 및 STEP entry에 따라 적절한 cruise altitude의 범위를 정의
- 다른 고도가 Instantaneous Cost(시간 및 연료감소)에 따른 잠재적인 이점을 가지고 있는지 평가
- 다른 고도로의 순항이 이점이 있다고 평가되는 경우, 현재 고도와 비교하기 위해 해당 고도에서 고정 거리까지 연속되는 순항에 대해 계산. 이 중 Cost가 가장 낮은 고도를 RECMD 고도로 결정

Using the Step Climb Feature to Evaluate Wind Trade

FMC가 고도 FL340에서 FL400로 step climb을 제안하는 경우 아래와 같은 방법으로 평가할 수 있습니다.

PERF INIT에 입력된 정보는 아래와 같음

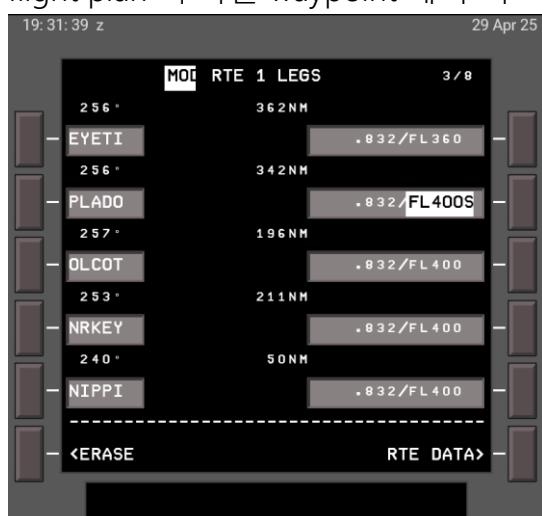
- ZFW – 350,000lbs
- FUEL On Board – 100,000lbs
- RESERVE – 5,000lbs
- COST INDEX – 20
- Initial Cruise Altitude – FL360



Wind data 가 입력되지 않은 상태에서 FMC 는 목적지 ETA 를 0633Z 로, 목적지에서의 FOB 를 14,200lbs 로 예측한다고 가정합니다. FMC 는 FL380 으로의 step climb 을 권장하며, FMC 의 이러한 prediction 은 실제 항공기가 step climb 을 수행하는 것을 가정합니다. 이때 waypoint NRKEY, NIPPI, NOGAL, NUBDA, NANNO, NODAN, ASTER 에 FL340 에서 70°/120KT 의 wind data 가 추가되고 동일한 waypoint 에 FL380 에서 240°/120KT 의 wind data 가 추가 입력됩니다. 그 외 다른 wind data 는 추가되지 않습니다. 이러한 wind entry 는 FL340 (initial cruise altitude)에서 상당한 tail wind 를 제공하고 FL380 에서 headwind 를 제공합니다. 이러한 wind data 의 추가로 FMC 는 목적지 ETA 를 0648Z 로, 목적지에서 FOB 를 9,500lbs 로 예측합니다. 그러나 FMC 는 FL380 으로의 Step Climb 이 수행되었다는 가정에 따라 이러한 예측을 하고 있다는 점을 명심해야 합니다.

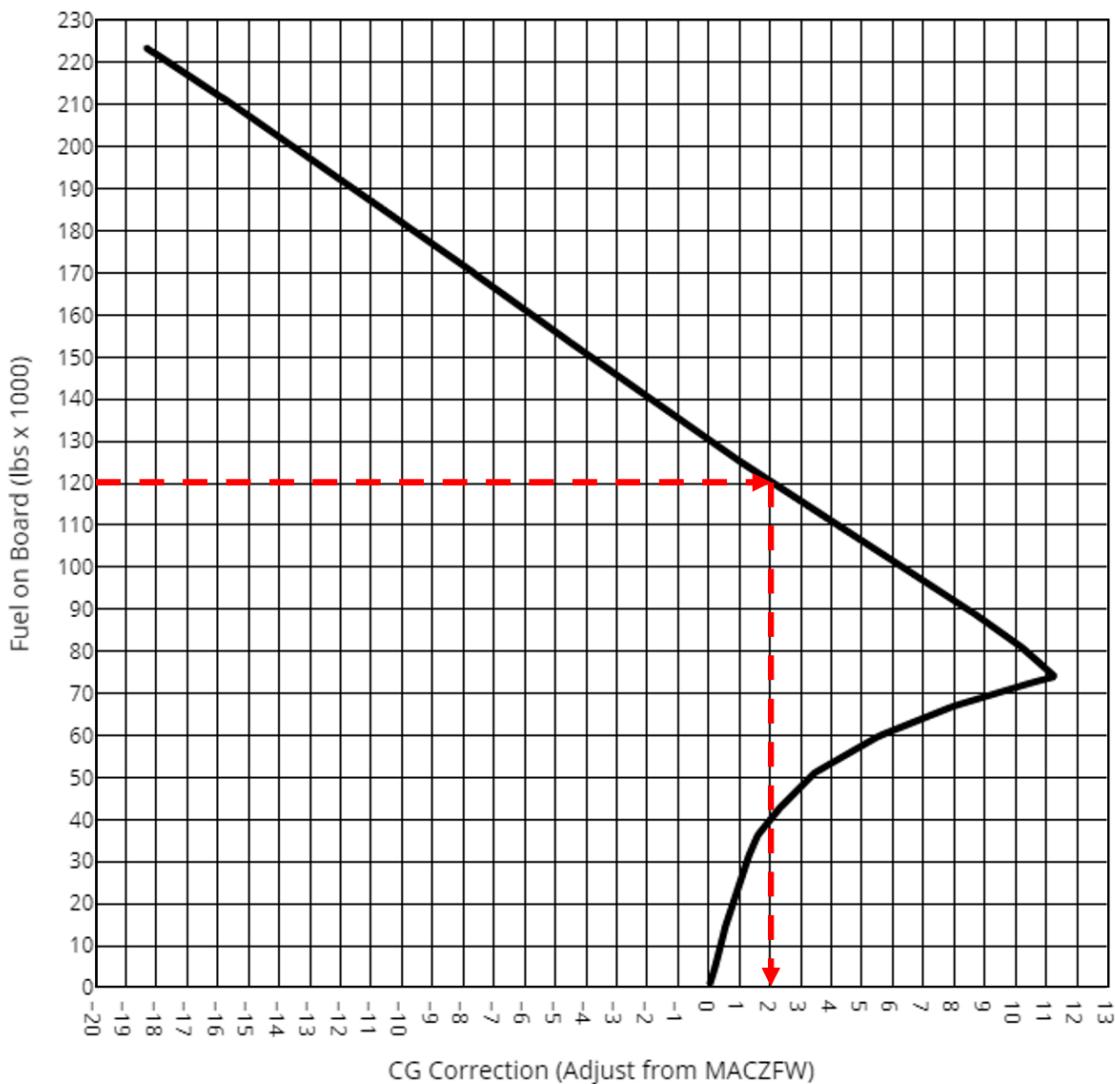
항공기가 FL380 으로 Step Climb 을 수행하지 않고 FL340 에 머무는 것에 대한 예측을 확인하기 위해 wind trade calculation 을 수행하려면 CRZ page 에서 STEP SIZE 를 0 으로 입력하고 FMC 가 목적지 ETA 와 목적지 연료 잔량을 계산하도록 합니다. STEP SIZE 가 0 이면 FMC 의 step climb prediction 이 비활성화되고 FMC 는 항공기 고도가 FL340 에 유지된다고 가정하고 항공기 성능을 계산합니다. 이 새로운 예측은 목적지 ETA 가 0627Z 이고 목적지에서 연료가 16,800lbs 임을 보여줍니다. 따라서 FMC 를 통해 더 낮은 고도를 유지하여 tailwind 를 동반함으로써 운항시간 및 연료를 절약할 수 있음을 확인할 수 있습니다.

또 다른 예로, headwind 가 FL340, tailwind 가 FL380, initial cruise altitude 가 FL360 인 비행에서 FMC 가 2,600NM 지점에 FL400 까지 step climb 을 권장하는 것을 가정합니다. 이 단계 지점은 PLADO 와 OLCOT 의 대략 중간에 있습니다. 이 step climb 을 위한 목적지의 ETA 와 연료는 0632Z 및 16,000lbs 입니다. 그러나 이 step climb recommendation 은 wind 를 고려하지 않고 계산됩니다. 비행 중 더 일찍 step climb 을 수행하는 것이 더 유익할 수 있는지 확인하기 위해 specified step point function 을 사용할 수 있습니다. PLADO waypoint 에 400S 고도 제약 조건을 입력하면 FMC 에서 처음 계산한 포인트가 아닌 PLADO 에 step climb 이 적용됩니다. FMC 는 목적지에서 ETA 와 연료를 다시 계산하고 페이지 제목은 MOD RTE 1 LEGS 로 표시됩니다. 이 수정을 통해 ETA 는 0634Z 이고 목적지의 연료는 15,800 lbs 인 것을 확인합니다. 따라서 이 시점에서 step climb 을 하면 실제로 절약이 아닌 시간/연료에 페널티가 발생합니다. 이러한 수정은 지울 수 있으며 flight plan 의 다른 waypoint 에서 이 프로세스를 반복할 수 있습니다.



이 방법을 통해 flight plan에서 best step point는 더 앞선 waypoint ZANNG에서 찾을 수 있습니다. 이 waypoint에 400S constraint를 적용하면 FMC는 0629Z의 ETA와 16,800lbs의 목적지 연료를 예측합니다. 이제 수정된 flight plan을 'EXEC'할 수 있으며 비행 시에는 ZANNG에서 40,000ft까지 허가를 위한 ATC request를 계획할 수 있습니다. 이와 같이 FMC의 step size 0 및/또는 specified step point 기능을 사용하여 FMC를 통해 wind trade step을 계획하고 평가할 수 있습니다. Step size 값을 변경할 때 FMC는 RTE LEGS 페이지의 speed/flight level prediction을 일시적으로 비우지 않지만, PROGRESS 페이지의 목적지 ETA 및 연료 예측을 일시적으로 비웁니다. 그러나 specified step point 입력 방식은 RTE LEGS 및 PROGRESS 페이지 모두에서 이 값들이 일시적으로 비워집니다. ETA 및 목적지 연료 예측은 FMC RTE data에 정확한 wind data가 가능한 한 많이 입력될 수록 보다 정확해질 수 있습니다.

Appendix: Boeing 787-9 Cruise CG Correction Chart



Boeing 787-9, Assumes Normal Balanced Fuel Distribution

Instructions:

1. Definition: MACZFW is an aircraft CG at ZFW (as percentage value of MAC)
2. Obtain correction value from the chart above (or the table in the next page) for current FOB
3. Add correction value to MACZFW for cruise CG, update FMC on PERF INIT Page
4. Repeat steps 2 and 3 as often as needed during flight
5. **Warning: aircraft CG shifts forward once it passes the most aft value**

Example: assume MACZFW=24%, assume 120,000lbs fuel on board

1. Enter chart horizontally at fuel on board (120,000lbs)
2. Where this horizontal line intersects the heavy black line, drop down vertically to obtain CG correction value of +2.0% on the X-axis (or +2.08% from the table)
3. Current aircraft CG is correction value + MACZFW ($2.0\% + 24\% = 26.0\%$)
4. Enter 26.0% as CRZ CG (4R) on the PERF INIT Page

| FOB | INDEX | FOB | INDEX | FOB | INDEX |
|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|
| 222,000 | -18.01 | 148,000 | -3.47 | 74,000 | 11.28 |
| 220,000 | -17.61 | 146,000 | -3.08 | 72,000 | 10.26 |
| 218,000 | -17.18 | 144,000 | -2.70 | 70,000 | 9.32 |
| 216,000 | -16.76 | 142,000 | -2.31 | 68,000 | 8.44 |
| 214,000 | -16.35 | 140,000 | -1.93 | 66,000 | 7.64 |
| 212,000 | -15.93 | 138,000 | -1.53 | 64,000 | 6.92 |
| 210,000 | -15.51 | 136,000 | -1.15 | 62,000 | 6.25 |
| 208,000 | -15.08 | 134,000 | -0.76 | 60,000 | 5.61 |
| 206,000 | -14.69 | 132,000 | -0.36 | 58,000 | 5.07 |
| 204,000 | -14.29 | 130,000 | 0.04 | 56,000 | 4.58 |
| 202,000 | -13.91 | 128,000 | 0.46 | 54,000 | 4.12 |
| 200,000 | -13.48 | 126,000 | 0.86 | 52,000 | 3.66 |
| 198,000 | -13.09 | 124,000 | 1.27 | 50,000 | 3.28 |
| 196,000 | -12.70 | 122,000 | 1.67 | 48,000 | 3.00 |
| 194,000 | -12.31 | 120,000 | 2.08 | 46,000 | 2.74 |
| 192,000 | -11.91 | 118,000 | 2.48 | 44,000 | 2.48 |
| 190,000 | -11.52 | 116,000 | 2.88 | 42,000 | 2.24 |
| 188,000 | -11.10 | 114,000 | 3.28 | 40,000 | 2.00 |
| 186,000 | -10.70 | 112,000 | 3.70 | 38,000 | 1.78 |
| 184,000 | -10.32 | 110,000 | 4.14 | 36,000 | 1.58 |
| 182,000 | -9.93 | 108,000 | 4.57 | 34,000 | 1.44 |
| 180,000 | -9.56 | 106,000 | 5.01 | 32,000 | 1.35 |
| 178,000 | -9.18 | 104,000 | 5.44 | 30,000 | 1.25 |
| 176,000 | -8.81 | 102,000 | 5.86 | 28,000 | 1.15 |
| 174,000 | -8.42 | 100,000 | 6.28 | 26,000 | 1.06 |
| 172,000 | -8.05 | 98,000 | 6.69 | 24,000 | 0.97 |
| 170,000 | -7.66 | 96,000 | 7.10 | 22,000 | 0.87 |
| 168,000 | -7.28 | 94,000 | 7.53 | 20,000 | 0.79 |
| 166,000 | -6.91 | 92,000 | 7.99 | 18,000 | 0.69 |
| 164,000 | -6.53 | 90,000 | 8.43 | 16,000 | 0.61 |
| 162,000 | -6.14 | 88,000 | 8.86 | 14,000 | 0.53 |
| 160,000 | -5.76 | 86,000 | 9.26 | 12,000 | 0.47 |
| 158,000 | -5.38 | 84,000 | 9.65 | 10,000 | 0.39 |
| 156,000 | -4.98 | 82,000 | 10.01 | 8,000 | 0.33 |
| 154,000 | -4.61 | 80,000 | 10.36 | 6,000 | 0.25 |
| 152,000 | -4.23 | 78,000 | 10.68 | 4,000 | 0.17 |
| 150,000 | -3.85 | 76,000 | 10.98 | 2,000 | 0.08 |

← most aft
value

Boeing 787-9, Simplified CRZ CG Correction Table