

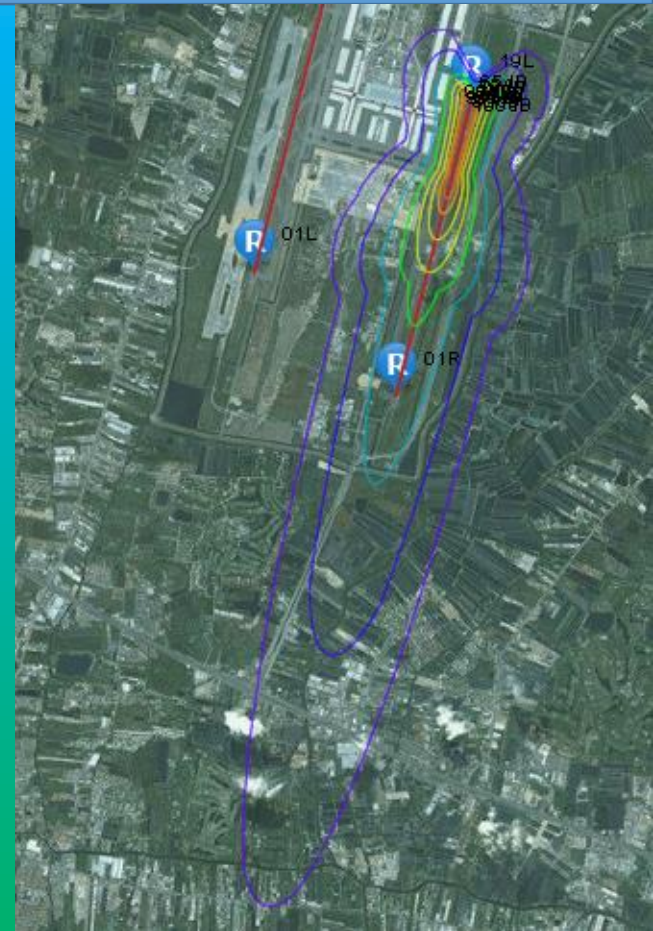
เสียง เครื่องบิน

และการจัดทำแผนที่เส้นเท้าระดับเสียง



นายธนพันธ์ สุกสอาด
กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

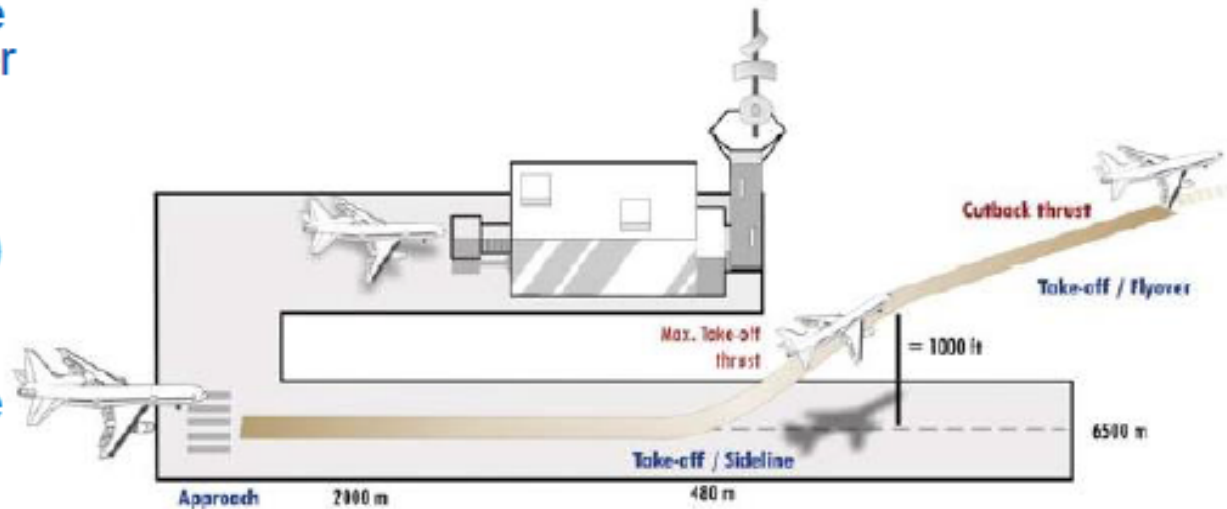
AIRCRAFT NOISE



Noise Certification Reference Points

Aeroplane acoustic certification involves measuring the noise level of an aircraft in Effective Perceived Noise Level (EPN) dB at three reference points:

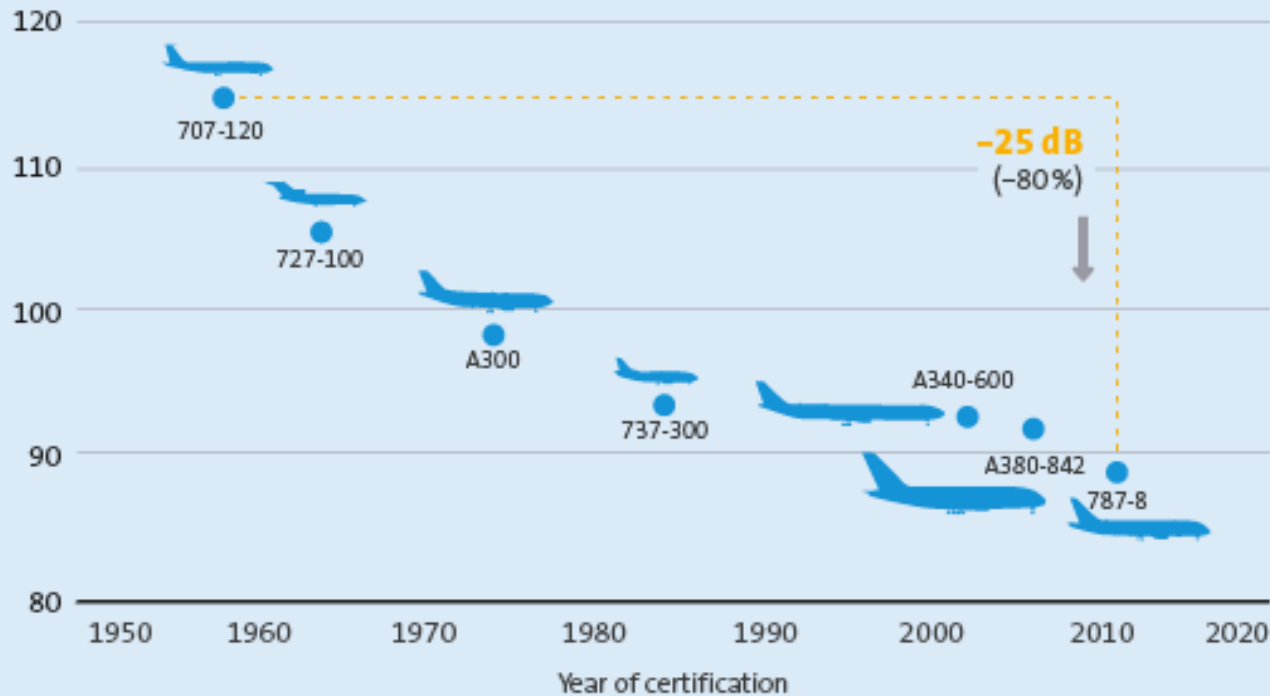
- **Fly-over:** 6.5 km from the brake release point, under the take-off flight path;
- **Sideline:** the highest noise measurement recorded at any point 450 m from the runway axis during take-off;
- **Approach:** 2 km from the runway threshold, under the approach flight path.



Cumulative levels are defined as the arithmetic sum of the certification levels at each of the three points.

Development of aircraft noise emissions

Lateral noise level standardised
to 500 kn in EPNdB



*EPNdB: Effective Perceived Noise in Decibels
Source: CFD-Software E+F GmbH Berlin

Boeing 707-120

143 seats • 600 mph



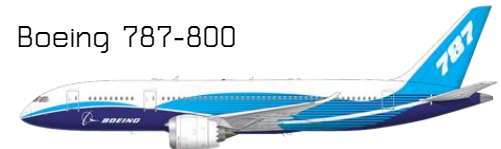
Airbus 300-600



Boeing 737-300



Boeing 787-800



Boeing 737 series: development of noise emissions



Boeing 737-100
(First flight: 1967/103 passengers)



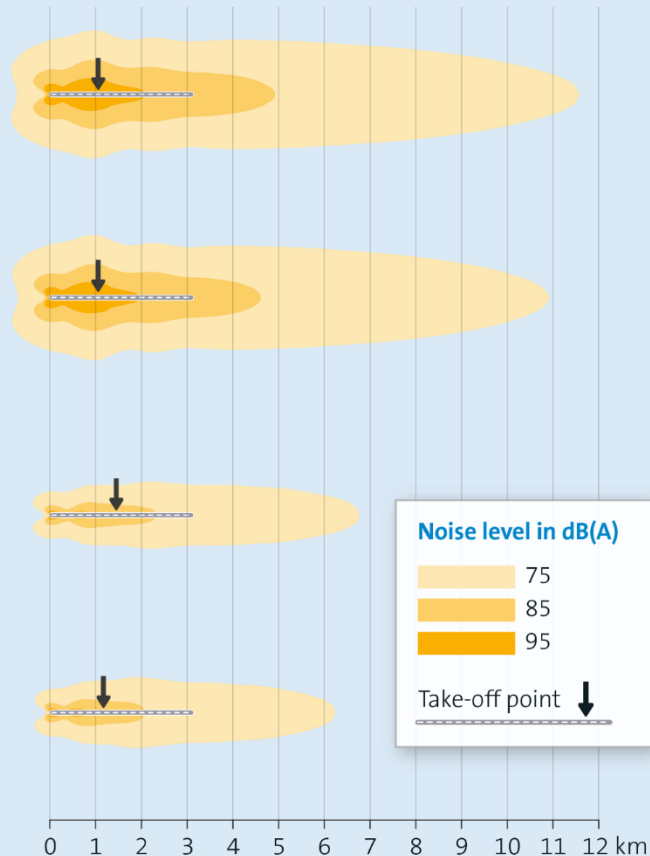
Boeing 737-200
(First flight: 1967/120 passengers)



Boeing 737-400
(First flight: 1989/146 passengers)



Boeing 737-700
(First flight: 1997/126 passengers)



Source: Harris Miller & Hanson Inc.

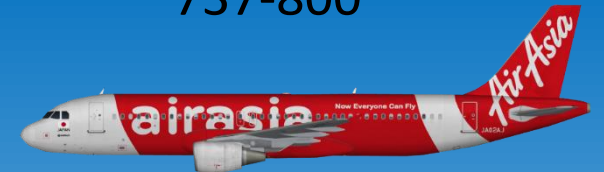
www.bdl.aero



737-800



737-800

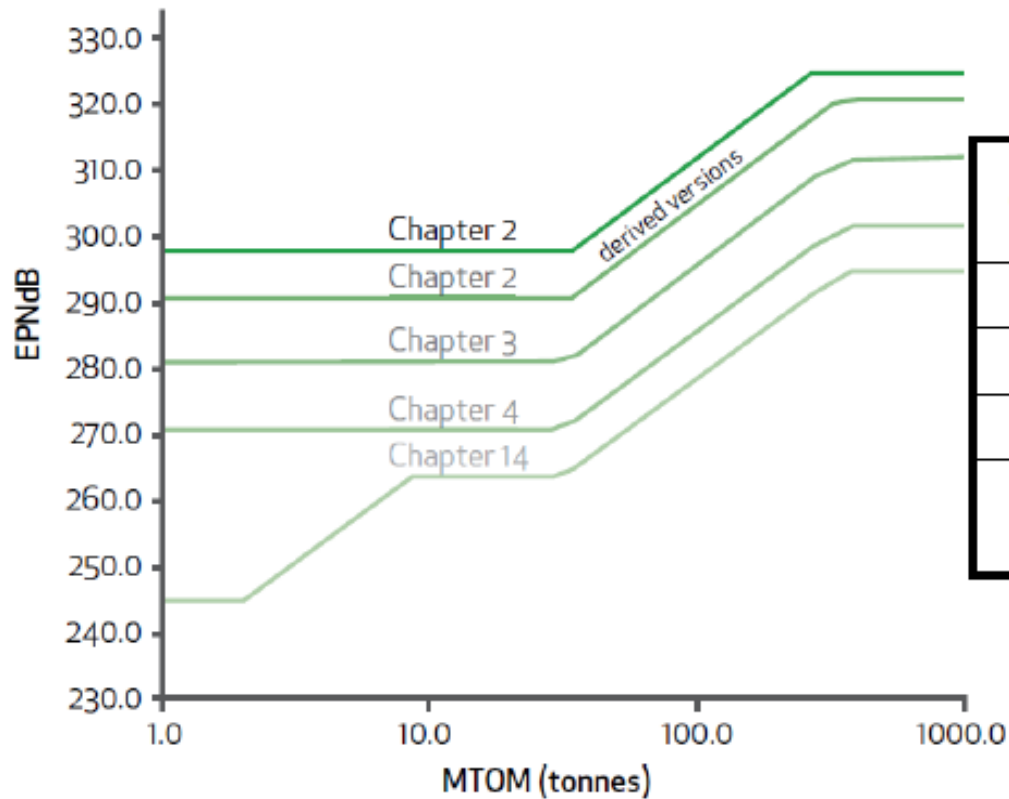


A320-200



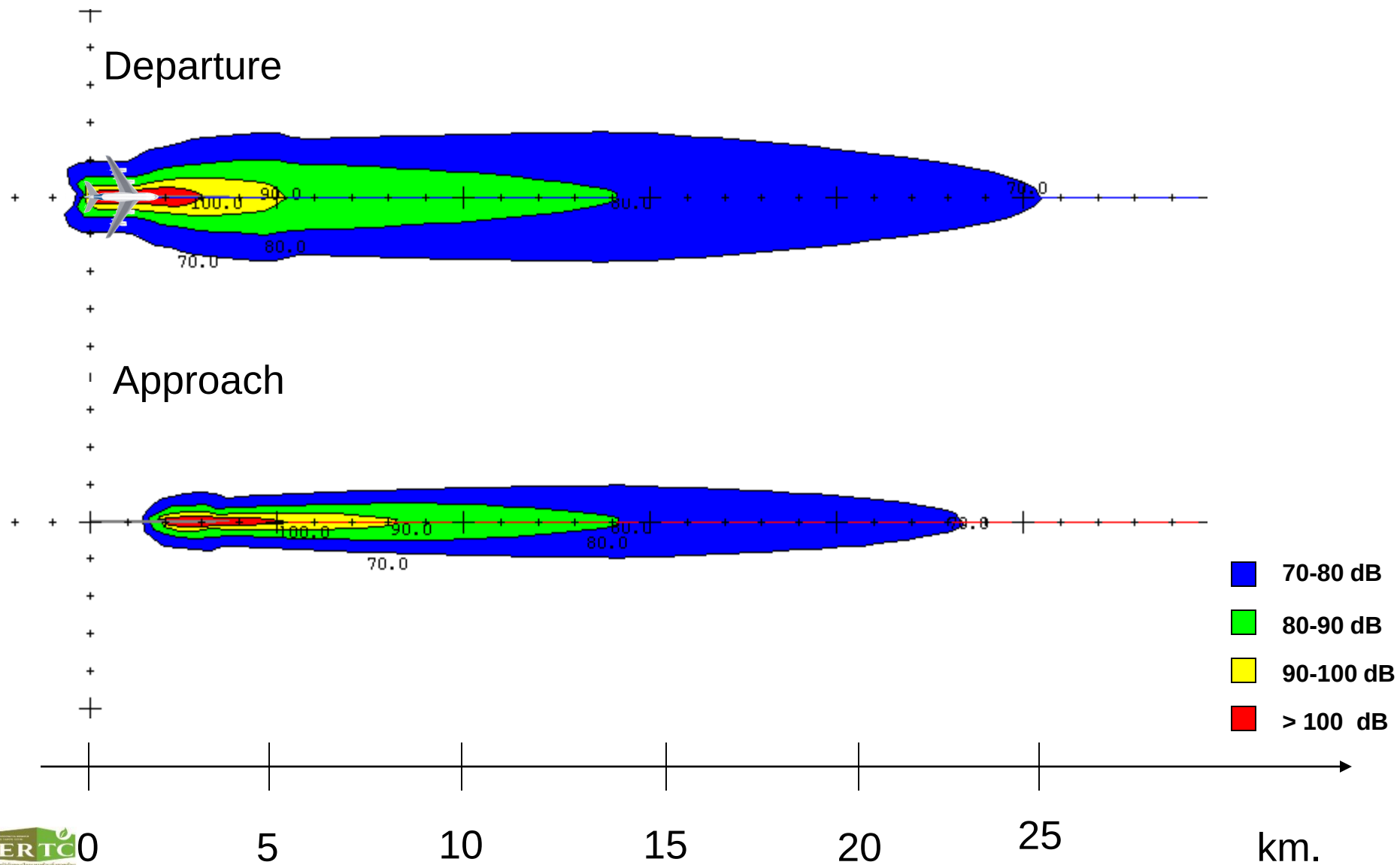
A380

เสียงเครื่องบินในอนาคต



ที่มา :ICAO

ระดับเสียงของเครื่องบิน B747-100 ขณะบินขึ้นและลง



Noise Descriptorสำหรับเสียงจากอากาศยาน

ค่าระดับเสียงกลางวันกลางคืน (L_{dn})

คือค่าระดับเสียง $L_{eq,24hr.}$ ที่ใช้การประเมิน ด้วยการบวก 10 dB เพิ่มเข้าไปกับค่า $L_{eq,1hr.}$ ในช่วงโมงของช่วงเวลากลางคืน (22.00-07.00 น.)

$$L_{dn} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{24} (15 \times 10^{\frac{L_d}{10}} + 9 \times 10^{\frac{(L_n+10)}{10}}) \right]$$

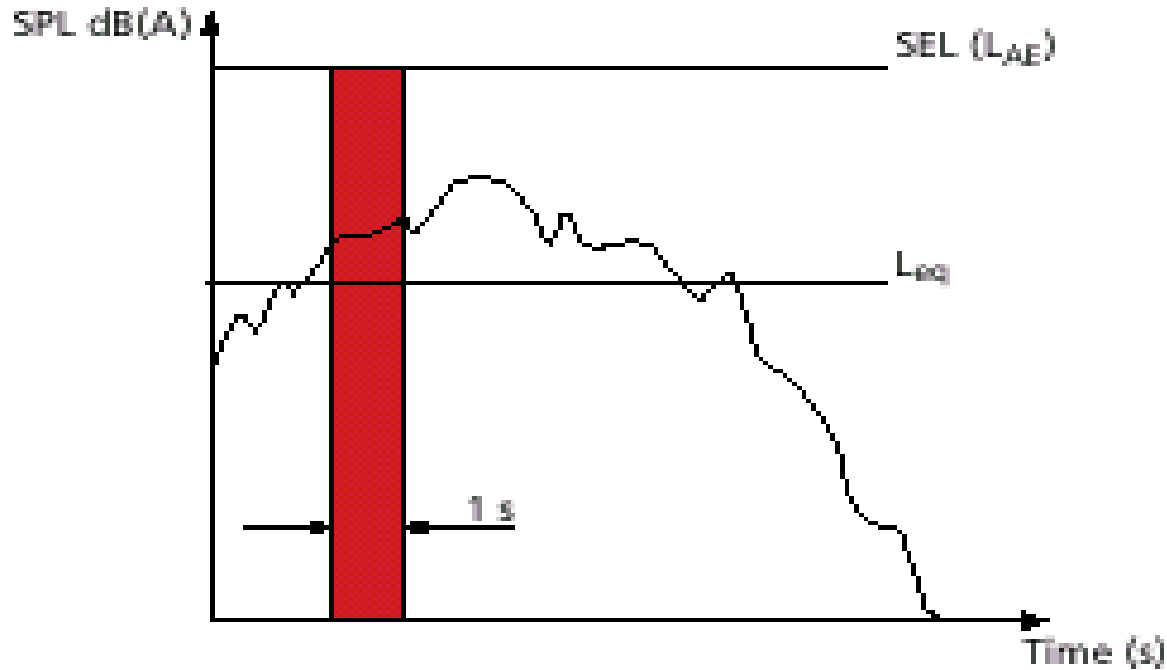
$$L_{dn} = 10 \log_{10} \left[\left(\frac{1}{d} \left(\sum_{i=1}^d 10^{L_i/10} \right) \right) + \left(\frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n 10^{(L_i+10)/10} \right) \right) \right]$$

L_d = ค่าระดับเสียงในเวลากลางวัน (07.00-22.00 น.)

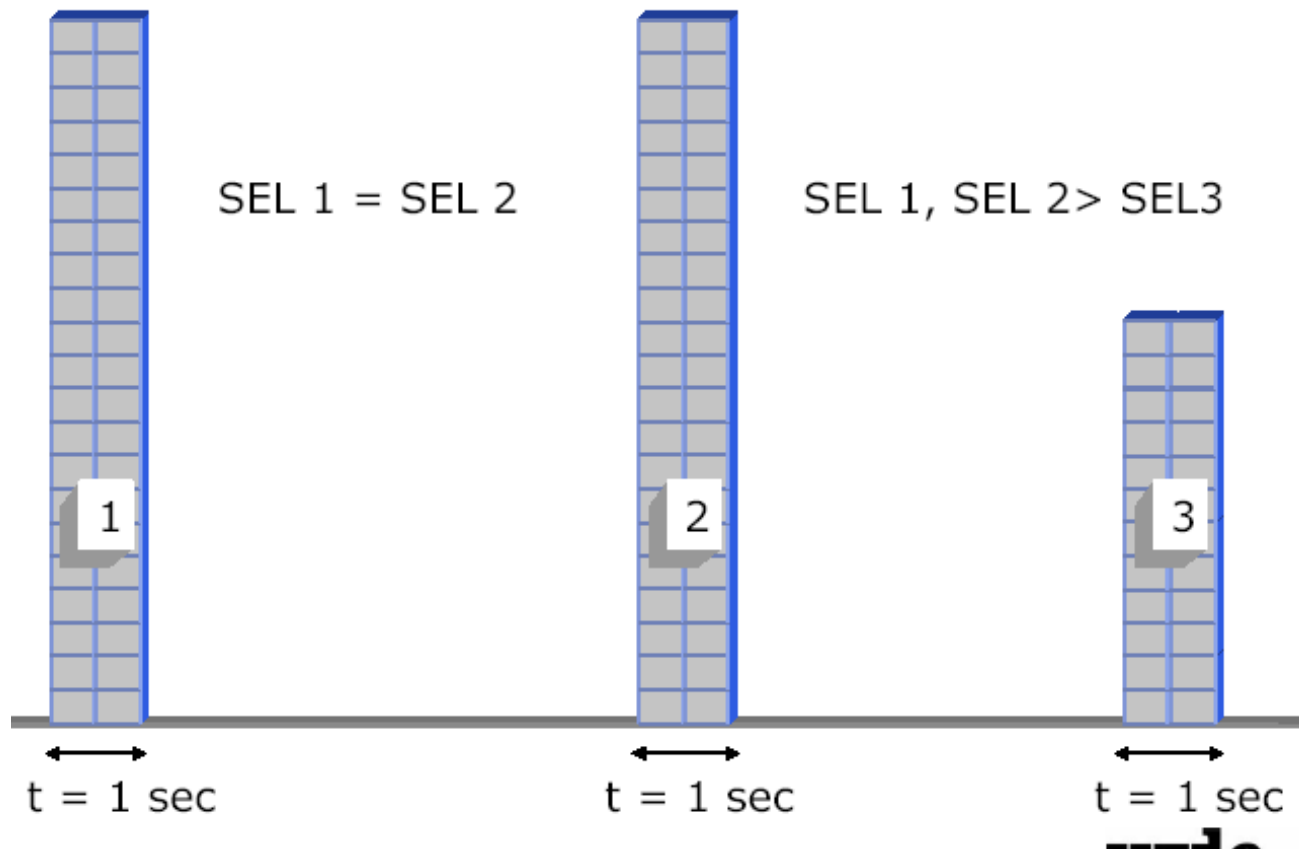
L_n = ค่าระดับเสียงในเวลากลางคืน (22.00-07.00 น.)

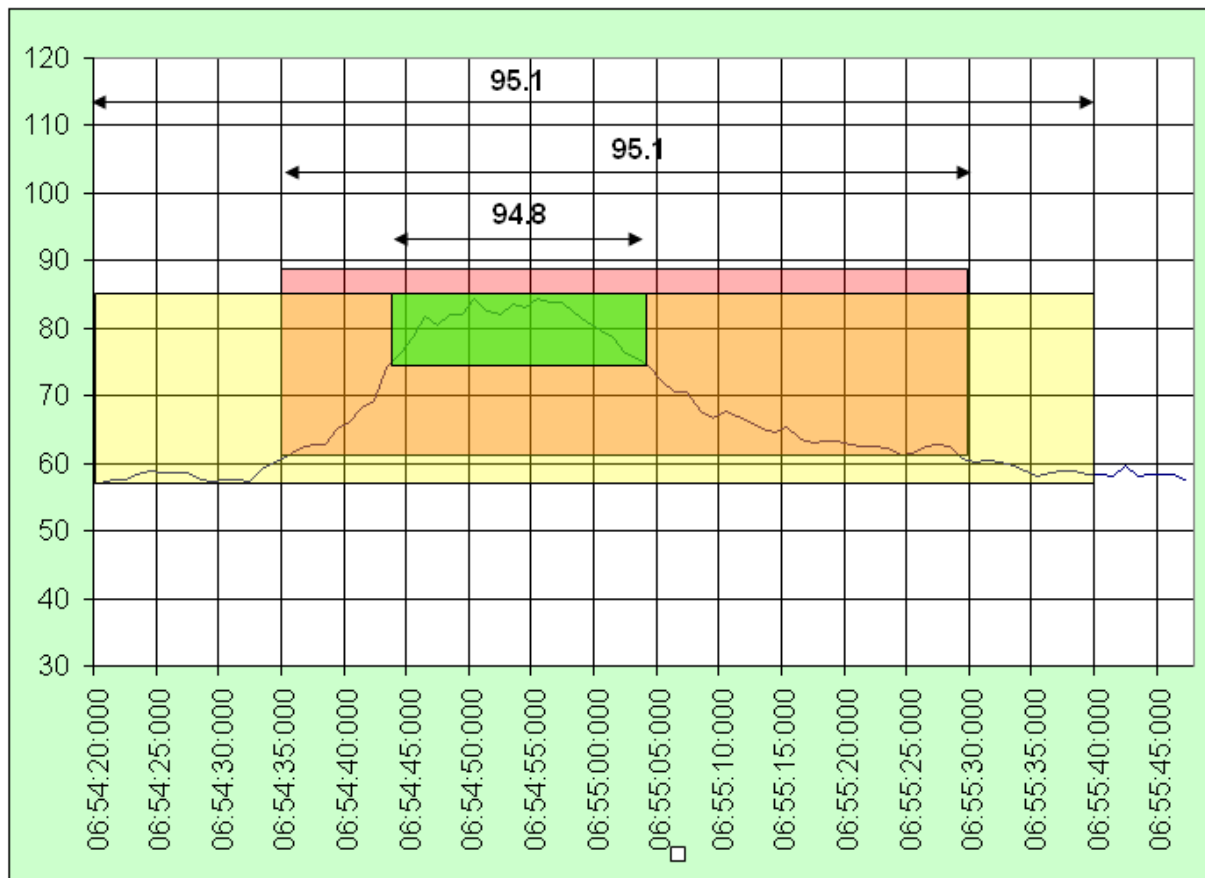
Sound Exposure Level (SEL)

ค่าระดับพลังงานเสียงใน 1 วินาที คำนวณจากพื้นที่ใต้กราฟจาก ค่า $L_{max} - 10$ ใช้สำหรับการประเมินเหตุการณ์เสียง



Sound Exposure Level (SEL)



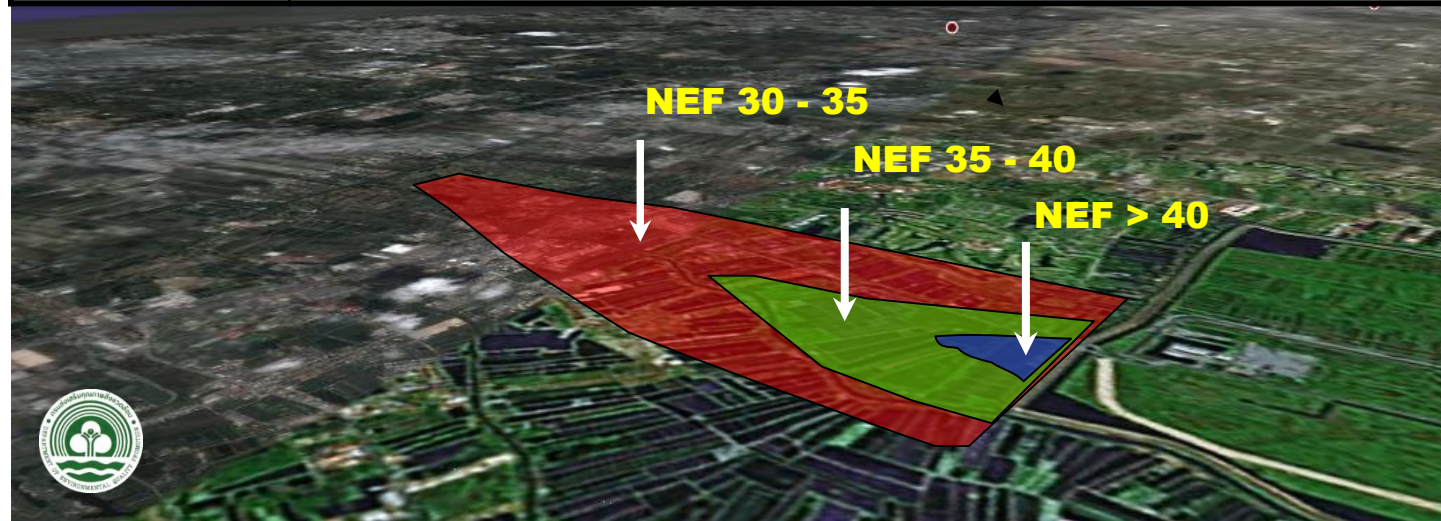


Program 01dB

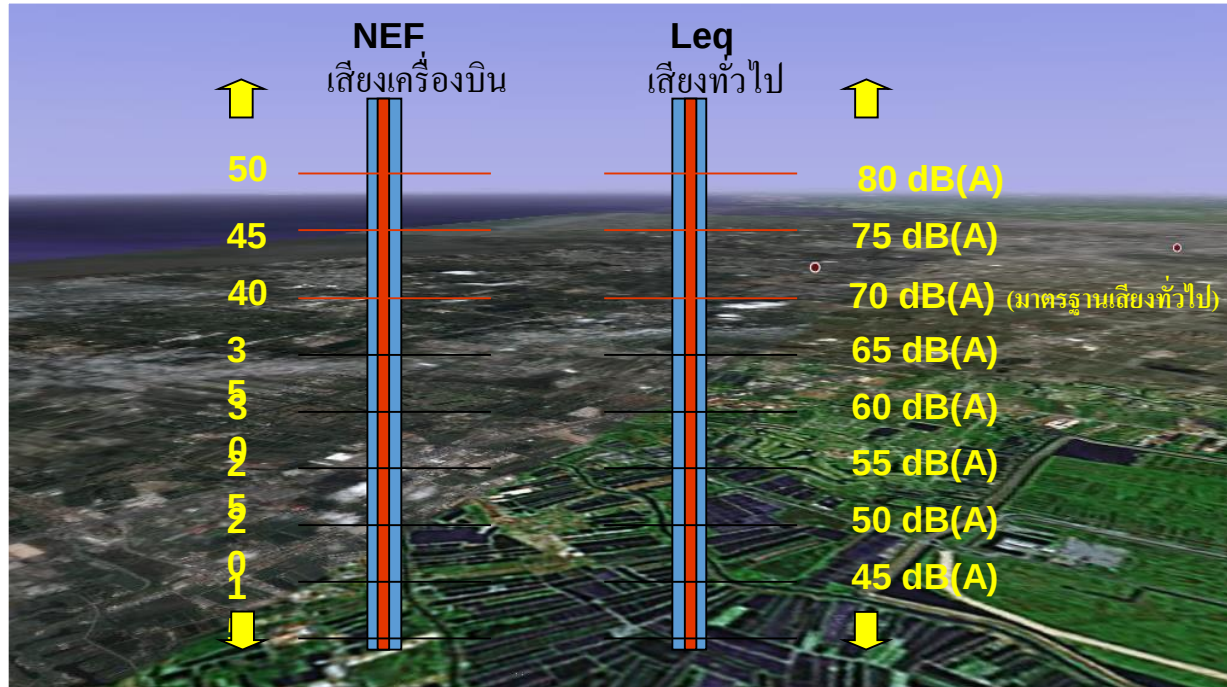
Duration	Leq A	Lmax A 1s	SEL	EPNL
00:00:39	70.7	84.3	94.8	97.8

พารามิเตอร์ Noise Exposure Forecast (NEF)

NEF	ผลกระทบด้านเสียง
น้อยกว่า 30	พื้นที่นั้นไม่มีผลกระทบด้านเสียงจากท่าอากาศยาน
30-35	มีเสียงรบกวนจากท่าอากาศยาน และจะต้องมีมาตรการในการแก้ไข
35-40	มีเสียงรบกวนจากท่าอากาศยานมาก และจะต้องมีมาตรการในการแก้ไข
มากกว่า 40	มีเสียงรบกวนจากท่าอากาศยานรุนแรง และต้องดำเนินการเจรจา ขอซื้อที่ดินหรือจ่ายค่าชดเชย



เกณฑ์การประเมินผลกระทบด้านเสียงจากท่าอากาศยาน



NEF (Noise Exposure Forecast) เป็น Noise descriptor ตัวหนึ่งที่ใช้ประเมินผลกระทบของเสียงจากเครื่องบิน เท่านั้นปัจจัยที่มีผลต่อค่า NEF คือ เสียงของเครื่องบิน จำนวนเที่ยวบิน และ เส้นทางการบิน

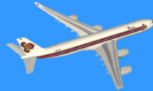
Leq (Equivalent Sound Level) เป็น Noise descriptor ที่ใช้ประเมินค่าระดับเสียงในสิ่งแวดล้อมเฉลี่ยในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ปัจจัยที่มีผลต่อค่า Leq คือ แหล่งกำเนิดเสียงทุกแหล่ง



วิธีการวัด สำหรับการคำนวณค่า NEF

ข้อเสนอแนะวิธีการวัดและคำนวณค่า **NEF**

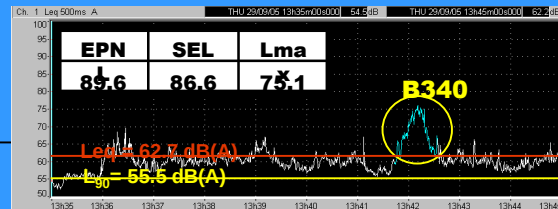
วัดค่า PNL (Perceived Noise Level)



คำนวณค่า EPNL (Effective Perceived Noise Level)



คำนวณ NEF



Noise Exposure Forecast (NEF)

การทำนายค่าระดับเสียง (NEF) จากโครงการท่าอากาศยานซึ่งปกติมักจะแสดงเป็นเส้นแสดงระดับเสียง (Noise Contour) การคำนวณว่าในพื้นที่โดยรอบโครงการสนามบินได้รับเสียงรบกวนหรือไม่ คำนวณได้จากสมการ

$$NEF_{ij} = EPNL_{ij} + 10 \log_{10} (nd + 16.67 Nn) - 88$$

โดย $EPNL_{ij}$ (Effective Perceived Noise Level) คือ
ระดับเสียงอ้างอิง สำหรับเครื่องบินชนิด i และเส้นทางบิน j

Nd = จำนวนของเครื่องบินในเวลากลางวัน (ช่วงเวลา 07.00 น. ถึง 22.00 น.)
เป็นเวลา 15 ชั่วโมง

Nn = จำนวนของเครื่องบินในเวลากลางคืน (ช่วงเวลา 22.00 น. ถึง 07.00 น.)
เป็นเวลา 9 ชั่วโมง

$$NEF = 10 \log \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J ANTILOG(NEF_{ij} / 10)$$

โดย

I = จำนวนเครื่องบินแต่ละประเภท

J = จำนวนเส้นทางการบินทั้งหมด

การจำลองการบินเครื่องบินแบบ B747-400

ระยะทาง	ความสูง	LMAX	EPNL	NEF	SEL
2.5	900	94.4	104	16	100.1
3.2	1300	91.3	103.3	15.3	98.6
5.0	1900	83.9	96.9	8.9	93.4
6.7	2400	82.4	96.6	8.6	92.6

ค.บางโหลง

กลางวัน 07.00 น.-22.00 น.

การจำลองการบินเครื่องบินแบบ B747-400

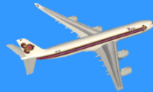
ระยะทาง	ความสูง	LMAX	EPNL	NEF	SEL
2.5	900	94.4	104	28.2	100.1
3.2	1300	91.3	103.3	27.5	98.6
5.0	1900	83.9	96.9	21.1	93.4
6.7	2400	82.4	96.6	20.8	92.6

ต.บางโหลง

กลางคืน 22.00 น.-07.00 น.

วิธีการวัดสำหรับการคำนวณ DNL

ข้อเสนอแนะวิธีการวัดเทียบเคียง NEF



วัดค่า SEL (Sound Exposure Level)



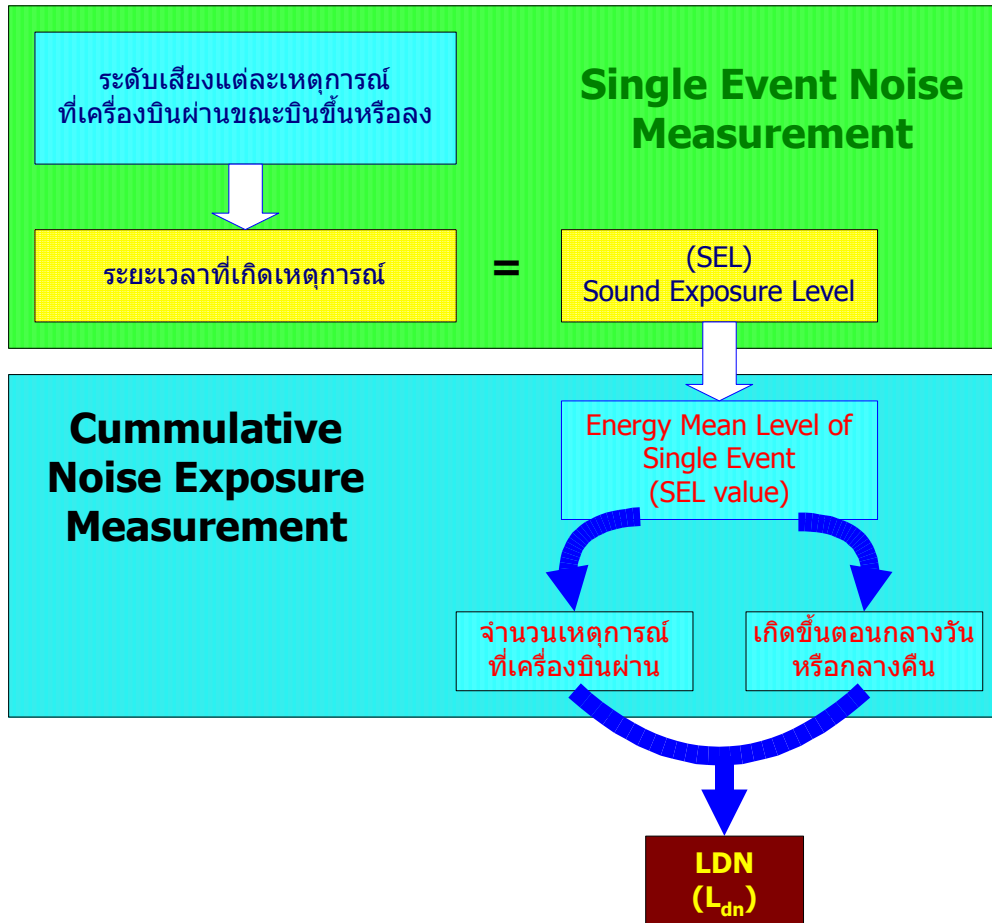
คำนวณค่า DNL (Day-Night Average Noise Level)



คำนวณ NEF



LDN (L_{dn}) คืออะไร



The Day-Night Average Sound Level (DNL)

การประมาณค่า DNL สำหรับเหตุการณ์ของเสียงจากเครื่องบินสามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$L_{dn} = \bar{L}_{ex} + 10 \log N - 49.4$$

เมื่อ $N = (N_n + 10 N_d)$

N_n = จำนวนเหตุการณ์เสียงจากเครื่องบินทั้งหมดในช่วงเวลา 07.00 น. ถึง 22.00 น.

N_d = จำนวนเหตุการณ์เสียงจากเครื่องบินทั้งหมดในช่วงเวลา 22.00 น. ถึง 07.00 น.

$\bar{L}_{ex}$ = ค่าเฉลี่ยพลังงานของค่า SEL

$$L_{dn} = 10 \log \left[\frac{1}{60 \times 60 \times 24} \left(Nd \bullet 10^{\frac{\bar{L}_{EX}}{10}} + Nn \bullet 10^{\frac{\bar{L}_{EX} + 10}{10}} \right) \right]$$

$$L_{dn} = 10 \log \left[\left(Nd \bullet 10^{\frac{\bar{L}_{EX}}{10}} + Nn \bullet 10^{\frac{\bar{L}_{EX} + 10}{10}} \right) \right] - 10 \log(60 \times 60 \times 24)$$

$$L_{dn} = 10 \log \left[\left(Nd \bullet 10^{\frac{\bar{L}_{EX}}{10}} + 10 \bullet Nn \bullet 10^{\frac{\bar{L}_{EX}}{10}} \right) \right] - 49.4$$

$$L_{dn} = 10 \log \left[(Nd + 10Nn) \bullet 10^{\frac{\bar{L}_{EX}}{10}} \right] - 49.4$$

$$L_{dn} = 10 \log(10^{\frac{\bar{L}_{EX}}{10}}) + 10 \log(ND + 10Nn) - 49.4$$

$$L_{dn} = \bar{L}_{EX} + 10 \log N - 49.4$$

ค่าเฉลี่ยพลังงานของ SEL

$$\overline{L_{EX}} = 10 \log \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0.1 L_{EX}(i)} \right]$$

DNL & NEF

ค่า DNL ไม่ได้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่า NEF แต่สามารถประมาณค่าความสัมพันธ์ระหว่าง DNL และ NEF ได้จากสมการ

$$L_{dn} \cong NEF + 35$$

สมการนี้ใช้ได้กับสถานการณ์เสียงของเครื่องบินที่บินผ่าน(Fly Over) โดยค่าความสัมพันธ์นี้มีค่าความคาดเคลื่อนอยู่ในช่วง ± 3 เดซิเบล

DNL Calculation

NO	TIME	AIRCRAFT	A/P	EPNL	SEL
1	18.52	A330	A	99.4	94.7
2	19.00	A330	D	102.3	97.3
3	19.02	B717	D	86	81.8
4	19.07	B737	D	96.1	91.5
5	19.22	A319	A	94.9	90.7
6	19.28	B747	A	104.5	99.5
7	20.10	A319	D	92.7	87.4
8	20.30	A300	A	103.2	97.6
9	20.53	B747	D	100.7	95.5
10	22.46	A300	A	98.9	95.4

$$L_{dn} = \bar{L}_{ex} + 10\log N - 49.4$$

เมื่อ $N = (N_d + 10 N_n)$

N_d = จำนวนเหตุการณ์เสียงจากเครื่องบินทั้งหมดในช่วงเวลา 07.00 น. ถึง 22.00 น.

N_n = จำนวนเหตุการณ์เสียงจากเครื่องบินทั้งหมดในช่วงเวลา 22.00 น. ถึง 07.00 น.

$\bar{L}_{ex}$ = ค่าเฉลี่ยพลังงานของค่า SEL

$$\bar{L}_{EX} = 10\log \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0.1 L_{EX}(i)} \right]$$

$$N_d = 9$$

$$N_n = 1$$

$$N = (N_d + 10 N_n) = (9 + (10 * 1)) = 19$$

DNL Calculation

$$L_{EX} = 10 \log \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0.1 L_{EX}(i)} \right]$$

$$\begin{aligned} \bar{L}_{ex} = 10 \log & \left(\frac{1}{10} \left(10^{\frac{94.7}{10}} + 10^{\frac{97.3}{10}} + 10^{\frac{81.1}{10}} + 10^{\frac{91.5}{10}} + 10^{\frac{90.7}{10}} \right. \right. \\ & \left. \left. + 10^{\frac{99.5}{10}} + 10^{\frac{87.4}{10}} + 10^{\frac{97.6}{10}} + 10^{\frac{95.5}{10}} + 10^{\frac{95.4}{10}} \right) \right) \end{aligned}$$

$$\bar{L}_{ex} = 95.2 \text{ dB(A)}$$

$$L_{dn} = \bar{L}_{ex} + 10 \log N - 49.4$$

$$L_{dn} = 95.2 + 10 \log(19) - 49.4$$

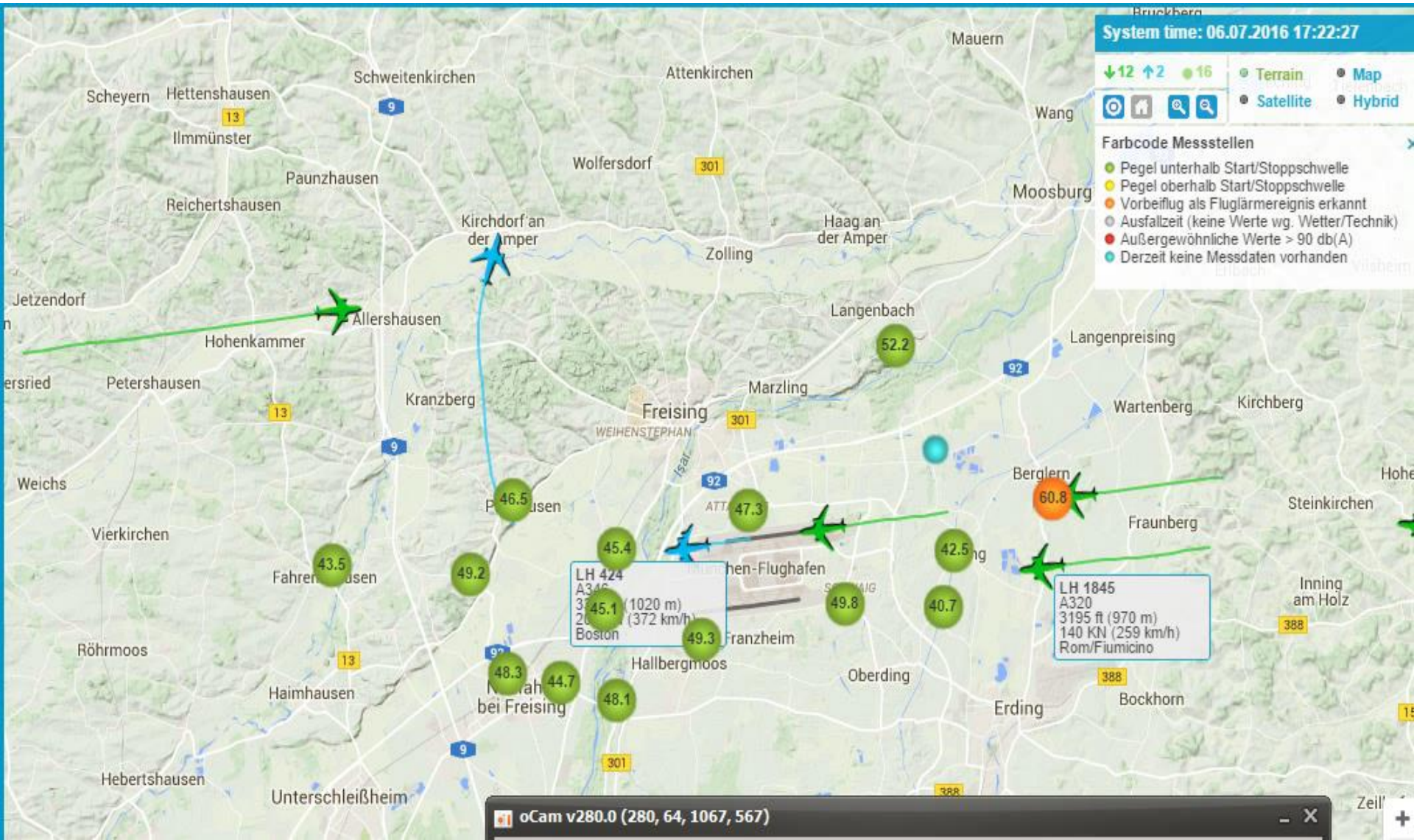
$$L_{dn} = 58.6 \text{ dB(A)}$$

$$NEF = DNL - 35 = 58.6 - 35 \approx 23.6$$



การประชาสัมพันธ์ข้อมูลข่าวสารและการเข้าถึงข้อมูล

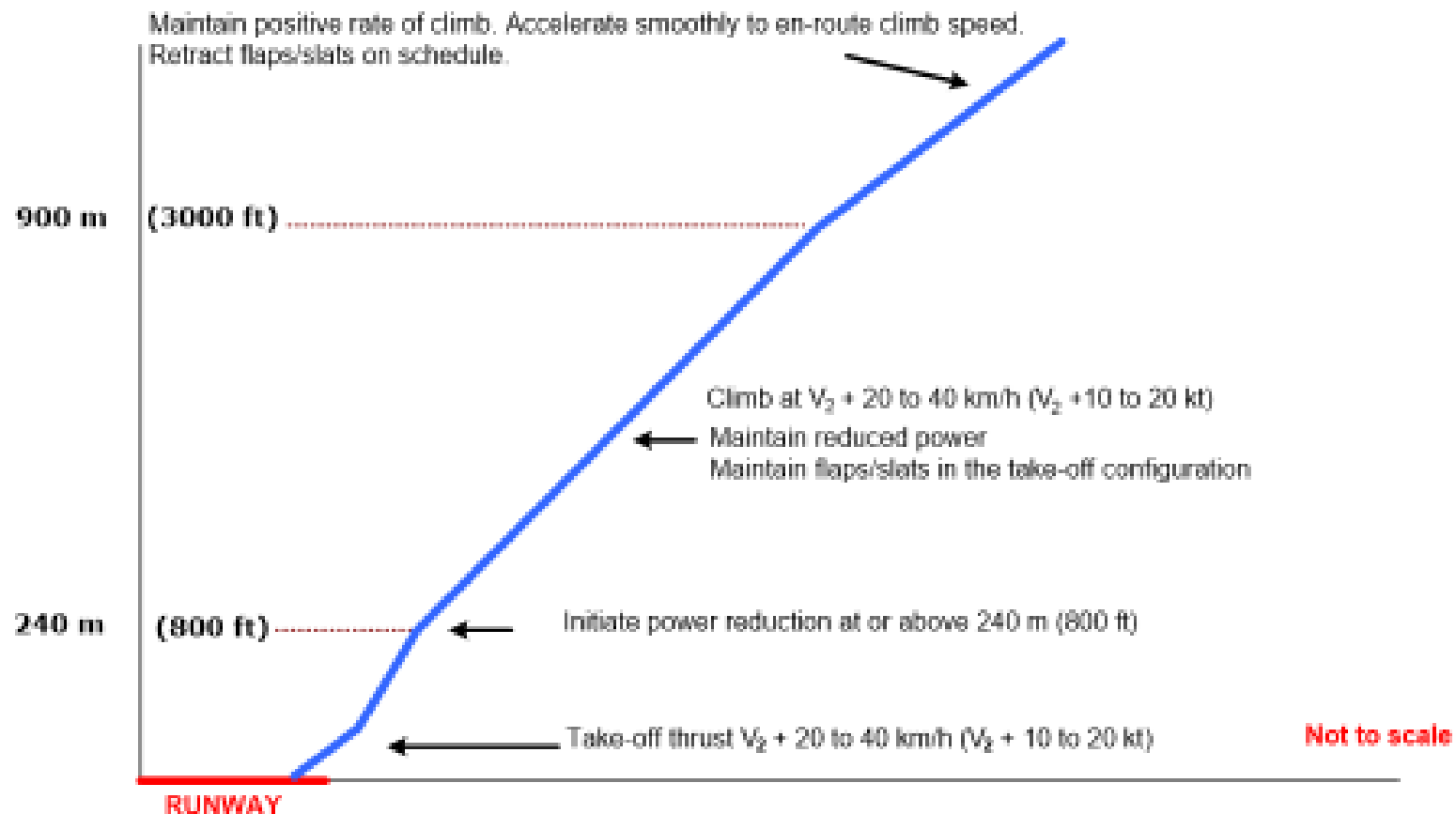
Noise Monitoring Station





Noise Abatement Departure Procedure 1 (Close in)

Noise abatement take-off climb – Example of a procedure alleviating noise close to the aerodrome (NADP 1)

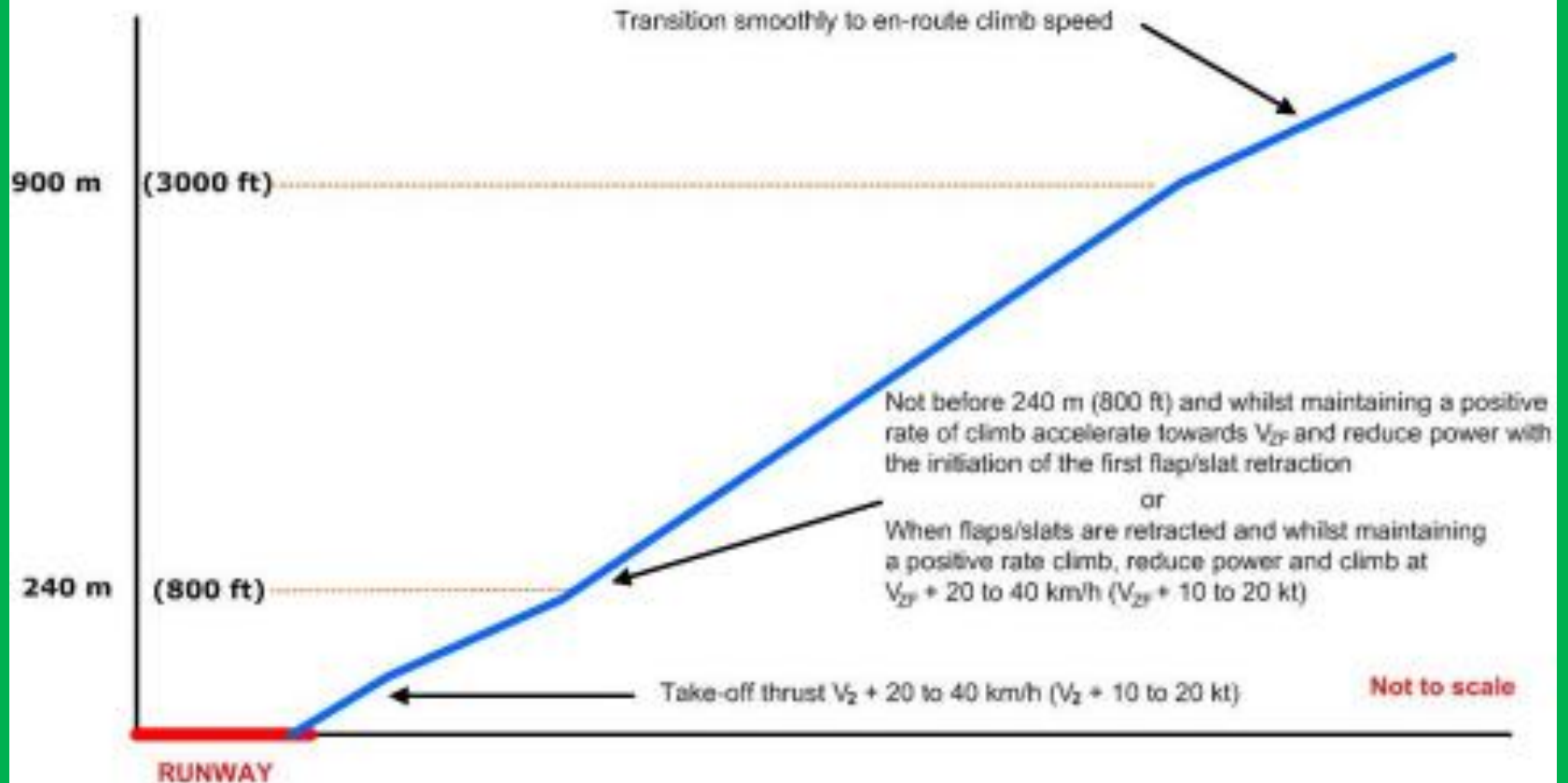




วิธีปฏิบัติการบินเพื่อลดระดับเสียงจากอากาศยาน

Noise Abatement Departure Procedure 2 (Distant)

Noise abatement take-off climb – Example of a procedure alleviating noise distant from the aerodrome (NADP 2)

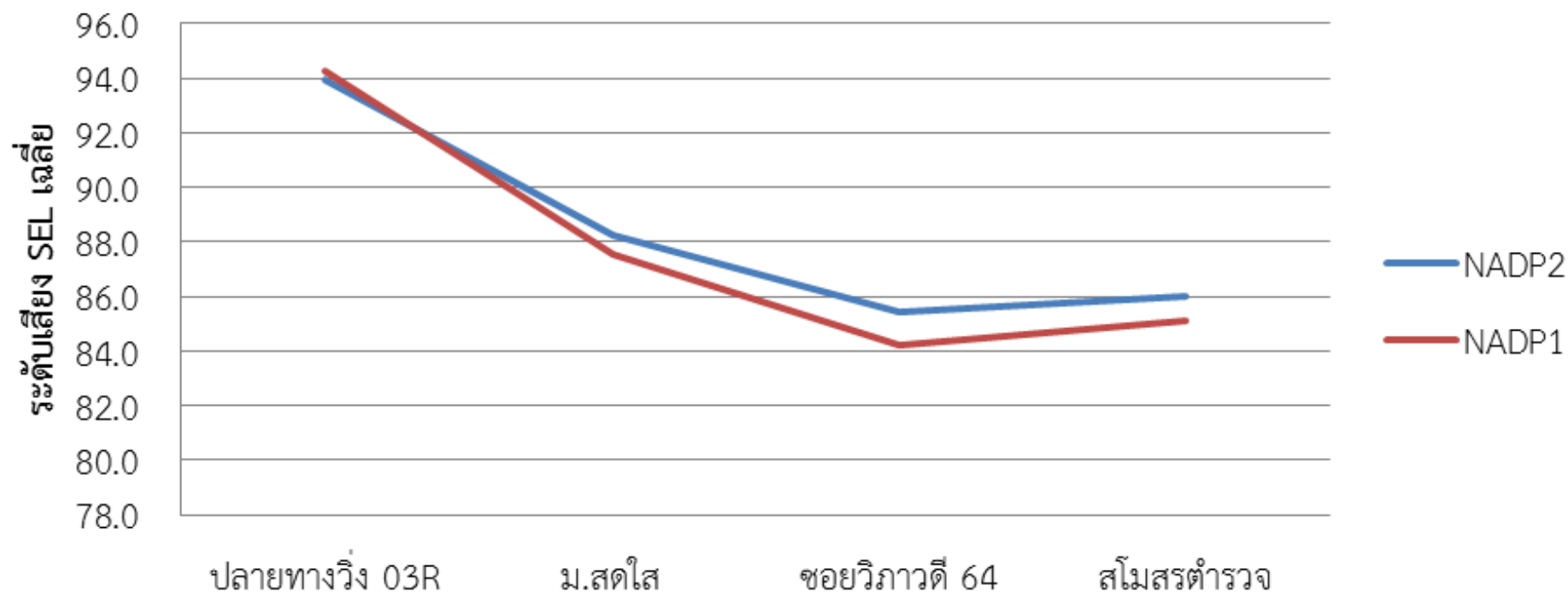




วิธีปฏิบัติการบินเพื่อลดระดับเสียงจากอากาศยาน

ท่าอากาศยานดอนเมือง

ค่าระดับเสียง SEL เฉลี่ย การปฏิบัติการบินขึ้นแบบ NADP1 และ NADP2

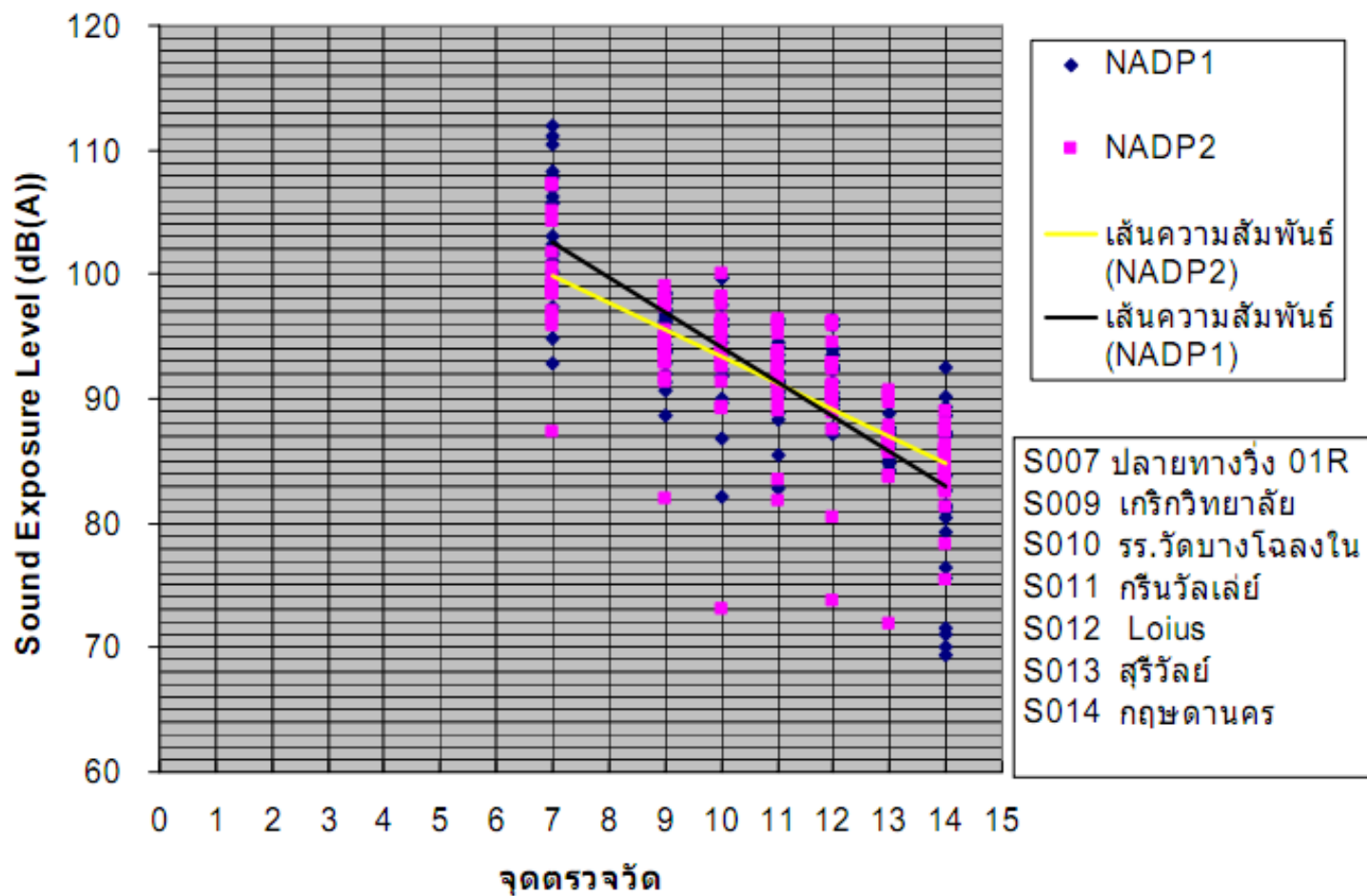




วิธีปฏิบัติการบินเพื่อลดระดับเสียงจากอากาศยาน

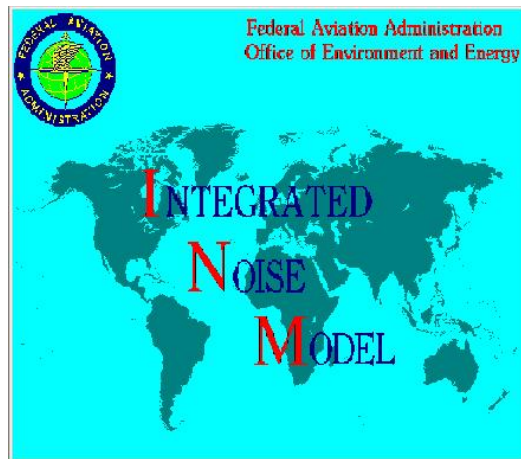
ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

เปรียบเทียบ NADP1 และ NADP2 ของเครื่อง B747-400



- Integrated Noise Model (INM)

Federal Aviation Administration (FAA)



INM 7.0c (January 3, 2012)



NEW VERSION INM 7.0d

released on May 31, 2013

INM 6.0 (September 30, 1999)



INM 6.0a ,INM 6.0b, INM 6.0c



INM 6.1 (March 4, 2003)



INM 6.2 (May 22, 2006)



INM 6.2 (November 30, 2006)



INM 7.0 (April 30, 2007)



INM 7.0a (September 17, 2008)



INM 7.0b (September 29, 2009)



AEDT 2d

Aviation Environmental Design Tool (AEDT)

About AEDT

AEDT Version: 93.1.7128.1

Telerik Version: 2017.2.614.45

ArcGIS Runtime for WPF Version: 10.2.5.0

.NET Runtime Version: 4.0.30319.42000

<http://aedt.faa.gov>

Aviation Environmental Design Tool

(AEDT) version 2d

released to the public on September 27, 2017

New Phuket2 Study @ (local)\sqlcxpress - AEDT 2b SP2

Study Metric Results Operations Equipment Airports Definitions

Map Reports Define Copy Delete Run Run All Reset All Import Combine Export Contour Receptor Set Tracks Concentration Impact Set Show Edit Add Zoom to Layer Delete Properties Move Up Move Down Attributes Save as Shapefile Map Snapshot Identify

Metric Results

Drag a column header and drop it here to group by that column

ID	State	Metric	Type	Receptor Set	Annualiz
1	✓	NEF	Noise	phuket receptor set	Phuket2

1 of 1 item(s) shown. 1 item(s) selected.

Details Aircraft Operations Tracks

General

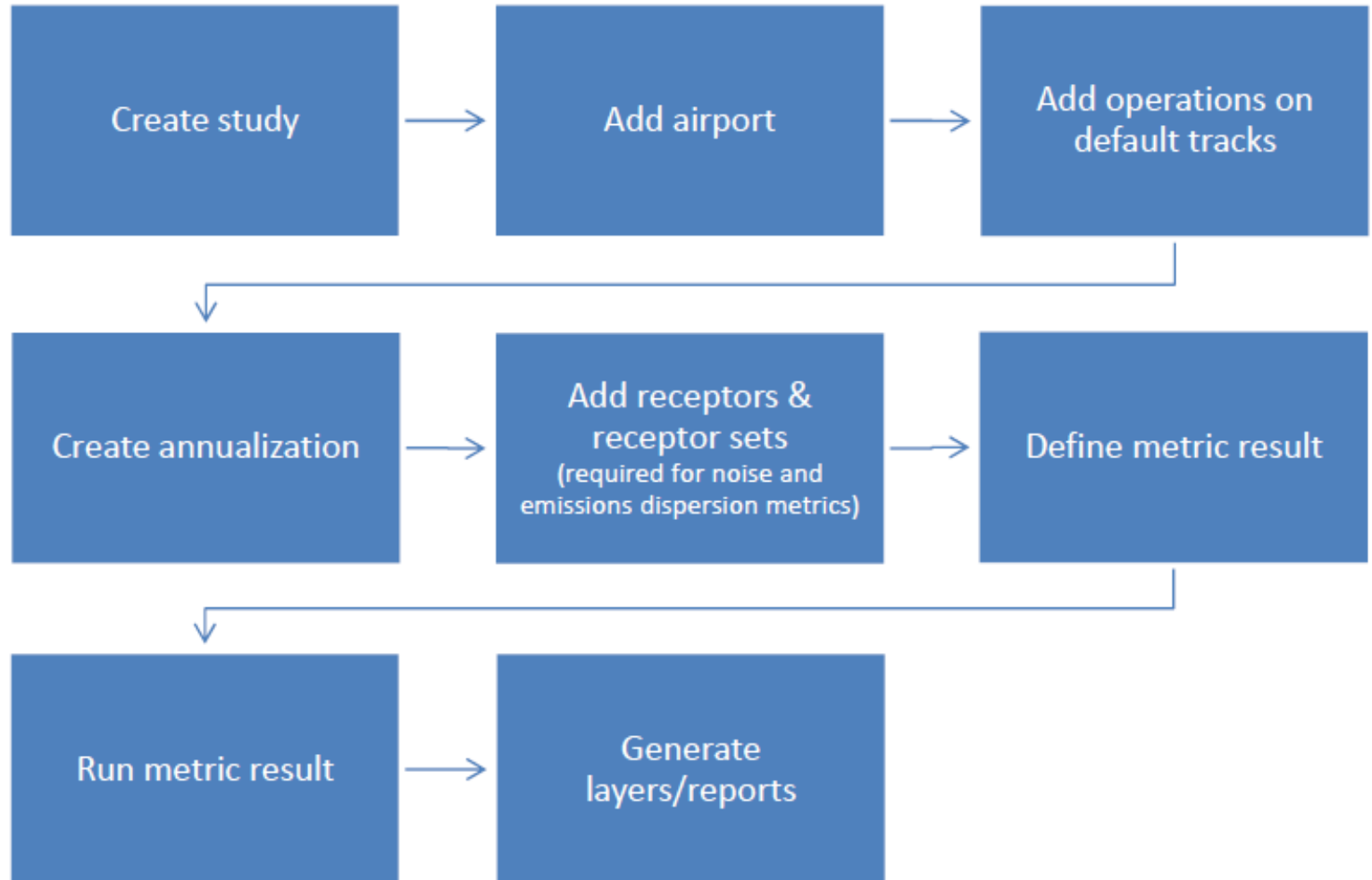
Metric Result ID	1
State	Complete
Metric	NEF
Type	Noise
Receptor Set	phuket re
Annualization	Phuket2 A
Run Start Time	1/7/2559

New Phuket2 Study @ (local)\sqlcxpress WKID: 102100 8.107102 98.363082

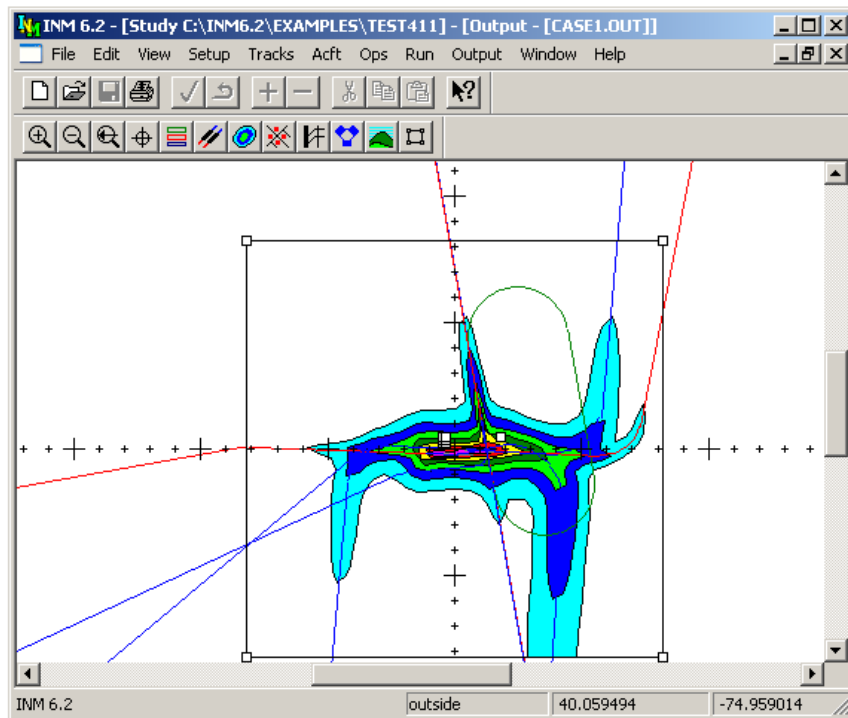
22:46 7/7/2559

AEDT 2d

Study Workflow Basic

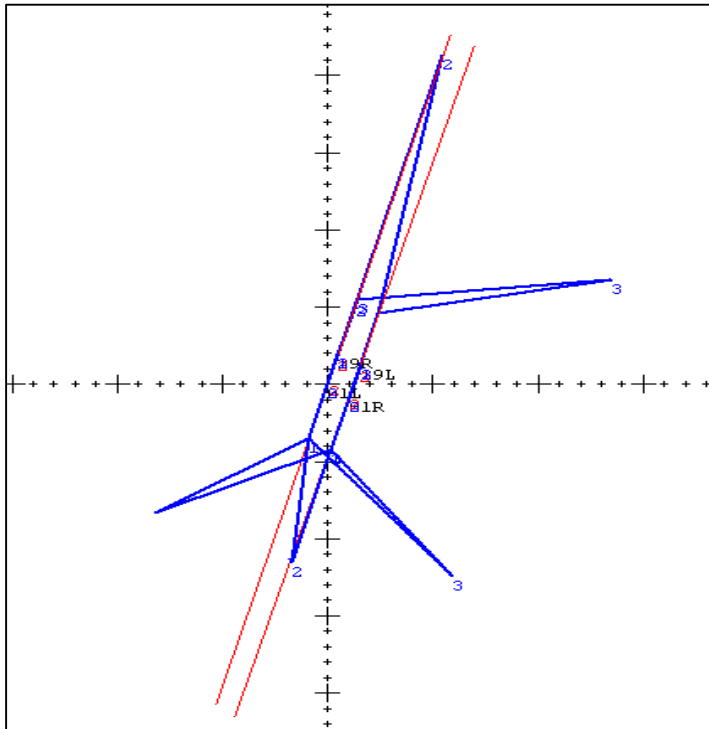


ข้อมูลนำเข้าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์



- ตำแหน่งที่ตั้งของท่าอากาศยาน
- พิกัดภูมิศาสตร์ของทางวิ่งและข้อมูลกายภาพของท่าอากาศยาน
- เส้นทางการบิน
- จำนวนเที่ยวบินเฉลี่ย
- ชนิดของอากาศยาน

เส้นทางการบิน



แหล่งที่มาของข้อมูล
AIP (Thailand)

ชนิดของอากาศยาน

Code letter	Wingspan
A	Up to but not including 15 m
B	15 m up to but not including 24 m
C	24 m up to but not including 36 m
D	36 m up to but not including 52 m
E	52 m up to but not including 65 m
F	65 m up to but not including 80 m



AEDT จะมีฐานข้อมูลระดับเสียงของ
อากาศยานแต่ละประเภท

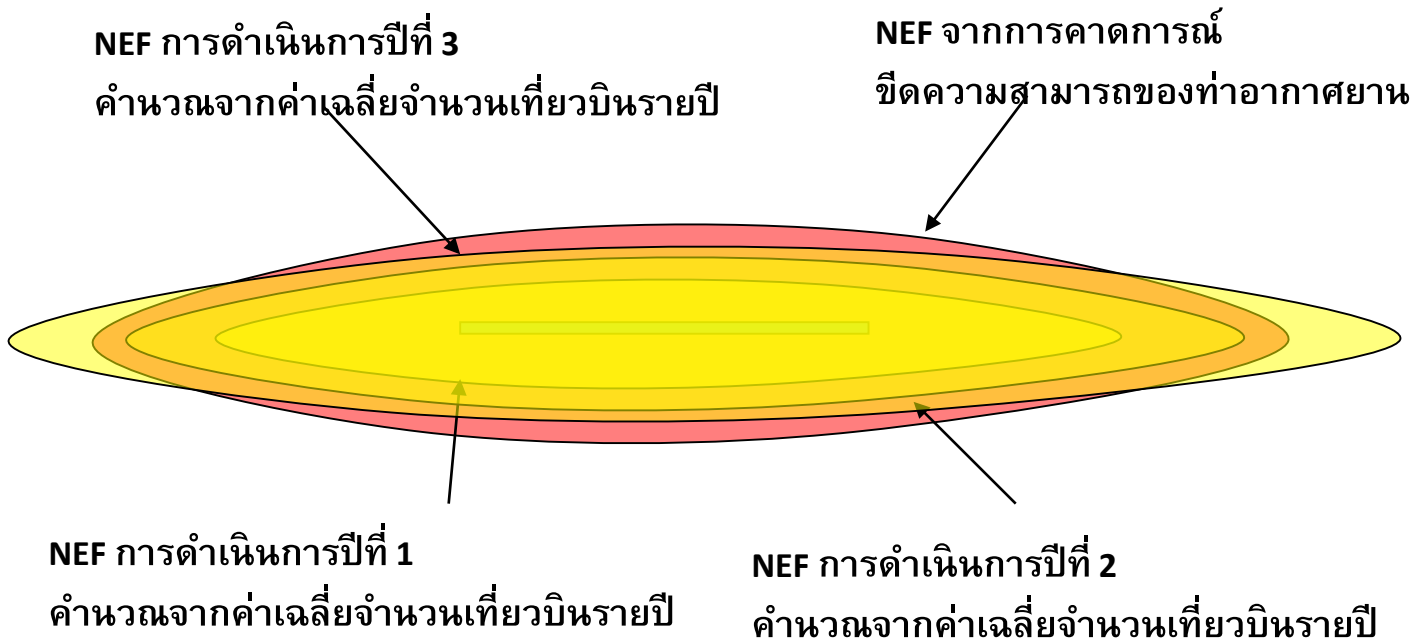
ทั้งนี้ใน AEDT รุ่นใหม่ๆ จะมีการ
ปรับปรุงฐานข้อมูลระดับเสียงของ
เครื่องบินให้มากขึ้น

จำนวนเที่ยวบินเฉลี่ย

Calculated Flight Operations - [week]										
ACFT	OP	PROFILE	S	RWY	TRACK	S	GRP	DAY	EVENING	NIGHT
737300	A	STANDARD	1	36	1	0	COM	3.1429	0.0000	0.1429
737300	D	STANDARD	1	18	5	0	COM	2.8571	0.0000	0.1429
737300	D	STANDARD	1	36	1	0	COM	0.2857	0.0000	0.0000
737400	A	STANDARD	1	18	1	0	COM	0.0000	0.0000	0.1429
737400	A	STANDARD	1	36	1	0	COM	4.0000	1.0000	0.5714

- เป็นจำนวนเที่ยวบินเฉลี่ยต่อวัน ซึ่งหาได้จากข้อมูลสถิติรายปี
- กรณีการจัดทำรายงานผลกระทบสิ่งแวดล้อม ในการประเมินค่าจำนวนเที่ยวบินนี้สามารถประเมินได้จาก
 1. ขีดความสามารถสูงสุดในการรองรับอากาศยาน
 2. ความสามารถในการรองรับอากาศยานตามอัตราการเจริญเติบโตในอนาคต (Aircraft Movement Forecast)
- การติดตามตรวจสอบเส้นระดับเสียงจากโครงการจะต้องดำเนินการทุกปี โดยใช้ค่าเฉลี่ยรายวันจากสถิติการบินใน 1 ปี

การประเมินค่าระดับเสี่ยงจากทำอากาศยานรายปี



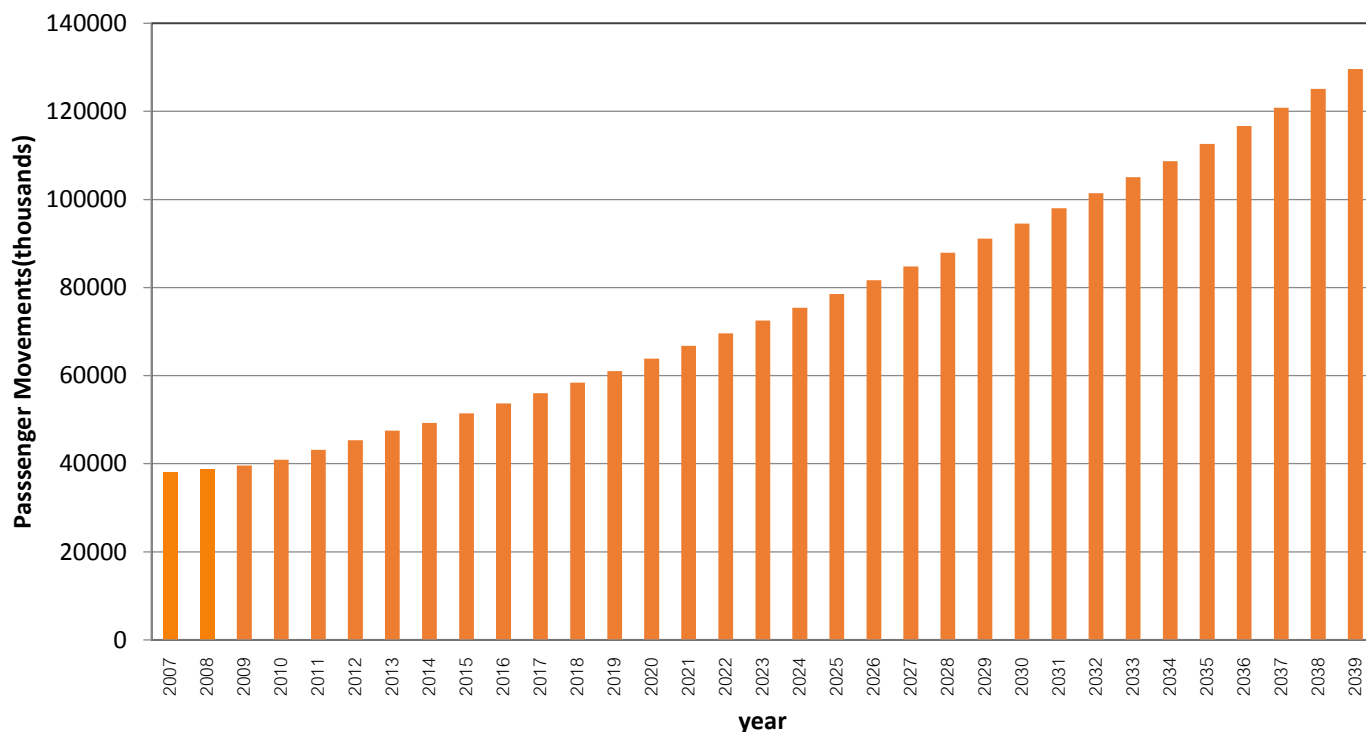
เมื่อเกิน NEF ที่คาดการณ์ไว้จะต้องทำรายงานการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมใหม่

Passenger Movements



Unit: thousands

Year	2014	2019	2024	2029	2034	2039
passengers	49,234	61,033	75,412	91,111	108,723	129,598



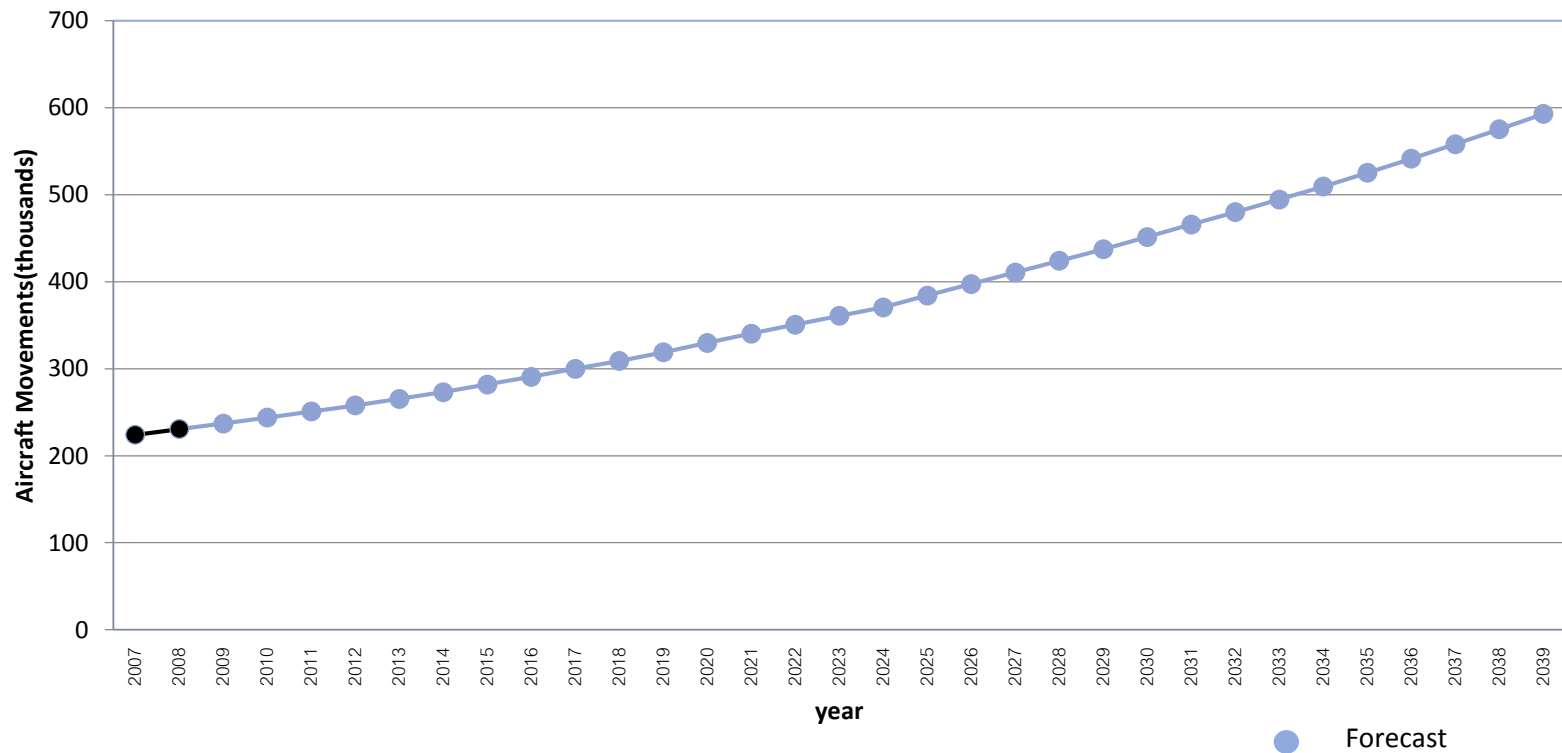
Forecast

Aircraft Movements



Unit: thousands

Year	2014	2019	2024	2029	2034	2039
Aircrafts	273.0	318.9	370.6	437.3	509.4	592.9



Aircraft Mix

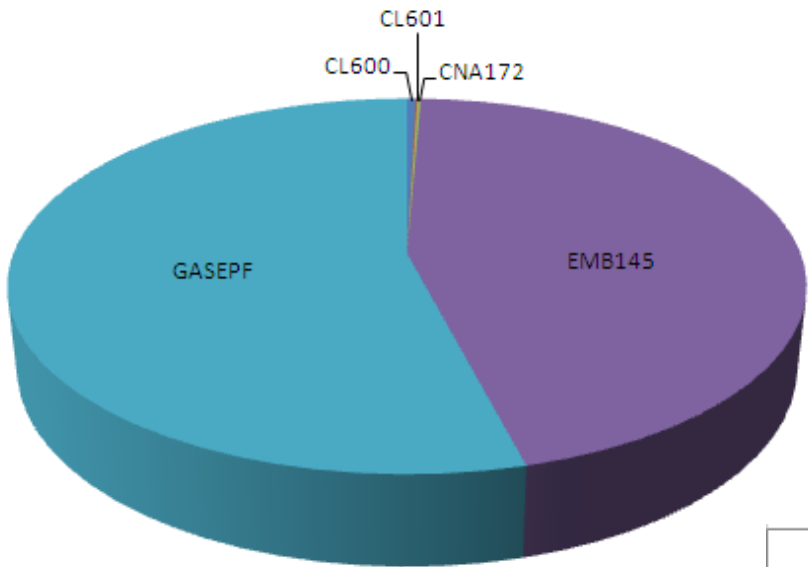
Aircraft Code	Description	Example INM 7.0 CODE
B	Small Turbo Prop and Regional Jet	CL600, CL601, CNA172, EMB145, GASEPF
C	Small Jet	717200, 727200, 737300, 737400, 737500, 737800, 737D17, A319-131, A320-211, BAE146, BAE300, BAEJ31, DHC6, F10065, FK27, FK50, HS748A, MD82, MD83, MD9025
D	Large Jet	757RR, 767300, 767400, 767CF6, A300-622R, A310-304, C130, DC1010, DC8QN, MD11GE
E	Heavy Jet	747100, 747200, 74720B, 747400, 777200, 777300, A330-301, A330-343, A340-211, A340-642, AN124
F	Code F Aircraft	A380-841



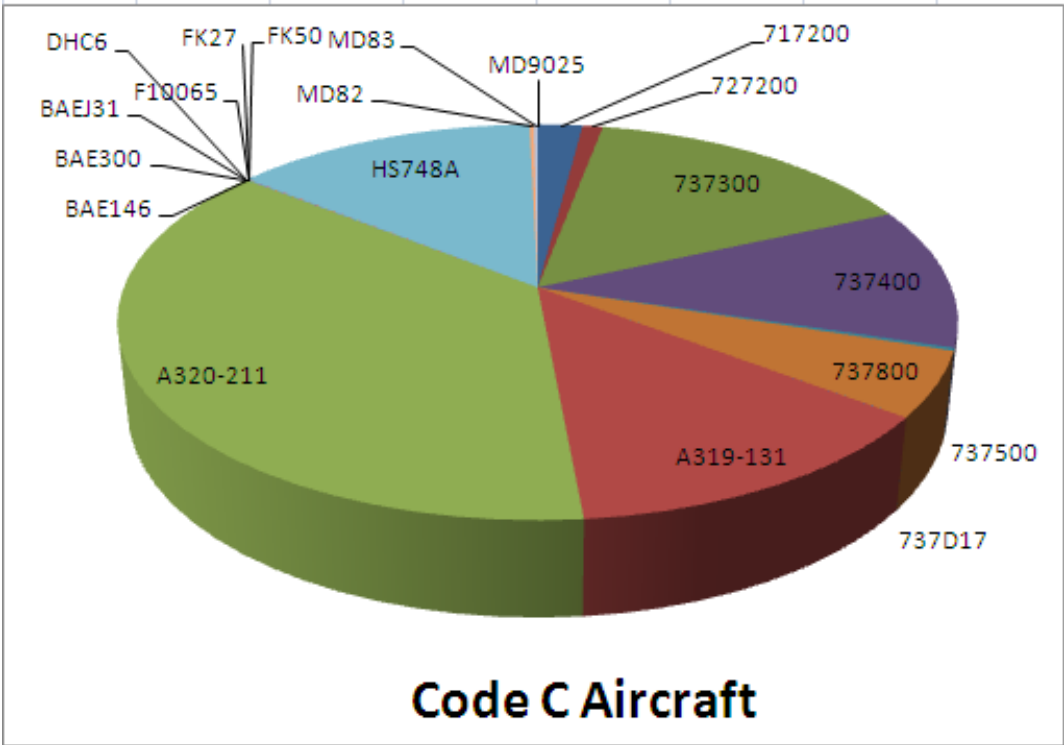
Peak Day Aircraft Mix

Year	% of Code B Aircraft	% of Code C Aircraft	% of Code D Aircraft	% of Code E Aircraft	% of Code F Aircraft
2007	3	30	21	46	0
2019	1	28	21	46	4
2024	1	27	20	46	6
2039	<1	23	19	48	10

Aircraft Mix

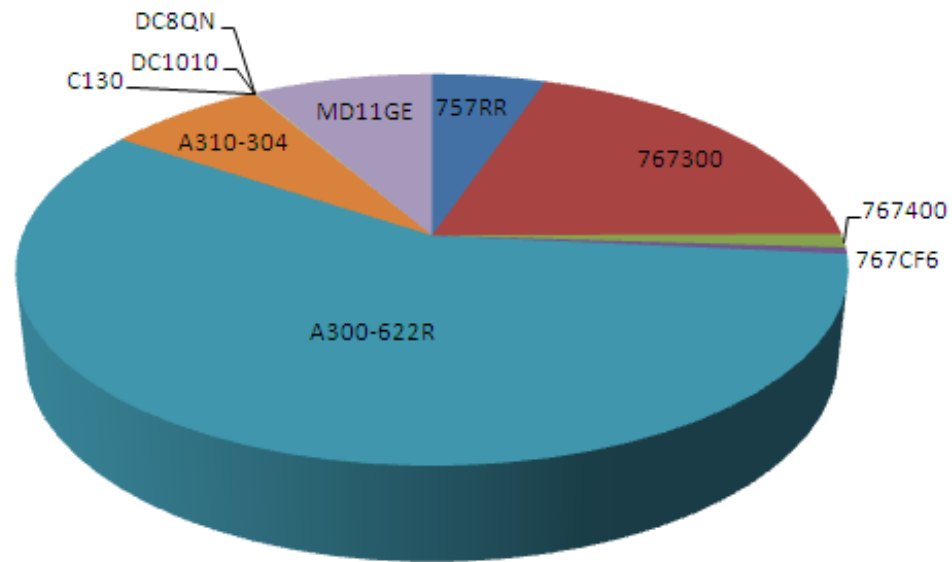


Code B Aircraft

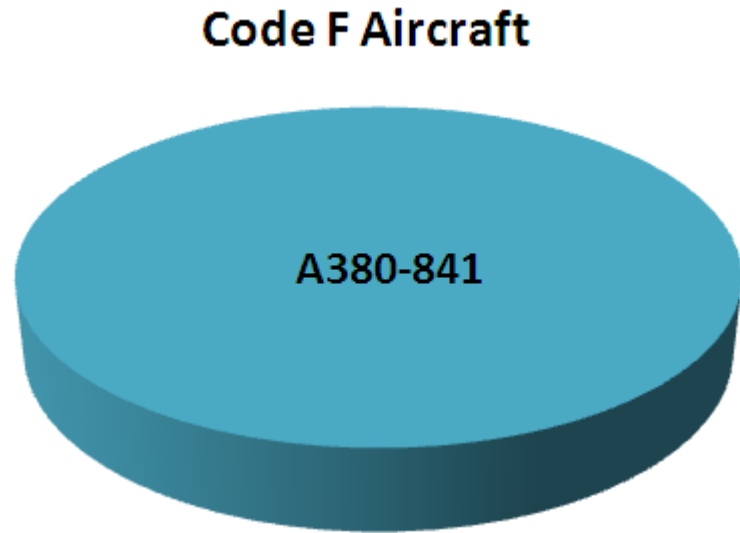


Code C Aircraft

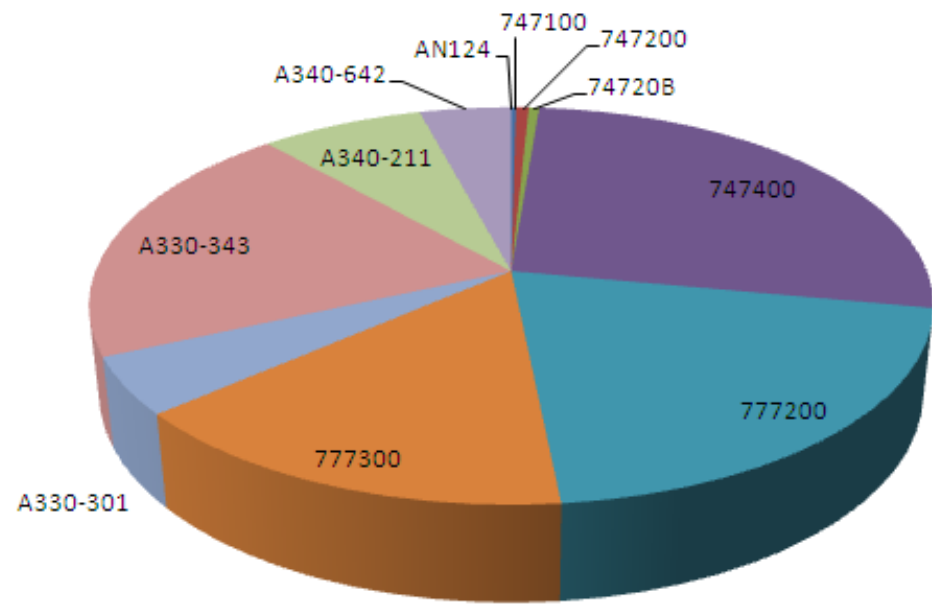
Aircraft Mix



Code D Aircraft

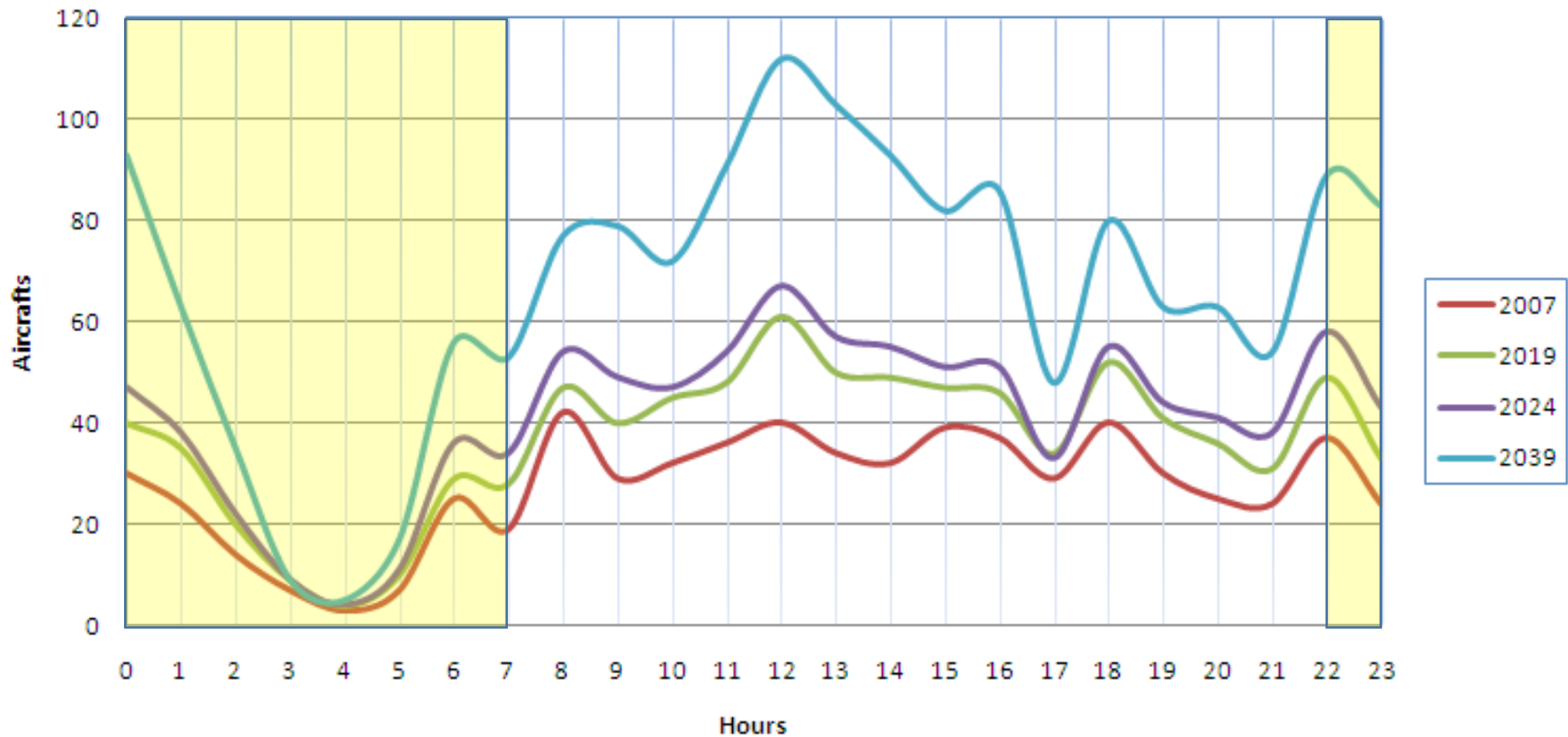


Code F Aircraft

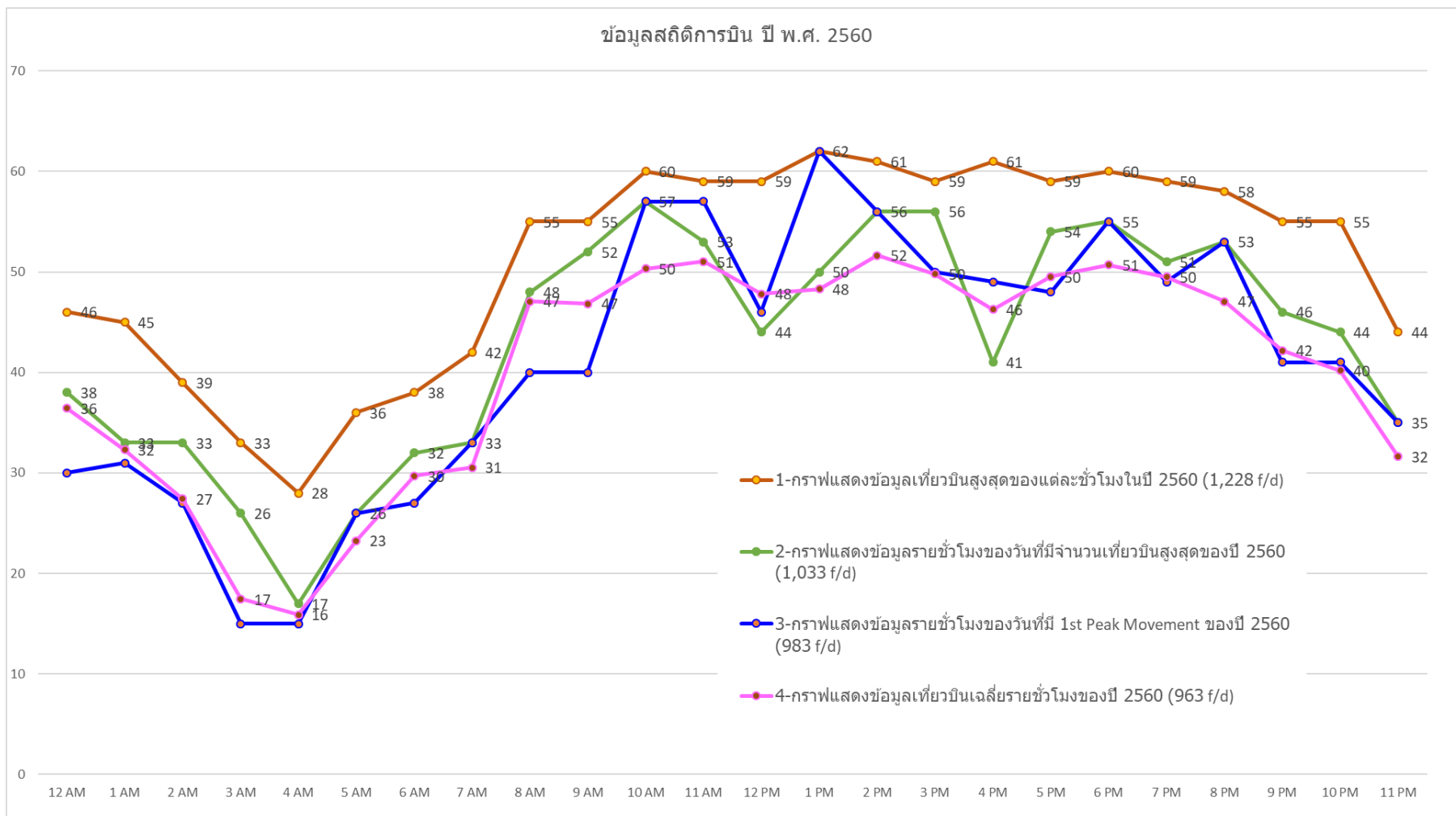


Code E Aircraft

Peak day Hourly Aircraft Movements



Peak day Hourly Aircraft Movements



สรุปสมมุติฐานการประเมินเสียง				
No	สมมุติฐาน	Runway Capacity	จำนวนเที่ยวบินสำหรับรันโมเดลเสียง (เที่ยวบินต่อวัน)	
		(เที่ยวบินต่อชั่วโมง)		
	สมมุติฐานเปิดใช้ทางวิ่งทุกเส้น		ฤดูร้อน	ฤดูหนาว
	กรณีปกติ			
1)	2 ทางวิ่ง (สถานการณ์การบิน ปี 2560)	68	954	979
2)	3 ทางวิ่ง (คาดการณ์เที่ยวบิน ปี 2573)	104	1,412	1,412
3)	4 ทางวิ่ง (คาดการณ์เที่ยวบิน ปี 2578)	136	1,554	1,554
	กรณีเลวร้าย (Peak Hour)			
4)	Peak กรณี 3 ทางวิ่ง	104	1,885	1,885
5)	Peak กรณี 4 ทางวิ่ง	136	2,465	2,465
	สมมุติฐานเปิดใช้ทางวิ่งทุกเส้น			
	กรณี 3 ทางวิ่ง			
6)	ปิดทางวิ่งเส้นที่ 1	68	1,412	1,412
7)	ปิดทางวิ่งเส้นที่ 2	60	1,380	1,380
8)	ปิดทางวิ่งเส้นที่ 3	68	1,412	1,412
	กรณี 4 ทางวิ่ง			
9)	ปิดทางวิ่งเส้นที่ 1	104	1,554	1,554
10)	ปิดทางวิ่งเส้นที่ 2	104	1,554	1,554

Flight Profiles in AEDT 2d

❑ For example:

- BOS to JFK is 162 nmi = stage length 1
- BOS to ORD is 751 nmi = stage length 2
- BOS to LAX is 2263 nmi = stage length 4

Stage Length	Description
1	0-499 nmi
2	500-999 nmi
3	1000-1499 nmi
4	1500-2499 nmi
5	2500-3499 nmi
6	3500-4499 nmi
7	4500-5499 nmi
8	5500-6499 nmi
9	6500-11000 nmi

Choose flight profile:

Drag a column header and drop it here to group by that column					
ID	Name	Operation Type	Profile Type	Stage Length	Weight (lb)
250	ICAO_B	D	Procedural	4	156700
251	ICAO_B	D	Procedural	5	167600
252	ICAO_B	D	Procedural	6	172300
253	STANDARD	D	Procedural	1	133300
254	STANDARD	D	Procedural	2	139200
255	STANDARD	D	Procedural	3	145500
256	STANDARD	D	Procedural	4	156700
257	STANDARD	D	Procedural	5	167600
258	STANDARD	D	Procedural	6	172300

18 of 18 item(s) shown. 0 item(s) selected.

จบการนำเสนอ

ขอบคุณครับ

