



Lennonvalmistelu ja ilmatilan käyttö: tavoitteena polttoainetehokkuus

Riku Kohvakka, Finnair





Agenda

1. Lennonvalmistelun perusteet
2. Optimointi
3. Ilmatilan käyttö ja rajoitteet
4. Lennonaikainen optimointi





Lennonvalmistelussa optimoitavat asiat

70%



Polttoaine

20%



Navigaatiomaksut

10%

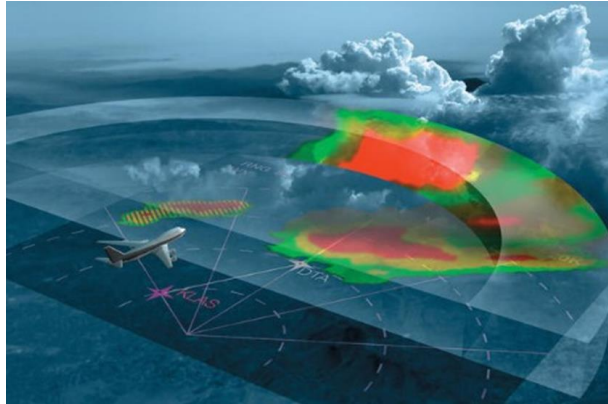


Aika

Polttoainetehokkuuden optimointi on myös päästöjen minimointia:

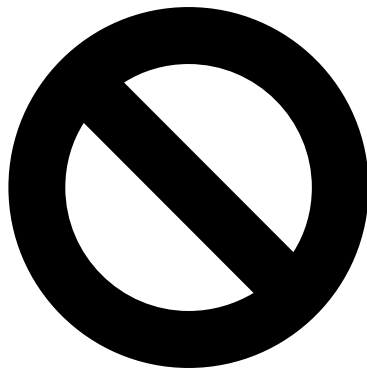
1 kilo lentopetrolia (JET A-1) = 3,15 kg CO₂ (EU ETS)

Lentoreittien optimointiin kohdistuu useita rajoituksia



Sää:

- Trooppiset myrskyt ja voimakkaat ukkoset
- Vulkaaninen tuhka
- Voimakas turbulenssi



Viranomaismääräykset

- Liikennevirtoihin liittyvät rajoitukset (RAD)
- NOTAM + AUP/UUP, tyypillisesti sotaharjoitusten tai konfliktin aikana
- Flow rajoitukset eli slotit

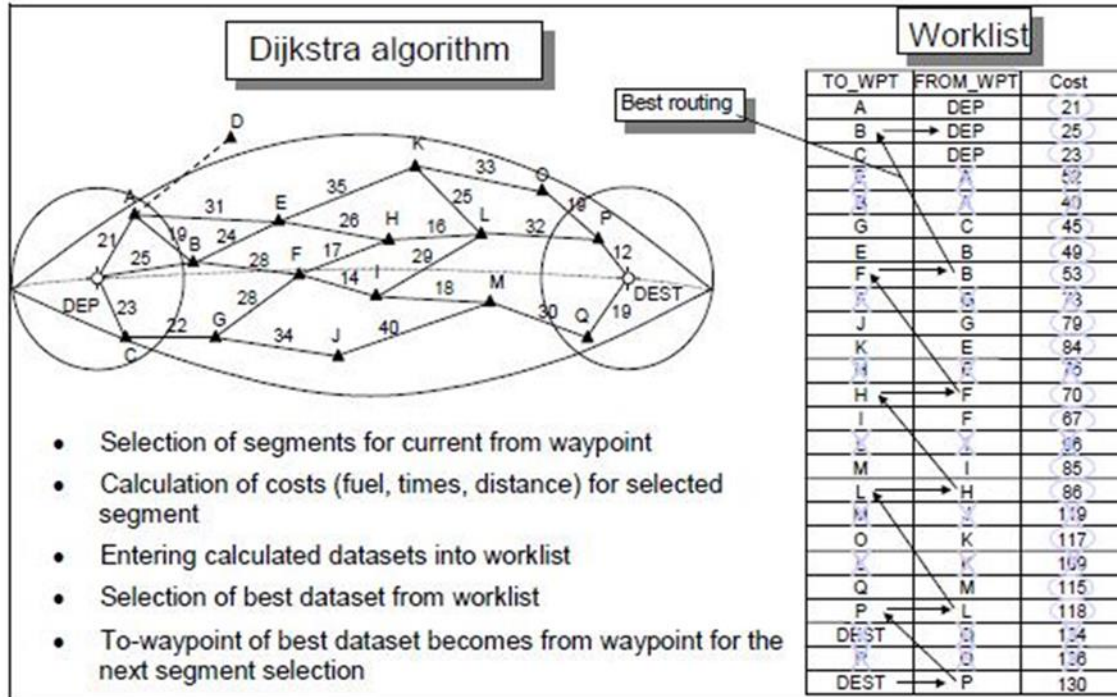


Lennonvalmistelun perustiedot

- Finnairin lennonsuunnittelu tekee jokaiselle lennolle yksilöllisen lentosuunnitelman
- Työkalu: Lufthansa Systems Lido Flight
- Lentosuunnitelma perustuu:
 - Koneen arvioituun painoon ilman polttoainetta
 - Viimeisimpiin säätietoihin käytettäviltä lentokentiltä ja reitiltä
 - Lentopaikkaennusteet, yläilmakehän tuuli ja lämpötila, merkittävän sään kartta (turbulenssi, ukkoset, vulkaaninen tuhka...)
 - Koneen laitteisiin ja tekniseen statukseen
 - Rajoituksiin kentillä tai reitillä
 - AUP/UUP, NOTAM (Notice to Airmen), RAD (Route Availability Document), AIP (Ilmailukäsikirja)
 - Lentolupiin
 - Lennonjohtorajoituksiin Euroopassa



Reitin optimointi Dijkstra-algoritmillä

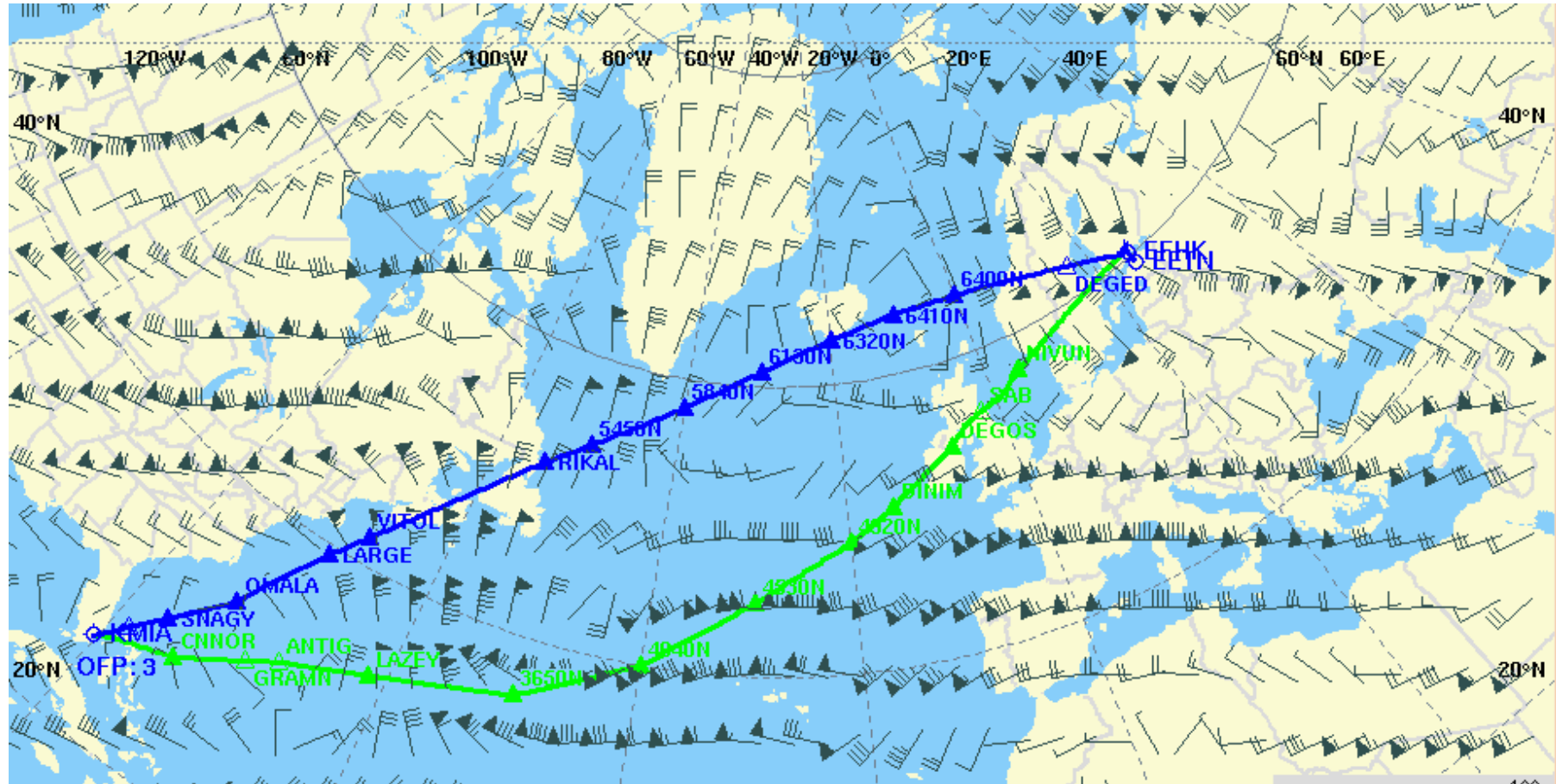


Segmenttien valintakriteereinä voidaan käyttää:

- Minimi maamatkaa (isoympyräreitti)
- Minimi polttoainetta
- Minimi kustannusta
 - Polttoaine, navigaatiomaksut, aika
- Minimi lentoaika



Kumpi reitti on taloudellisempi?



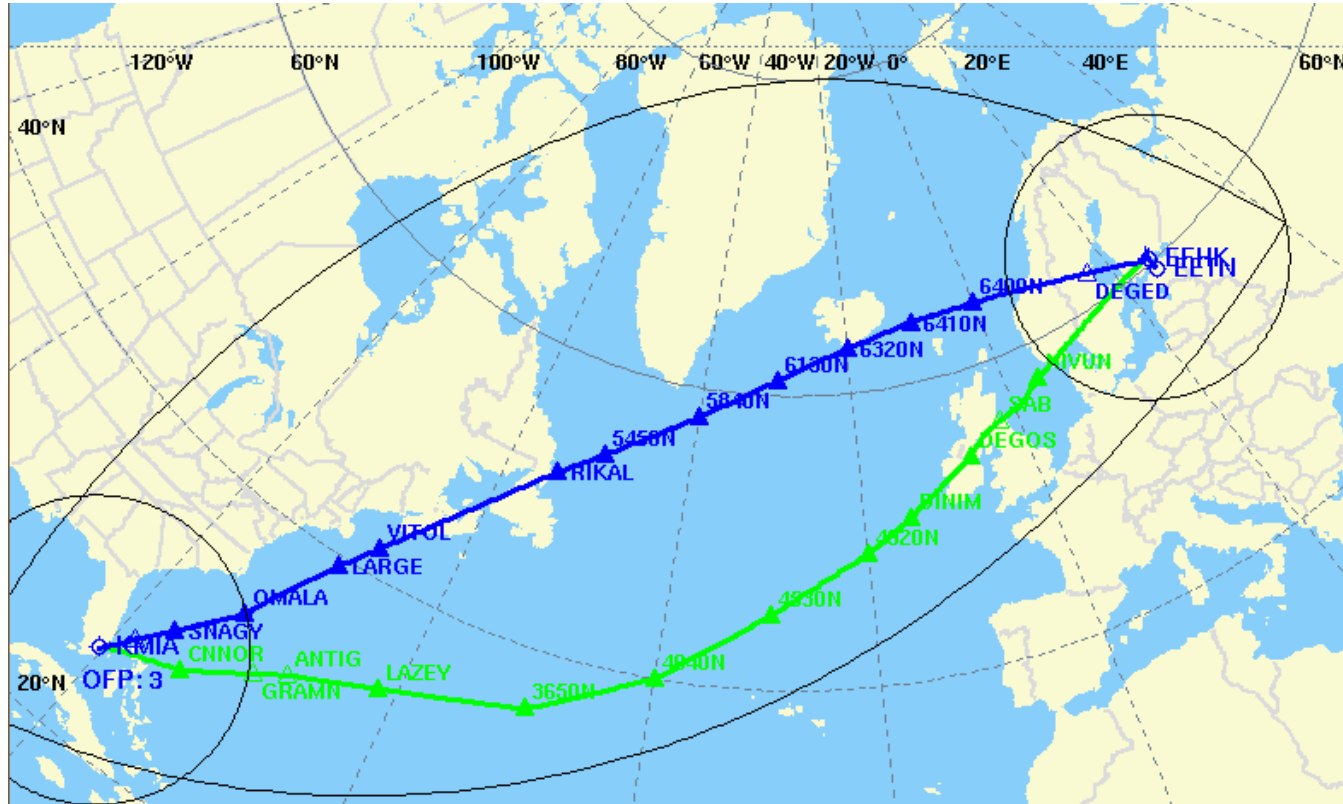


Suihkuvirtaukset





Optimoinnin tulos



- Minimi polttoaineen reitti
 - Tuulikomponentti: +39kt
 - Lentoaika: 9:51
 - Polttoaineen kulutus: 60507kg
 - CO2: 191000kg
 - Maamatka: 4924nm = 9119km
- Minimi maamatkan reitti ("isoympyräreitti")
 - Tuulikomponentti: -13kt
 - Lentoaika: 10:11
 - Polttoaineen kulutus: 61641kg
 - CO2: 194000kg
 - Maamatka: 4549nm = 8425km



Aktuaali tuuli vs tilastollinen (aikataulu)

File Edit Frame Graphic Map Weather Help

AL	Flight-No.	OS	Date	DEP	STD	STA	DEST
AY	5		17MAY19	EFHK	170945	171840	KJFK

Operational Case

Standard ST Set to Def. 22R 170945 171840 22L

Climb

Procedure Cost Index
ECON 20

Variable Speed

Fixed MN Airspace/Airway VSOPS
Optimum MN OFF

Descent

Procedure Cost Index
ECON 20

REM Fuel Fuel Gravity
0.800

Restriction view. Extra Fuel ...
Route Options ... Route Survey ...
Inflight ... ALTN Survey ...
Tankering ... ETOPS ...
Reclearance ... Restriction ...
Analysis Opt Param ...

ROUTE	ELJFK70	ELJFK70
OFF NO	9/0/1	11/0/1
REG	OHLTU	OHLTU
TIME	0751	0829
ETA	1750	1828
AVG WC	P006	M032
SAVINGS		
MAX FL		





Paluulento JFK-HEL

Aikataulu: 7:10 utc
Arvioitu laskuaika: 7:21 utc



Ilmatilan käytön tehostaminen vähentäisi päästöjä



Rajoitetun reitityksen ilmatila vs. vapaan reitityksen ilmatila (NON-FRA VS. FRA) Hania-Helsinki-lennolla

- Aika: -4min
- Polttoaine: -201kg
- CO₂: -633kg
- Maamatka: -26nm
- Kustannus: -185\$



Optimointi jatkuu lennon aikana

- Vajaamoottorirullaukset
- Lentopintaoptimointi uusimmilla tuulilla
- Oikea nopeusprofiili
- Vapaan nousun ja laskeutumisen menetelmät (CCO/CDA)
- Oikaisut suunniteltuun reittiin

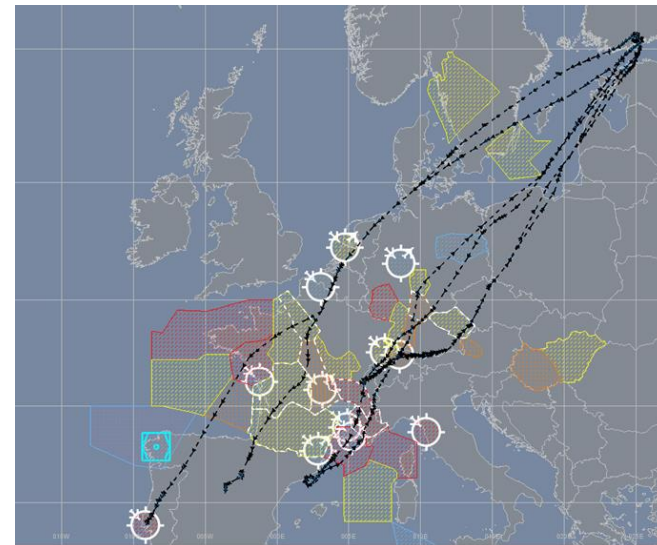




Lennonjohtorajoituksen takia uudelleen reititetty lento



Lentoaika +9min
Polttoaine: +573kg
CO2: +1805kg
Kustannus: +598\$





Kiitos ajastanne!

