บทที่ 3

การทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดอาคาร และวิธีการดำเนินการทดลองสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดแยกเป็นหัวข้อดังนี้

3.1 ข้อมูลเกี่ยวกับอาคารที่ทำการศึกษา
3.2 การสอบเทียบเครื่องวัดระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์
3.3 การตรวจนับจ
ไดออกไซด์ในอาคาร
3.4 การเปรียบเทียบค่าระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์จากการคำนวณกับการวัดจริง
3.5 การประมาณค่าการระบายอากาศแบบตามความต้องการจริง

3.1 ข้อมูลเกี่ยวกับอาคารที่ทำการศึกษา

อาคารที่ทำการศึกษาคือ อาคารสำนักงานใหญ่การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย (อาคาร ปตท.) อาคาร ปตท. เป็นอาคารสำนักงานที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด (Peak Load) ประมาณ 2.5 เมกกะวัตต์ โดยรับกระแสไฟฟ้าจากการไฟฟ้านครหลวงในระบบไฟฟ้า 3 เฟส ขนาด 12 กิโลโวลต์ ผ่านชุดหม้อแปลง 4 ชุด ในส่วนของรายละเอียดทั่วไปที่เกี่ยวกับอาคาร ปตท. แสดงดังตาราง 3.1

ลักษณะของอาคาร ปตท. เป็นอาคารสำนักงาน สูง 24 ชั้น ดังแสดงในรูปที่ 3.1 และด้านหน้าอาคารหันหน้าไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ สำหรับรายละเอียดที่เกี่ยวกับลักษณะอาคารมีดังต่อไปนี้

- ความสูงจากพื้นถึงพื้นของแต่ละชั้น
- ความสูงจากพื้นถึงฝ้าเพดานของแต่ละชั้น
- พื้นที่ใช้สอย
- บันไดหนีไฟ
- ลิฟต์

ตารางที่ 3.1 แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของอาคาร ปตท.

ข้อมูลทั่วไป	รายละเอียด
ชื่ออาคาร	อาคารสำนักงานใหญ่การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย
ที่อยู่	555 ถนนวิภาวดีรังสิต ลาดพร้าว บางเขน กรุงเทพฯ 10900
ที่ตั้ง	ละติจูด 13° 44′ 21″ N ลองติจูด 100° 33′ 44″ E
ลักษณะอาคาร	อาคารสำนักงาน
จำนวนพนักงาน	1,945 คน
เวลาทำงาน	8.00-17.00 น.
ความสูง	24 ชั้น

รูปที่ 3.1 แสดงรูปอาคารสำนักงานใหญ่การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย

1) ความสูงจากพื้นถึงพื้นของแต่ละชั้น

ความสูงจากพื้นถึงพื้น ของแต่ละชั้นในอาคาร ปตท. มีค่าที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงความสูงจากพื้นถึงพื้น ของอาคาร ปตท.

ชั้น	ความสูงจากพื้นถึงพื้น ของอาคาร ปตท. (เมตร)
ชั้นใต้ดิน	4.0
1	5.0
2	5.0
3-24	4.0

2) ความสูงจากพื้นถึงฝ้าเพดาน

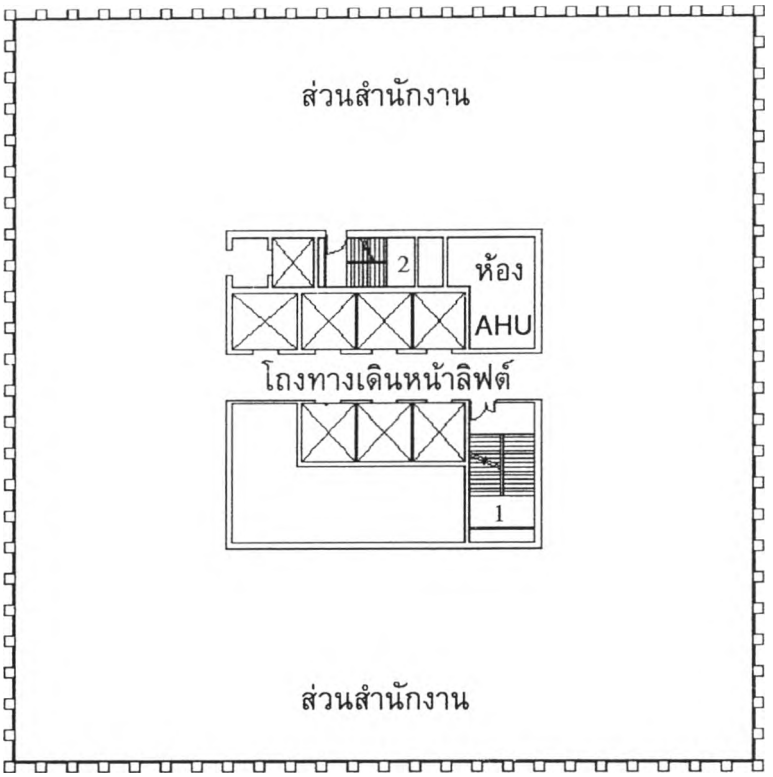
ความสูงจากพื้นถึงฝ้าเพดาน ของแต่ละชั้นในอาคาร ปตท. มีค่าที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 แสดงความสูงจากพื้นถึงฝ้าเพดาน ของอาคาร ปตท.

ชั้น	ความสูงจากพื้นถึงฝ้าเพดาน ของอาคาร ปตท. (เมตร)
ชั้นใต้ดิน	2.5
1	3.5
2	2.5
3-24	2.5

3) พื้นที่ใช้สอย

อาคาร ปตท. เป็นอาคารสูง 24 ชั้น ในแต่ละชั้นมีพื้นที่ใช้สอย 1,340 ตารางเมตร เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 36.6 x 36.6 เมตร ซึ่งมีลักษณะของ Typical Floor Plan ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดง Typical Floor Plan ของอาคาร ปตท.

4) ลิฟต์

ลิฟต์ที่ใช้ในอาคาร ปตท. เป็นลิฟต์ยี่ห้อ OTIS จำนวน 8 ตัว แบ่งตามลักษณะการใช้งานเป็น 4 ชุดดังนี้ ชุดแรกสำหรับชั้น 1-13 เรียกว่า Low Zone Lift ชุดที่สองสำหรับชั้น 13-24 เรียกว่า High Zone Lift ชุดที่สามสำหรับผู้บริหาร และชุดที่สี่สำหรับขนของ ส่วนรายละเอียดอื่นๆ ที่เกี่ยวกับลิฟต์แต่ละชุดแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 แสดงรายละเอียดของลิฟต์ของอาคาร ปตท.

TYPE	จำนวน	ขนาดมอเตอร์ (kW)	CAPACITY (kg)	ความเร็ว (m/min)	ชั้นที่จอด
LOW ZONE LIFT	3	37.3	1,600	210	1-13
HIGH ZONE LIFT	3	24.0	1,600	150	1,2,13-24
EXECUTIVE LIFT	1	15.6	900	150	ชั้นใต้ดิน-24
FREIGHT LIFT	1	24.0	2,000	60	1-24

5) บันไดหนีไฟ

อาคาร ปดท. มีบันไดหนีไฟจำนวน 2 ชุด ซึ่งแต่ละชุดมีรายละเอียดดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 แสดงรายละเอียดของบันไดหนีไฟของอาคาร ปดท.

ชื่อ	ขนาดความกว้าง x ยาว (เมตร x เมตร)	ชั้นที่ต่อเชื่อม
บันไดหนีไฟ 1	3.4 x 5.6	ชั้นใต้ดิน-ชั้นดาดฟ้า
บันไดหนีไฟ 2	2.0 x 4.4	ชั้นใต้ดิน-ชั้นดาดฟ้า

3.2 การสอบเทียบเครื่องวัดระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์

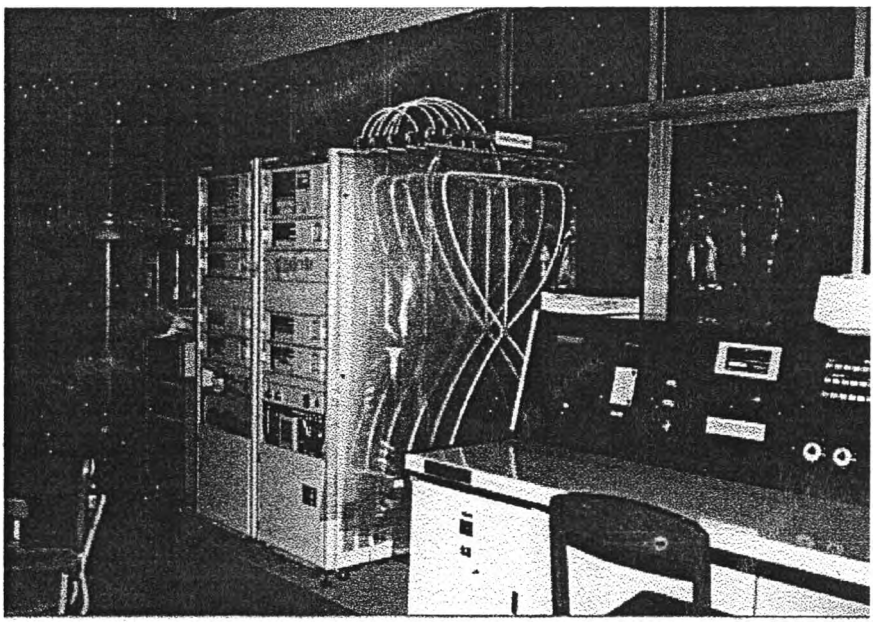
การสอบเทียบเครื่องวัดระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ คือ การเทียบมาตรฐานของค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต้องการสอบเทียบ กับเครื่องวัดระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีมาตรฐานสูง หรือเทียบกับก๊าซคาร์บอนได-ออกไซด์ที่รู้ค่าระดับความเข้มข้นและระดับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์นี้อยู่ในช่วงที่เครื่องวัดสามารถอ่านค่าได้ เพื่อให้ทราบว่าค่าระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ที่อ่านได้จากเครื่องวัดที่ต้องการสอบเทียบมีค่าถูกต้องมากน้อยเพียงใด และต้องปรับแก้ค่าที่อ่านได้เท่าไหร่ถึงจะได้ค่าที่ถูกต้อง

เนื่องจากการสอบเทียบเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับเครื่องมือวัด ดังนั้นเครื่องวัดระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์นี้จึงจำเป็นจะต้องมีการสอบเทียบเพื่อความถูกต้องของค่าที่อ่านได้ สำหรับวิธีการในการสอบเทียบเครื่องวัดของกรณีศึกษาในวิทยานิพนธ์นี้ จะทำการสอบเทียบเครื่องวัดระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต้องการสอบเทียบกับเครื่องวัดระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีมาตรฐานสูง ดังจะกล่าวในส่วนต่อไปโดยแบ่งเป็นหัวข้อย่อยดังนี้

- ขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องวัดระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์
- ผลการสอบเทียบเครื่องวัดระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์

3.2.1 ขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องวัดระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์

สำหรับในส่วนนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องวัดระดับความเข้มข้นคาร์บอน-ไดออกไซด์ที่ใช้วัดในอาคาร ปตท. ซึ่งเป็นเครื่องวัดระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ยี่ห้อ TELAIRE รุ่น 1050 จำนวน 2 เครื่อง นำมาสอบเทียบกับเครื่องวัดระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีมาตรฐานสูงยี่ห้อ HORIBA รุ่น CVS-9300T (รูปที่ 3.3)



รูปที่ 3.3 แสดงเครื่องวัดระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์
ยี่ห้อ HORIBA รุ่น CVS-9300T

ขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องวัดระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ จะมีรายละเอียดดังนี้

1) เตรียมอุปกรณ์ดังรูปที่ 3.4 โดยบรรจุเครื่องวัด TELAIRE-1050 จำนวน 2 เครื่อง ในกล่องปิดที่มีท่ออากาศด้านหนึ่งต่อกับอากาศภายนอกอาคารที่ไม่มีแหล่งกำเนิดคาร์บอน-ไดออกไซด์ อีกด้านของกล่องต่อท่ออากาศเข้าทางเข้าเครื่อง HORIBA

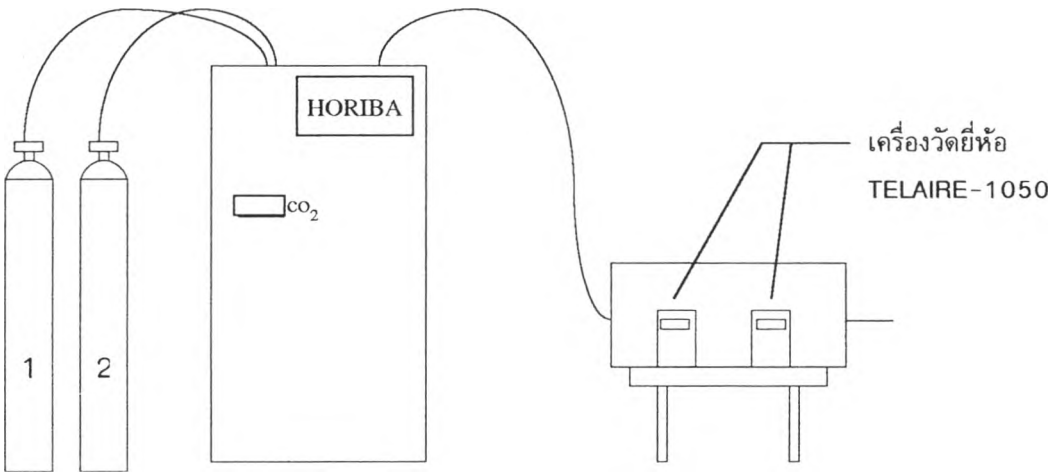
2) ทำการสอบเทียบเครื่อง HORIBA โดย

- เปิดปั๊มดูดอากาศตัวอย่างจากถังก๊าซเบอร์ 1 และกดปุ่ม CAL เพื่อทำการปรับค่าศูนย์ ทำให้เครื่อง HORIBA อ่านค่าก๊าซจากถังก๊าซเบอร์ 1 ได้ ศูนย์ แล้วปิดปั๊มดูด

- เปิดปั๊มดูดอากาศตัวอย่างจากถังก๊าซเบอร์ 2 แล้วอ่านค่า เพื่อนำไปคำนวณปรับค่าที่อ่านได้จากเครื่องเป็นค่าจริง แล้วปิดปั๊มดูด

3) ทำการสอบเทียบเครื่อง TELAIRE-1050 โดย

- เปิดปั๊มดูดอากาศตัวอย่างจากภายนอกอาคารโดยเครื่อง HORIBA จะทำการดูดอากาศจากภายนอกอาคารที่ไม่มีแหล่งกำเนิดคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านท่อเข้ากล่องปิดที่บรรจุเครื่อง TELAIRE-1050 แล้วผ่านเข้าเครื่อง HORIBA อ่านค่าจากเครื่อง TELAIRE-1050 ทั้ง 2 เครื่อง และเครื่อง HORIBA โดยอ่านค่าทุกๆ 1 นาที



รูปที่ 3.4 แสดงรูปจำลองการต่ออุปกรณ์ในการสอบเทียบเครื่องวัดระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์

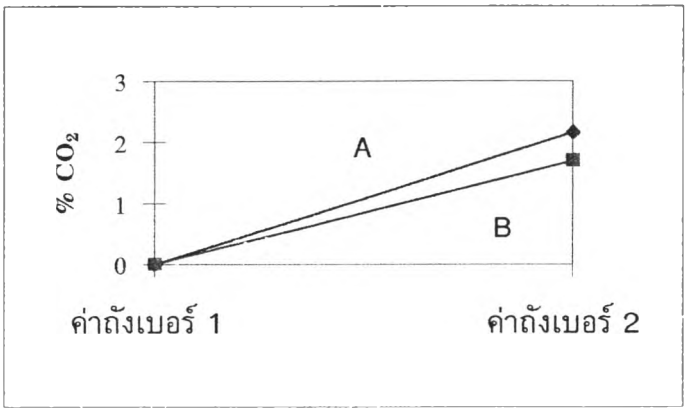
3.2.2 ผลการสอบเทียบเครื่องวัดระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์

จากการทำการสอบเทียบเครื่องวัดระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ยี่ห้อ TELAIRE รุ่น 1050 ทั้ง 2 เครื่อง กับเครื่องวัดระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์มาตรฐานสูงยี่ห้อ HORIBA รุ่น CVS-9300T จะได้ผลดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 แสดงผลการอ่านค่าระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์จาก เครื่อง TELAIRE-1050 กับเครื่อง HORIBA

ครั้งที่	เครื่องวัด TELAIRE-1050		เครื่องวัด HORIBA รุ่น CVS-9300T (ppm)
	NO.1 (ppm)	NO.2 (ppm)	
1	310	482	510
2	308	478	490
3	302	472	500
4	303	473	500
5	303	474	500
6	302	474	490
7	303	474	490
8	304	475	490
9	303	475	500
10	304	476	500

และจากการอ่านค่าของก๊าซถังเบอร์ 2 ได้ค่าเท่ากับ 2.160 % CO_2 ซึ่งถังเบอร์ 2 นี้มีค่าจริงเท่ากับ 1.705 % CO_2 ทำให้ทราบว่าค่าที่อ่านได้จากเครื่อง HORIBA จะอยู่บนเส้น A และค่าระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์จริงจะอยู่บนเส้น B ในรูปที่ 3.5 ฉะนั้นจะต้องปรับค่าที่อ่านได้จากเครื่อง HORIBA (เส้น A) เป็นค่าจริงในเส้น B ในรูปที่ 3.5 โดยมีอัตราส่วนค่าระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์จริงต่อค่าที่อ่านจากเครื่อง HORIBA เท่ากับ 0.789 ซึ่งผลการปรับค่าที่อ่านได้จาก HORIBA กับผลการสอบเทียบของเครื่อง TELAIRE-1050 แสดงในตารางที่ 3.7



รูปที่ 3.5 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่าระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ที่อ่านได้จากเครื่อง HORIBA กับค่าความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์จริง

ตารางที่ 3.7 แสดงผลการปรับค่าเครื่องวัด HORIBA และผลการสอบเทียบเครื่องวัดระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ TELAIRE-1050

ครั้งที่	ค่าจริงที่ปรับจากเครื่อง HORIBA (ppm)	เครื่องวัด TELAIRE-1050	
		NO.1 (ppm)	NO.2 (ppm)
1	402.6	92.6	-79.4
2	386.8	78.8	-91.2
3	394.7	92.7	-77.3
4	394.7	91.7	-78.3
5	394.7	91.7	-79.3
6	386.8	84.8	-87.2
7	386.8	83.8	-87.2
8	386.8	82.8	-88.2
9	394.7	91.7	-80.3
10	394.7	90.7	-81.3
	เฉลี่ย	88.1	-83.0

ดังนั้นจากการทำการสอบเทียบจะพบว่า เครื่องวัดระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออก-ไซด์ ยี่ห้อ TELAIRE-1050 จะต้องทำการปรับค่าจากที่อ่านได้จริงดังนี้

- เครื่องวัด TELAIRE-1050 NO.1

ค่าระดับความเข้มข้น CO_2 จริง = ค่าที่อ่านได้จริง + 88.1 ppm

- เครื่องวัด TELAIRE-1050 NO.2

ค่าระดับความเข้มข้น CO_2 จริง = ค่าที่อ่านได้จริง - 83.0 ppm

3.3 การตรวจนับจำนวนผู้อยู่อาศัยและวัดค่าที่ใช้ทำนายระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ในอาคาร

การตรวจนับจำนวนผู้อยู่อาศัยและวัดค่าที่ใช้ทำนายระดับคาร์บอนไดออกไซด์ในอาคารสำนักงานใหญ่การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย มีวัตถุประสงค์เพื่อนำผลที่ได้มาทำการคำนวณเพื่อทำนายระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ภายในอาคาร ปตท. โดยใช้โปรแกรม ASCOS ร่วมกับสมการคำนวณหาระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์(สมการ 2.10)ในการคำนวณ และทำการเปรียบเทียบผลการวัดกับผลที่ได้จากการคำนวณว่าถูกต้องหรือไม่ และนำวิธีการคำนวณนี้มาใช้คำนวณหาความคุ้มทุนในการเปลี่ยนระบบการระบายอากาศจากระบบ Constant Volume มาเป็นระบบ Demand Control Ventilation ต่อไป และเพื่อให้เห็นภาพรวมของการตรวจนับจำนวนผู้อยู่อาศัยและวัดค่าที่ใช้ทำนายระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ในอาคาร ปตท. ผู้อ่านสามารถอ่านจากตารางที่ 3.8 ซึ่งในการทำการวัดจะทำการวัดในส่วนบน, ส่วนกลาง, ส่วนล่าง ของอาคาร ปตท. เพื่อเป็นการตรวจสอบผลการคำนวณในระดับความสูงที่แตกต่างกัน ว่ามีความถูกต้องแม่นยำหรือไม่

ในส่วนต่อไปจะกล่าวถึงรายละเอียดการตรวจนับจำนวนผู้อยู่อาศัยและวัดค่าที่ใช้ทำนายระดับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในอาคาร ปตท. โดยแบ่งเป็นข้อย่อยดังนี้

- เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดค่าที่ใช้ทำนายระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ในอาคาร

- วิธีการตรวจนับจำนวนผู้อยู่อาศัยและวัดค่าที่ใช้ทำนายระดับความเข้มข้นคาร์บอน-ไดออกไซด์ในอาคาร

ตารางที่ 3.8 แสดงค่าที่ทำการตรวจวัดเพื่อใช้ทำนายระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ในอาคาร ปตท.

ค่าที่ทำการตรวจวัด	วิธีการตรวจวัด	อุปกรณ์ที่ใช้วัด
1. ระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์	1.1 วัดระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ที่ช่อง Return Air ในชั้นที่ทำการตรวจวัด 1.2 วัดระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ภายนอกอาคารที่ดาดฟ้าของอาคาร 1.3 วัดระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ที่บริเวณบันไดหนีไฟ 1.4 วัดระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ที่บริเวณหน้าลิฟต์	TELAIRE-1050 (รูปที่ 3.6)
2. อุณหภูมิกระเปาะแห้ง	2.1 วัดค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งภายในชั้นที่ทำการตรวจวัด 2.2 วัดค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารที่ดาดฟ้าของอาคาร 2.3 วัดอุณหภูมิกระเปาะแห้งภายในบันไดหนีไฟ	เครื่อง TESTO 450 (รูปที่ 3.7)
3. อัตราการไหลของอากาศ	3.1 วัดความเร็วลมที่ช่อง Fresh Air ในชั้นที่ทำการตรวจวัด	เครื่อง TESTO 450 (รูปที่ 3.8)
4. จำนวนคน	4.1 นับจำนวนคนทุกๆ ครึ่งชั่วโมงในชั้นที่ทำการตรวจวัด 4.2 นับจำนวนคนสูงสุดในแต่ละชั้น	-

3.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดค่าที่ใช้ทำนายระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ในอาคาร

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดค่าที่ใช้ทำนายระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ในอาคาร โดยเครื่องมือที่ใช้มี 3 ชนิดดังนี้

- เครื่องวัดระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์
- เครื่องวัดอุณหภูมิ
- เครื่องวัดความเร็วลม

1) เครื่องวัดระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์

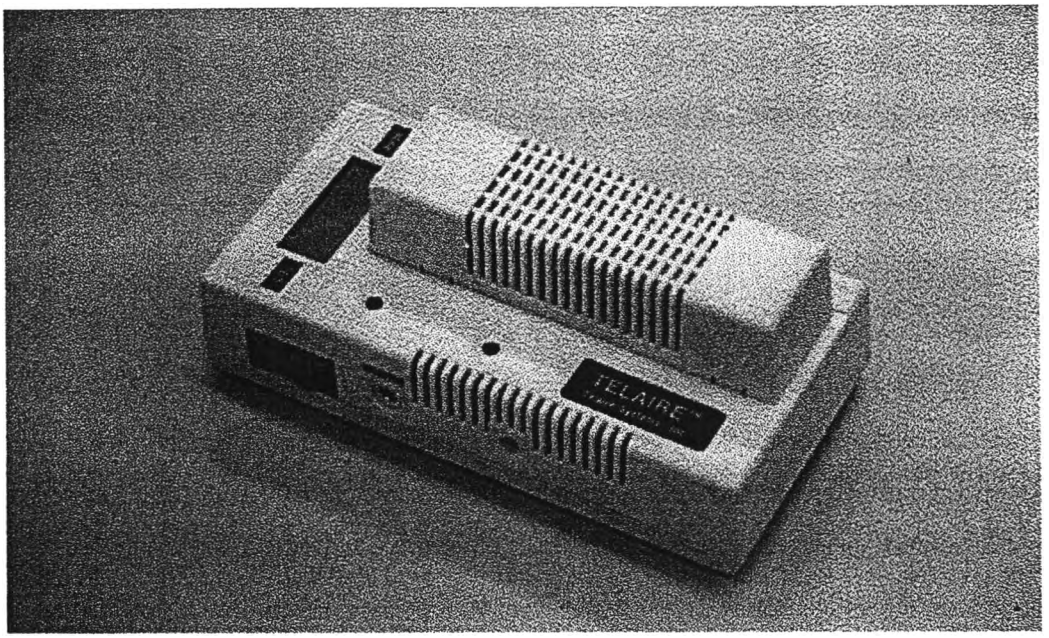
เครื่องวัดระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใช้วัดที่อาคาร ปดท. เป็นเครื่องวัดระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ยี่ห้อ TELAIRE รุ่น 1050 ซึ่งมีรูปร่างลักษณะแสดงไว้ในรูปที่ 3.6 การแสดงผลของค่าที่วัดได้แสดงทางหน้าจอแบบดิจิตอล ซึ่งค่าสามารถอ่านได้ทันที มีหน่วยเป็น ส่วนในล้านส่วน (ppm) สามารถอ่านค่าระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ได้ตั้งแต่ 0-2,000 ppm

2) เครื่องวัดอุณหภูมิ

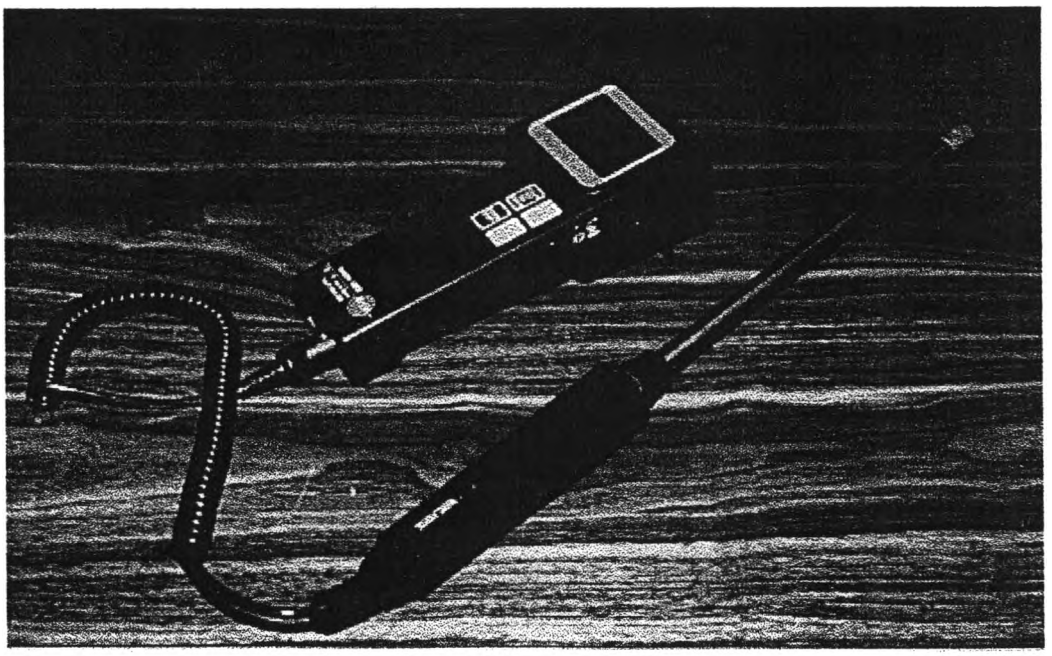
เครื่องวัดอุณหภูมิที่ใช้วัดที่อาคาร ปดท. เป็นเครื่องวัดยี่ห้อ Testo รุ่น 450 พร้อมหัววัดอุณหภูมิ ซึ่งมีรูปร่างลักษณะแสดงไว้ในรูปที่ 3.7 สามารถวัดอุณหภูมิกระเปาะแห้งมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์มีหน่วยเป็น เปอร์เซ็นต์ โดยการแสดงผลของค่าที่วัดได้แสดงทางหน้าจอแบบดิจิตอล

3) เครื่องวัดความเร็วลม

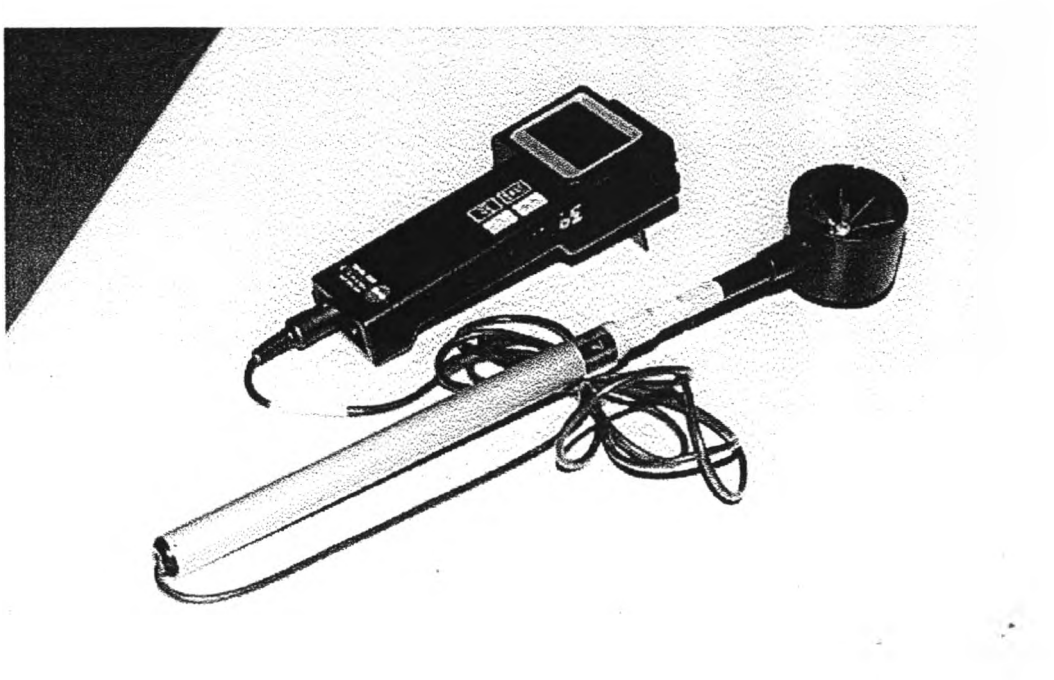
เครื่องวัดความเร็วลมที่ใช้วัดที่อาคาร ปดท. เป็นเครื่องวัดยี่ห้อ Testo รุ่น 450 พร้อมหัววัดความเร็วลม ซึ่งมีรูปร่างลักษณะแสดงไว้ในรูปที่ 3.8 สามารถวัดความเร็วลมมีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที สามารถบอกค่าสูงสุด, ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของความเร็วลมขณะวัดได้ โดยการแสดงผลของค่าที่วัดได้ แสดงทางหน้าจอแบบดิจิตอล



รูปที่ 3.6 แสดงเครื่องวัดระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์



รูปที่ 3.7 แสดงเครื่องวัดอุณหภูมิกระเปาะแห้ง



รูปที่ 3.8 แสดงเครื่องมือวัดอัตราการไหลของอากาศ

3.3.2 วิธีการตรวจนับจำนวนผู้อยู่อาศัย และวัดค่าที่ใช้ทำนายระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์

การตรวจนับจำนวนผู้อยู่อาศัย และวัดค่าที่ใช้ทำนายระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ในอาคารได้กระทำในอาคารการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย(ปตท.) ซึ่งอาคาร ปตท. เป็นอาคารสำนักงานที่มีระบบปรับอากาศที่ไม่ซับซ้อน และมีจำนวนคนที่พอเหมาะกับพื้นที่ใช้สอยจำนวนคนไม่มากหรือน้อยเกินไป ค่าที่ต้องการทำการตรวจนับจำนวนผู้อยู่อาศัย และวัดค่าที่ใช้ทำนายระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ในอาคารจะแบ่งออกเป็น 4 ส่วนดังนี้

- ระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์
- จำนวนคน
- อุณหภูมิกระเปาะแห้ง
- อัตราการไหลของอากาศ

ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดวิธีการตรวจนับจำนวนผู้อยู่อาศัย และวัดค่าที่ใช้ทำนายระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ในอาคาร ปตท. ดังนี้

1) ระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์

ระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ ใช้เครื่อง TELAIRE-1050 ทำการวัด โดยวัดค่าทั้งหมด 3 ตำแหน่งดังนี้

- วัดค่าระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ภายในอาคารที่ช่องลมกลับ (Return Air) ดังแสดงในรูปที่ ข.1 ของภาคผนวก ข ซึ่งค่าที่ได้จะเป็นตัวแทนของระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นที่ทำการตรวจวัด โดยทำการวัดระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ทุกๆครึ่งชั่วโมง ตั้งแต่เช้าของวันถึงเย็นของวันนั้น และทุก 15 นาทีในช่วงเวลา 11.30-13.00 น.

- วัดค่าระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ภายนอกอาคาร โดยวัดระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ที่ชั้นดาดฟ้าของอาคาร ปดท. ทุกๆชั่วโมง ซึ่งค่าความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ภายนอกอาคารจะมีค่าใกล้เคียงกันในระดับความสูงที่แตกต่างกันของอาคาร ปดท. ซึ่งผลการวัดเปรียบเทียบระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ภายนอกอาคารที่ชั้นล่างและชั้นดาดฟ้าของอาคาร ปดท. แสดงในภาคผนวก ค

- วัดค่าระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ที่บริเวณบันไดหนีไฟในชั้นที่ทำการตรวจวัดทั้ง บันไดหนีไฟที่ 1 และ บันไดหนีไฟที่ 2 ดังแสดงในรูปที่ ข.3 ของภาคผนวก ข

- วัดค่าระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ที่บริเวณหน้าลิฟต์ในชั้นที่ทำการตรวจวัด ดังแสดงในรูปที่ ข.3 ของภาคผนวก ข

2) จำนวนคน

การนับจำนวนคนในอาคาร ปดท. ได้ทำการนับจำนวนคนดังนี้

- นับจำนวนคนในชั้นที่ทำการตรวจวัดระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ทุกครึ่งชั่วโมงตั้งแต่เช้าของวันถึงเย็นของวันนั้น และนับจำนวนคนทุก 15 นาทีในช่วงเวลา 11.30-13.00 น. โดยทำการเดินนับจำนวนคนที่มีอยู่จริงตลอดทั้งชั้นที่ทำการตรวจวัดในตอนเช้าเวลาประมาณ 7.00 น. ซึ่งในขณะเดินนับจำนวนคนจะมีคนเฝ้านับจำนวนคนอยู่ที่ทางเข้าออกของชั้นนั้น และจากนั้นจะทำการนับจำนวนคนบริเวณทางเข้าออกของชั้นนั้นตลอดทั้งวัน โดยจะนับ

จำนวนคนที่เข้าและออกในชั้นนั้นมาบวกและลบจากจำนวนคนที่นับได้ในตอนเช้า และในตอนเที่ยงซึ่งมีจำนวนคนอยู่ไม่มากจะทำการเดินนับจำนวนคนตลอดทั้งชั้นที่ทำการตรวจวัดอีก เพื่อเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของจำนวนคนที่นับอีกครั้ง โดยในขณะเดินนับจำนวนคนจะมีคนเฝ้านับจำนวนคนอยู่ที่ทางเข้าออกของชั้นนั้นอยู่ตลอดเวลา

- นับจำนวนคนสูงสุดในทุกๆชั้นของอาคาร ปตท. โดยนับจำนวนโต๊ะทำงานของพนักงานในแต่ละชั้นของอาคาร ปตท.

3) อุณหภูมิกระเปาะแห้ง

การวัดอุณหภูมิกระเปาะแห้งภายในและภายนอกอาคาร ปตท. ได้ทำการวัดอุณหภูมิกระเปาะแห้งโดยใช้เครื่องวัด Testo รุ่น 450 และมีรายละเอียดการวัดดังนี้

- วัดค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งภายในอาคาร การวัดค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งภายในอาคาร ได้ทำการวัดอุณหภูมิกระเปาะแห้งภายในอาคารในชั้นที่ทำการตรวจวัดค่าระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อเป็นตัวแทนอุณหภูมิภายในอาคารของชั้นที่ทำการตรวจวัดค่าความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ ดังแสดงในรูปที่ ข.5 ของภาคผนวก ข

- วัดค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคาร ได้ทำการวัดค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารที่ชั้นดาดฟ้าของอาคาร ปตท. ดังแสดงในรูปที่ ข.4 ของภาคผนวก ข

- วัดค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งภายในบันไดหนีไฟได้ทำการวัดค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งภายในบันไดหนีไฟทั้งบันไดหนีไฟที่ 1 และบันไดหนีไฟที่ 2 ดังแสดงในรูปที่ ข.5 ของภาคผนวก ข

4) อัตราการไหลของอากาศ

- อัตราการไหลของอากาศ จะทำการวัดความเร็วลมที่ช่อง Fresh Air ในชั้นที่ทำการตรวจวัดระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ โดยใช้เครื่องวัดความเร็วลม Testo รุ่น 450 ทำการวัด เพื่อหาอัตราการไหลของอากาศที่ช่อง Fresh Air ดังแสดงในรูปที่ ข.6 ของภาคผนวก ข

3.4 การเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์จากการคำนวณกับการวัดจริง

การเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์จากการคำนวณกับการวัดจริงนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของวิธีการคำนวณหาค่าความเข้มข้นคาร์บอน-ไดออกไซด์ในอาคาร ซึ่งในวิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการคำนวณหาค่าระดับความเข้มข้นคาร์บอน-ไดออกไซด์ภายในอาคารที่เวลาใดๆ ณ อาคาร ปดท. โดยใช้โปรแกรม ASCOS ร่วมกับสมการที่ 2.10 ในการคำนวณ โดยมีรายละเอียดการคำนวณหาระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ดังนี้

- ทำการ RUN โปรแกรม ASCOS
- คำนวณหาระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์

1. ทำการ RUN โปรแกรม ASCOS

การ RUN โปรแกรม ASCOS มีจุดประสงค์เพื่อหาปริมาณการไหลของอากาศระหว่างชั้นรวมถึงการรั่วของอากาศจากภายนอกอาคารที่ไหลเข้ามายังชั้นที่พิจารณา แล้วนำผลลัพธ์ปริมาณการไหลของอากาศที่ได้มาคำนวณหาระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ภายในอาคาร โดยในการ RUN โปรแกรม ASCOS จะใช้ข้อมูลดังนี้คือ

- อุณหภูมิของอากาศภายนอกอาคารเป็นรายชั่วโมงของวันที่ทำการคำนวณ
- อุณหภูมิภายในอาคารเฉลี่ยในชั้นที่ทำการวัดของวันที่ทำการคำนวณ
- อุณหภูมิในช่องบันไดหนีไฟเฉลี่ยของวันที่ทำการคำนวณ
- ข้อมูลกรอบอาคารจริง

ซึ่งตัวอย่าง Input File แสดงในภาคผนวก ง และผลการ RUN โปรแกรม ASCOS แสดงในภาคผนวก จ

2. คำนวณหาระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์

การคำนวณหาระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์นั้น ทำการคำนวณโดยใช้สมการที่ 2.10 คือ

$$C(t) = C_v + (C_o - C_v) \cdot e^{-\frac{Q_v \cdot t}{V}} + \frac{G \cdot 10^6}{Q_v} \cdot \left(1 - e^{-\frac{Q_v \cdot t}{V}}\right)$$

ซึ่งในการคำนวณจะทำการคำนวณตั้งแต่เช้าถึงเย็นของวันที่ทำการวัด โดยแทนค่าที่ใช้คำนวณดังนี้

- ระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์(C_v) เป็นค่าระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยจากทุกๆ แหล่งที่ไหลเข้ามาในชั้นที่พิจารณา โดยใช้สมการที่ 2.12 ในการคำนวณหาค่าความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์จากทุกๆแหล่ง ซึ่งแหล่งของความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ที่ไหลเข้ามาในชั้นที่พิจารณา จะประกอบไปด้วย Fresh Air, อากาศที่รั่วจากภายนอกอาคาร, อากาศที่ไหลมาจากบันไดหนีไฟ, อากาศที่ไหลมาจากปล่องลิฟต์

- ระดับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์เริ่มต้น(C_o) เป็นค่าระดับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์เริ่มต้นการคำนวณ โดยในการคำนวณครั้งแรกของวันจะใช้ค่าระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ที่วัดได้จริงในอาคารในการวัดครั้งแรกของวันเป็นค่าเริ่มต้นของการคำนวณและในการคำนวณครั้งต่อไปจะใช้ค่าระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ที่คำนวณได้ในชั่วโมงที่ผ่านมา เป็นค่าความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์เริ่มต้นของการคำนวณครั้งนั้น

- อัตราการไหลของอากาศระบาย(Q_v) เป็นอัตราการไหลของอากาศภายนอกภายนอกอาคารรวมที่ได้ไหลเข้ามาในชั้นที่พิจารณา ซึ่งได้มาจากผลการ RUN โปรแกรม ASCOS ในข้อที่ 1)

- ปริมาตรรวมของห้อง(V) เป็นปริมาตรของชั้นที่พิจารณา ซึ่งไม่รวมปริมาตรของช่องลิฟต์ และช่องบันไดหนีไฟ

- ปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตขึ้น(G) มีค่าเท่ากับ 10.59×10^{-3} cfm/คน ซึ่งจำนวนคนที่นำมาใช้ในการคูณ จะใช้ค่าจำนวนคนที่อาศัยอยู่ในอาคารซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการนับจริงในขณะเริ่มต้นการคำนวณในแต่ละครั้ง

- เวลา(t) เป็นเวลานับตั้งแต่เริ่มต้นในการคำนวณในแต่ละครั้งจนถึงเวลาที่ต้องการทำนายค่าระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละครั้ง

เมื่อได้ผลลัพธ์การคำนวณค่าระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์แล้วจะนำผลลัพธ์ที่ได้มาทำการเปรียบเทียบกับผลจากการวัดค่าระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ที่วัดจริงในอาคาร เพื่อตรวจสอบหาความถูกต้องของวิธีการคำนวณหาค่าระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ในอาคารว่าถูกต้องหรือไม่

3.5 การประมาณค่าการระบายอากาศแบบตามความต้องการจริง

การหาความคุ้มทุนในการใช้ตัวตรวจรู้คาร์บอนไดออกไซด์ในการควบคุมปริมาณการระบายอากาศให้เป็นแบบตามความต้องการจริงมีความจำเป็นที่จะต้องทราบถึงพฤติกรรมการเปิดและปิดพัดลมของระบบระบายอากาศ DCV ตลอดทั้งปี ซึ่งในวิทยานิพนธ์นี้ได้สมมุติให้อาคาร ปตท. เป็นการระบายอากาศแบบตามความต้องการจริงโดยใช้ตัวตรวจรู้คาร์บอนไดออกไซด์ในการควบคุมการระบายอากาศ โดยติดตั้งตัวตรวจรู้คาร์บอนไดออกไซด์ไว้ในชั้นที่ 3 ถึงชั้นที่ 24 จำนวนชั้นละ 1 เครื่อง และเปิดพัดลมระบายอากาศทิ้งคงที่ที่ 1,000 ลบ.ฟุตต่อนาที และพัดลม Fresh Air ขนาด 800 ลบ.ฟุตต่อนาที จำนวน 1 เครื่อง จะเปิดเมื่อระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ภายในอาคารสูงเกินกว่า 600 ppm แต่ไม่เกิน 800 ppm และเปิดพัดลม Fresh Air ขนาด 800 ลบ.ฟุตต่อนาที จำนวน 2 เครื่อง เมื่อระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ภายในอาคารสูงกว่า 800 ppm ขึ้นไป

พฤติกรรมการเปิดและปิดพัดลมของระบบระบายอากาศแบบ DCV ในวิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการคำนวณโดยมีขั้นตอนการคำนวณดังแสดงในรูปที่ 3.9 และใช้ข้อมูลดังนี้

1) โปรแกรมสำเร็จรูป ASCOS เป็นโปรแกรมที่คำนวณหาอัตราการไหลอากาศภายในอาคารรวมถึงอัตราการรั่วของอากาศจากภายนอกอาคาร

2) สมการหาระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ภายในอาคารคือ

$$C(t) = C_v + (C_o - C_v)\cdot e^{-\frac{Q_v \cdot t}{V}} + \frac{G\cdot 10^6}{Q_v}\cdot\left(1 - e^{-\frac{Q_v \cdot t}{V}}\right)$$

3) ข้อมูลอากาศรายชั่วโมงจริงของกรุงเทพฯ ในปี 2534 ซึ่งประกอบด้วย อุณหภูมิของอากาศภายนอกอาคาร, ความชื้นจำเพาะของอากาศภายนอกอาคาร, ความเร็วลม

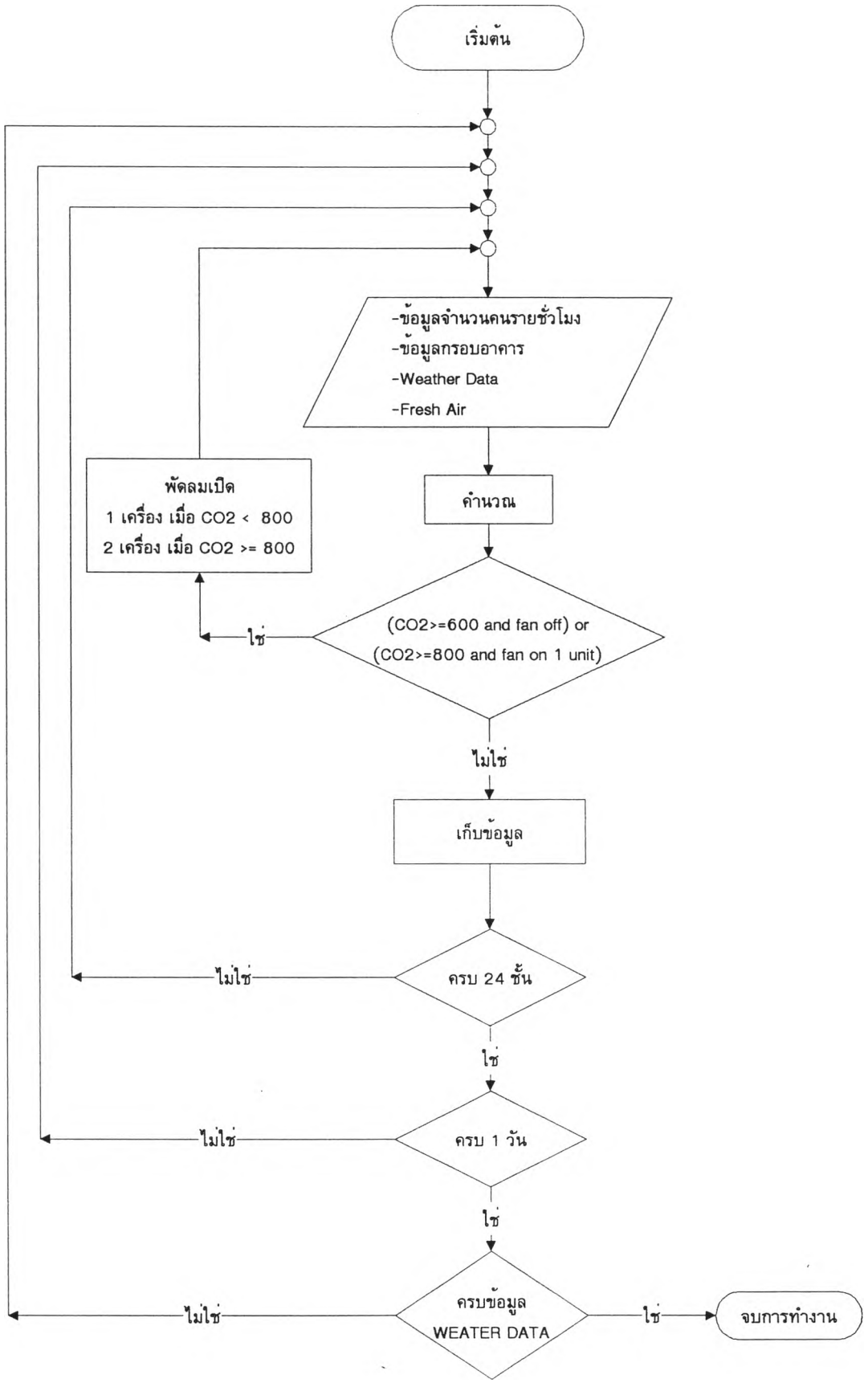
4) ระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ภายนอกอาคาร ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากผลการวัดระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ภายนอกอาคาร ปตท. จริงโดยใช้ข้อมูลจากการวัดระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ทุกครั้งตลอดทั้งวันนำมาเฉลี่ย โดยมีผลค่าเฉลี่ยระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ภายนอกอาคารเท่ากับ 414.3 ppm

5) จำนวนคนในอาคารทุกชั้นเป็นรายชั่วโมง ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากผลการนับจำนวนคนจริงในอาคาร ปตท. โดยให้ค่าที่นับได้สูงสุดในการนับจำนวนคนในชั้นที่ทำการวัดในแต่ละวัน มีค่าเท่ากับ 100 % แล้วเทียบค่าจำนวนคนที่นับได้กับจำนวนคนที่นับได้สูงสุดมาเป็นเปอร์เซ็นต์ในแต่ละวัน แล้วเฉลี่ยค่าเปอร์เซ็นต์ของจำนวนคนที่ได้เป็นรายชั่วโมง ซึ่งมีผลการเฉลี่ยดังแสดงรูปที่ 3.10 แล้วนำค่าเฉลี่ยที่ได้คูณกับจำนวนคนสูงสุดในแต่ละชั้นจะทำให้ได้ค่าจำนวนคนเป็นรายชั่วโมง

6) สมการหาค่าระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ที่มาจากหลายแหล่ง คือ

$$C_{mix} = \frac{Q_1 \cdot C_1 + Q_2 \cdot C_2 + \ldots + Q_n \cdot C_n}{(Q_1 + Q_2 + \ldots + Q_n)}$$

สมการนี้ใช้หาค่าระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ภายในบันไดหนีไฟและปล่องลิฟต์ ซึ่งในประเทศไทยเป็นประเทศเมืองร้อน ดังนั้นจะมีการไหลของอากาศในชั้นบริเวณส่วนบนของอาคารเข้ามาทางบันไดหนีไฟและปล่องลิฟต์ ผสมกันแล้วไหลเข้ามาในชั้นบริเวณส่วนล่างของอาคาร และสมการนี้ยังใช้หาค่าระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์ภายนอกที่จะไหลเข้ามาในชั้นที่พิจารณาซึ่งมาจากหลายแหล่งจะประกอบไปด้วย Fresh Air, อากาศรั่วจากภายนอก, อากาศที่ไหลมาจากบันไดหนีไฟ, อากาศที่ไหลมาจากปล่องลิฟต์



รูปที่ 3.9 แสดงขั้นตอนการคำนวณการประมาณการระบบระบายอากาศแบบ DCV

รูปที่ 3.10 กราฟแสดงพฤติกรรมของผู้อยู่อาศัยภายในอาคาร ปตท.