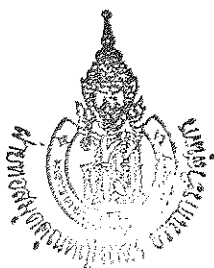


การวิเคราะห์หาปริมาณมลสาร (แก๊ส) ในอากาศโดยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectrometry (FTIR)
Quantitative Analysis of Air Pollutants (gases) by Fourier Transform Infrared Spectrometric Method



วรากร วิศพันธ์
Warakorn Witsapan

Order Key ๘๔๗๙๘
BIB Key 168561

๗
เลขหมู่ TD883.7.T5256 ๖46 2542 ค.๒
เลขรหัสเก็บ.....
๕๕ พ.ย. 25๔๗

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีวิเคราะห์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
Master of Science Thesis in Analytical Chemistry
Prince of Songkla University

2542

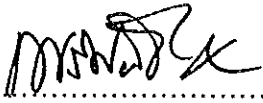
ชื่อวิทยานิพนธ์ การวิเคราะห์หาปริมาณมลสาร (แก๊ส) ในอากาศโดยเทคนิค
Fourier Transform Infrared Spectrometry (FTIR)

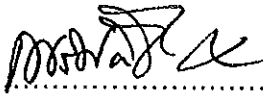
ผู้เขียน นายวรากร วิศพันธ์

สาขาวิชา เคมีวิเคราะห์

คณะกรรมการที่ปรึกษา


คณะกรรมการสอบ

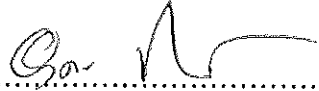
.....ประธานกรรมการ

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. เปริศพิชญ์ คณาธารณา)

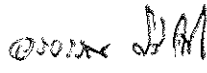
(รองศาสตราจารย์ ดร. เปริศพิชญ์ คณาธารณา)

.....กรรมการ

.....กรรมการ

(ดร. อุดม จริงจิตร)

(ดร. อุดม จริงจิตร)

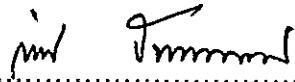
.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรวรรณ ศิริชาติ)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชاکริต ทองอุไร)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีวิเคราะห์

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร. ก้าน จันท์พรหมมา)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์ การวิเคราะห์หาปริมาณมลสาร (แก๊ส) ในอากาศโดยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectrometry (FTIR)
ผู้เขียน นายวรากร วิศพันธ์
สาขาวิชา เคมีวิเคราะห์
ปีการศึกษา 2542

บทคัดย่อ

จากการศึกษาวิจัยหาปริมาณของแก๊สมลพิษสี่ชนิด คือคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) มีเทน (CH₄) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ระหว่างเดือน เมษายน 2540 - ตุลาคม 2541 โดยเก็บตัวอย่างอากาศจาก 8 จุดเก็บตัวอย่าง จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 เป็นบริเวณที่มีการจราจรเบาบาง ส่วนจุดเก็บตัวอย่างอื่น ๆ อีก 7 จุด เป็นบริเวณที่มีการจราจรคับคั่ง การวิเคราะห์หาปริมาณโดยใช้วิธีฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรเมตรี (Fourier Transform Infrared Spectrometry : FTIR) และวิธีคัลเลอริเมตริก การวิเคราะห์หาปริมาณ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) มีเทน (CH₄) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) โดย FTIR ทำได้โดยการใช้ถุงเก็บอากาศทำการเก็บตัวอย่างอากาศในระดับความสูง 1.50 - 1.60 เมตร จากพื้นแล้วนำมาวิเคราะห์โดย FTIR ร่วมกับการใช้โปรแกรม Bomem Easy Version 1.50 ส่วนวิธีคัลเลอริเมตริกใช้วิธี TGS-ANSA สำหรับไนโตรเจนไดออกไซด์ และใช้วิธีพาราโรซานิลีน สำหรับการวิเคราะห์ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยวิธีการเก็บตัวอย่างอากาศผ่านสารละลายตัวจับของ TGS (triethanolamine, guaiacol และ sodium metabisulfite) และสารละลายของ TCM (potassium tetrachloromercurate) เป็นสารละลายตัวจับแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตามลำดับ ใน Midget Bubbler ขนาด 30 มิลลิลิตร โดยเก็บตัวอย่างอากาศปริมาตร 18 ลิตร ในเวลา 1 ชั่วโมง

จากการศึกษาวิจัยโดยวิธี FTIR ในเวลาทุกชั่วโมงเป็นเวลา 24 ชั่วโมงพบว่าพิสัยของคาร์บอนมอนอกไซด์ อยู่ระหว่าง 18 - 355 ส่วนในร้อยล้านส่วน (part per hundred million, pphm) และไนโตรเจนไดออกไซด์ อยู่ระหว่าง 0.6 - 2.9 pphm มีเทนอยู่ระหว่าง 28 - 135 pphm สำหรับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีค่าน้อยต่ำกว่าความสามารถของ FTIR จะวัดได้ สำหรับ

พิษของแก๊สมลพิษที่วิเคราะห์ได้โดยวิธี TGS-ANSA พบว่าพิษของไนโตรเจนไดออกไซด์ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.5 - 2.8 pphm และพิษของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จากการวิเคราะห์โดยวิธีพาราโรซานิณพบว่าพิษอยู่ระหว่าง 0.06 - 0.38 pphm เวลาที่ความเข้มข้นสูงสุดใน 24 ชั่วโมงจะอยู่ในช่วงเวลา 06.00-09.00 และ 15.00-18.00 นาฬิกา และจุดเก็บตัวอย่าง ที่ความเข้มข้นของแก๊สมลพิษแต่ละชนิดสูงสุด คือในบริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่การจราจรหนาแน่น จากการเปรียบเทียบการวิเคราะห์โดย FTIR กับวิธี TGS-ANSA สำหรับไนโตรเจนไดออกไซด์ พบว่าผลการวิเคราะห์ที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และปริมาณความเข้มข้นที่วิเคราะห์ได้ของแก๊สมลพิษทุกชนิดจะมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานของประเทศไทยโดยประกาศสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2538 ที่ได้กำหนดไว้

Thesis Title Quantitative Analysis of Air Pollutants (gases) by Fourier Transform
 Infrared Spectrometric Method
Author Mr. Warakorn Witsapan
Major Program Analytical Chemistry
Academic Year 1999

Abstract

The four types of air pollutant which are i.e. carbon monoxide (CO), methane (CH₄), nitrogen dioxide (NO₂) and sulfur dioxide (SO₂) around Hat Yai Municipal area were studied during April 1997 to October 1998. The air samples were taken from eight stations where the station number one has light traffic and the other seven sampling stations are in the area with heavy traffic. All air samples were analysed by Fourier Transform Infrared Spectrometry (FTIR) and colorimetric method. The air samples (CO, CH₄, NO₂ and SO₂) were collected at the height of 1.50 - 1.60 meters above the ground by using the air sampling bags and then were analysed by FTIR method in conjunction with Bomem Easy Version 1.50 Program. For colorimetric method, NO₂ concentrations were detected by using TGS-ANSA method and SO₂ concentrations were detected by using pararosaniline method. Both of NO₂ and SO₂ were collected by bubbling air samples (total volume of 18 L/1 hour) through a solution of TGS (triethanolamine, guaiacol and sodium metabisulfite) and TCM (potassium tetrachloromercurate) in a 30 ml Midget Bubbler, respectively.

The results from 1 hour interval sampling during 24 hours it was found that CO, CH₄, and NO₂ were found in the range of 18 - 355 ppm, 28 - 135 ppm and 0.6 - 2.9 ppm, respectively and the level of SO₂ was too low to be detected by FTIR method. The range of NO₂ from analysed by TGS-ANSA method was 0.5 - 2.8 ppm and the range of SO₂ from analysed by pararosaniline method was 0.06 - 0.38 ppm. The gas pollutants show that highest concentration at 6.00-9.00 a.m. and 15.00-16.00 p.m. in the heavy traffic area. The comparative study between FTIR method and TGA - ANSA method show no significantly different. However, the concentration of CO, CH₄, NO₂

and SO₂ in sample area are lower than Thailand's regulation limits for all four pollutants studied issued by the Office of the National Environment Board (1995).

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือจากคณาจารย์หลายท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง รศ. ดร. เพรศพิชญ์ คณาธารณา ประธานกรรมการที่ปรึกษาที่กรุณาให้คำแนะนำ และคำปรึกษาในการทำวิจัย การค้นคว้าและเขียนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และขอขอบพระคุณ ดร. อุดม จริงจิตร์ กรรมการที่ปรึกษาร่วมที่ให้คำแนะนำต่าง ๆ และกรุณาตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผศ. ดร. อรวรรณ ศิริโชติ กรรมการผู้แทนคณะวิทยาศาสตร์ และ ผศ. ดร. ชาศริต ทองอุไร กรรมการผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำแนะนำและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณทุนพัฒนาอาจารย์มหาวิทยาลัยทักษิณ ที่ให้ทุนอุดหนุนการศึกษา และบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยครั้งนี้ รวมไปถึงคณาจารย์ภาควิชาเคมีและเจ้าหน้าที่คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและให้ความสะดวกในทุก ๆ ด้าน

ท้ายที่สุดนี้ขอขอบพระคุณหัวหน้าภาควิชาเคมี ผศ. เกษม อัครวดีรัตน์กุล และหัวหน้าภาควิชาชีววิทยา ดร. นกุล อินทรสังขา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ ที่กรุณาให้ความสะดวกในการใช้เครื่องมือต่าง ๆ และช่วยตรวจทานแก้ไขการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ขอขอบพระคุณอาจารย์สมเกียรติ เกตุเยี่ยม ที่ได้ให้คำปรึกษาในด้านการการใช้สถิติจัดการกับข้อมูลที่วิเคราะห์ได้ไว้เป็นอย่างดี ขอขอบพระคุณ ผศ. เกษม ต้นสุวรรณ ผศ. สุธิตา ต้นสุวรรณ ตลอดจนคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ ทุกท่าน และคุณชุตินุช สุจริต ที่เป็นกำลังใจด้วยดีเสมอมา

คุณประโยชน์ที่เกิดจากงานวิจัยนี้ขอมอบแก่ บิดา มารดา คณาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่านที่มีได้กล่าวนามในที่นี้ด้วยกันทุกท่านด้วยความเคารพ

วรากร วิศพันธ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญ	(8)
รายการตาราง	(11)
รายการภาพประกอบ	(14)
บทที่	
1. บทนำ	1
บทนำต้นเรื่อง	1
การตรวจเอกสาร	3
วัตถุประสงค์	21
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	21
ขอบเขตของการวิจัย	21
2. วิธีการวิจัย	23
2.1 สารเคมี วัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้	23
2.1.1 สารเคมี	23
2.1.2 วัสดุและอุปกรณ์	25
2.2 การทดลอง	25
2.2.1 ศึกษาหาความเข้มข้นที่วัดได้จากแก๊สมาตรฐานโดยวิธี FTIR โดยการใช้โปรแกรม Bomem Easy Version 1.50	25
2.2.2 ศึกษาขีดจำกัดของการตรวจวัด (Limit of Detection) และประสิทธิภาพของการตรวจวัดในการวิเคราะห์ คาร์บอนมอนอกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ มีเทน และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยวิธี FTIR	26
	(8)

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.2.3 การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) มีเทน (CH ₄) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO ₂) และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO ₂) โดยวิธี FTIR	27
2.2.3.1 การเตรียมถุงเก็บตัวอย่างอากาศ	27
2.2.3.2 การทดสอบประสิทธิภาพของถุงเก็บอากาศ	28
2.2.4 การวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยวิธีคัลเลอริเมตริก (Colorimetric method) โดยใช้วิธีพาราโรซานิลีน	28
2.2.5 การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ โดยวิธีคัลเลอริเมตริก (Colorimetric method) โดยใช้วิธี TGS - ANSA	30
2.3 ศึกษาและเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ที่ได้จากวิธี FTIR และวิธีคัลเลอริเมตริก (TGS - ANSA) ในการวิเคราะห์แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์	32
2.4 ศึกษาปริมาณของมลสาร (แก๊ส) ในอากาศโดยวิธี FTIR และวิธีคัลเลอริเมตริก	32
2.4.1 จุดเก็บตัวอย่าง	32
2.4.2 ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง	39
2.4.3 การเก็บตัวอย่างอากาศและการวิเคราะห์หาปริมาณแก๊สมลสารในอากาศ	39
2.4.3.1 การเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อนำมาวิเคราะห์โดย FTIR	39
2.4.3.2 วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ มีเทน ไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยวิธี FTIR	40
2.4.3.3 การเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อวิเคราะห์ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยวิธีพาราโรซานิลีน	42

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.4.3.4 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ไนโตรเจนไดออกไซด์ โดยวิธี TGS - ANSA	43
3. ผลและการอภิปรายผล	44
3.1 การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ มีเทน ไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยวิธี FTIR	44
3.1.1 ความเข้มข้นของแก๊สมาตรฐานที่วิเคราะห์ได้โดยวิธี FTIR โดยการใช้โปรแกรม Bomem Easy Version 1.50	44
3.1.2 ขีดจำกัดของการวิเคราะห์คาร์บอนมอนอกไซด์ มีเทน ไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยวิธี FTIR	48
3.1.3 การทดสอบหาประสิทธิภาพของถุงเก็บตัวอย่างอากาศ	49
3.2 ศึกษาและเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ที่ได้ระหว่างการใช้วิธี FTIR และวิธี TGS - ANSA ในการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์	53
3.3 ศึกษาปริมาณของมลสาร (แก๊ส) ในอากาศโดยวิธี FTIR และวิธีคัลเลอรีเมตริก	55
3.3.1 การเลือกจุดเก็บตัวอย่าง	55
3.3.2 ความเข้มข้นของแก๊สมลสารในช่วงเวลาต่าง ๆ	57
3.3.3.1 ความเข้มข้นของแก๊สมลพิษในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง	57
3.3.3.2 ความเข้มข้นของแก๊สมลพิษในช่วงเวลาเช้าและเย็น	69
4. บทสรุป	87
บรรณานุกรม	91
ภาคผนวก	95
ประวัติผู้เขียน	146

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
1. ปริมาณองค์ประกอบต่าง ๆ ในบรรยากาศ	4
2. ปริมาณคาร์บอนกึ่งไฮโดรคาร์บอนในกระแสเลือดกับกิจกรรมที่ทำ	6
3. ปริมาณของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่มีผลกระทบต่อคน	7
4. ปริมาณสารมลพิษทางอากาศที่ถูกปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ ที่สำคัญ หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์	9
5. ปริมาณมลสารที่ปล่อยออกมาจากแหล่งต่าง ๆ หน่วยเป็นล้านตันต่อปี	10
6. ปริมาณอากาศเสียที่เกิดขึ้นในสหรัฐอเมริกา ในปี 1995 หน่วยเป็นล้านตันต่อปี	10
7. สัดส่วนการระบายสารมลพิษ 3 ชนิด จากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ เบนซิน 2 จังหวะ และเครื่องยนต์ดีเซล	11
8. ปริมาณเฉลี่ยของสารมลพิษทางอากาศที่ปล่อยออกมาจากยานยนต์กับความเร็วที่ใช้ (กรัม/กิโลเมตร/คัน)	12
9. ค่าเฉลี่ยคาร์บอนมอนอกไซด์ที่วิเคราะห์ได้โดย FTIR จากท่อไอเสียที่ปล่อยออกมาจากรถยนต์ 3 ชนิด	19
10. ความเข้มข้นของแก๊สมาตรฐานที่ใช้ในการศึกษาหาความเข้มข้นที่วัดได้จากแก๊สมาตรฐานโดยวิธี FTIR โดยการใช้โปรแกรม Bomem Easy Version 1.50	26
11. ความเข้มข้นของแก๊สมาตรฐานผสมที่ใช้ในการศึกษาขีดจำกัดของการตรวจวัดโดยวิธี FTIR	27
12. ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นระหว่าง 545 - 555 นาโนเมตรของ สารละลายของสารประกอบชื่อ พาราโรซานิลีน เมทิล ซัลฟอนิก แอซิด	29
13. ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นระหว่าง 545 - 555 นาโนเมตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไนไตรท์	31

รายการตาราง(ต่อ)

ตาราง	หน้า
14. ความเข้มข้นของแก๊สมาตรฐานที่วิเคราะห์โดยวิธี FTIR และการใช้โปรแกรม Bomem Easy Version 1.50	44
15. ขีดจำกัดของการตรวจวัดคาร์บอนมอนอกไซด์ มีเทน ไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยเทคนิค FTIR	48
16. ความเข้มข้นของแก๊สมาตรฐานคาร์บอนมอนอกไซด์ มีเทน ไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่วิเคราะห์ได้และช่วงความเชื่อมั่นในขอบเขต 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี FTIR จากการใช้ถุง Tedlar bag	49
17. ความเข้มข้นของแก๊สมาตรฐานคาร์บอนมอนอกไซด์ มีเทน ไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่วิเคราะห์ได้และช่วงความเชื่อมั่นในขอบเขตของความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี FTIR จากถุงเก็บตัวอย่างอากาศที่ใช้วัสดุพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน	51
18. ความเข้มข้นคาร์บอนมอนอกไซด์ มีเทน ไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และช่วงความเชื่อมั่นในขอบเขต 95 เปอร์เซ็นต์ ของตัวอย่างอากาศ วัดโดย FTIR	52
19. ความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ได้จากการวัดโดยวิธี FTIR และวิธี TGS - ANSA	54
20. ความเข้มข้น (pphm) สูงสุด ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของคาร์บอนมอนอกไซด์ วัดโดยวิธี FTIR ทุก ๆ 1 ชั่วโมง ในเวลา 24 ชั่วโมง	61
21. ความเข้มข้น (pphm) สูงสุด ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของมีเทน วัดโดยวิธี FTIR ทุก ๆ 1 ชั่วโมง ในเวลา 24 ชั่วโมง	62
22. ความเข้มข้น (pphm) สูงสุด ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของไนโตรเจนไดออกไซด์ วัดโดยวิธี FTIR ทุก ๆ 1 ชั่วโมง ในเวลา 24 ชั่วโมง	63
23. ความเข้มข้น (pphm) สูงสุด ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของไนโตรเจนไดออกไซด์ วัดโดยวิธี TGS - ANSA ทุก ๆ 1 ชั่วโมง ในเวลา 24 ชั่วโมง	64

รายการตาราง(ต่อ)

ตาราง	หน้า
24. ความเข้มข้น (pphm) สูงสุด ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ วัดโดยวิธีพาราโรซานิลีน ทุก ๆ 1 ชั่วโมง ในเวลา 24 ชั่วโมง	65
25. ความเข้มข้นเฉลี่ยคาร์บอนมอนอกไซด์ (pphm) วัดโดยวิธี FTIR ในช่วงเวลา วันปกติและวันหยุดของช่วงเช้าและเย็น	71
26. ความเข้มข้นเฉลี่ยมีเทน (pphm) วัดโดยวิธี FTIR ในช่วงเวลา วันปกติและวันหยุดของช่วงเช้าและเย็น	72
27. ความเข้มข้นเฉลี่ยไนโตรเจนไดออกไซด์ (pphm) วัดโดยวิธี FTIR ในช่วงเวลา วันปกติและวันหยุดของช่วงเช้าและเย็น	73
28. ความเข้มข้นเฉลี่ยไนโตรเจนไดออกไซด์ (pphm) วัดโดยวิธี TGS - ANSA ในช่วงเวลาวันปกติและวันหยุดของช่วงเช้าและเย็น	74
29. ความเข้มข้นเฉลี่ยของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (pphm) วัดโดยวิธีพาราโรซานิลีน ในช่วงเวลาวันปกติและวันหยุดของช่วงเช้าและเย็น	75

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1. แสดงจุดเก็บตัวอย่างจากท่อไอเสียรถยนต์	18
2. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความยาวคลื่นต่าง ๆ ของสารละลายมาตรฐานซัลไฟท์ - ทีซีเอ็ม	29
3. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความยาวคลื่นต่าง ๆ ของสารละลายมาตรฐานไซเตียมไนไตรท์	31
4. แสดงแผนที่บริเวณจุดเก็บตัวอย่างในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่	34
5. แสดงจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่	35
6. แสดงจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย 2 ถนนศรีภูวนาถ	35
7. แสดงจุดเก็บตัวอย่างที่ 3 บริเวณสถานีตรวจอากาศ ของเทศบาลนครหาดใหญ่ ถนนผดุงภักดี	36
8. แสดงจุดเก็บตัวอย่างที่ 4 บริเวณหน่วยบริการประชาชน 191 ถนนนิพัทธ์อุทิศ 3	36
9. แสดงจุดเก็บตัวอย่างที่ 5 บริเวณธนาคารไทยพาณิชย์ สาขาหาดใหญ่ ถนนนิพัทธ์อุทิศ 3	37
10. แสดงจุดเก็บตัวอย่างที่ 6 บริเวณสี่แยกสะพานลอย ถนนเพชรเกษม	37
11. แสดงจุดเก็บตัวอย่างที่ 7 บริเวณหอนาฬิกา ถนนเพชรเกษม	38
12. แสดงจุดเก็บตัวอย่างที่ 8 บริเวณหน้าธนาคารแห่งประเทศไทย สาขาภาคใต้ ถนนเพชรเกษม	30
13. แสดงอุปกรณ์การเก็บตัวอย่างอากาศโดยการใช้ถุงเก็บตัวอย่างอากาศ	40
14. แสดงอุปกรณ์และการต่อของการนำตัวอย่างอากาศเข้าสู่แก๊สเซลล์	41
15. แสดงอุปกรณ์การเก็บตัวอย่างอากาศสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และไนโตรเจนไดออกไซด์	42
16. กราฟแสดงการเปรียบเทียบความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เตรียมขึ้นและที่วัดได้จากการใช้โปรแกรม Bomem Easy Version 1.50	46

รายการภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
17. กราฟแสดงการเปรียบเทียบความเข้มข้นของแก๊สมีเทน ที่เตรียมขึ้นและที่วัดได้จากการใช้โปรแกรม Bomem Easy Version 1.50	46
18. กราฟแสดงการเปรียบเทียบความเข้มข้นของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ ที่เตรียมขึ้นและที่วัดได้จากการใช้โปรแกรม Bomem Easy Version 1.50	47
19. กราฟแสดงการเปรียบเทียบความเข้มข้นของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่เตรียมขึ้นและที่วัดได้จากการใช้โปรแกรม Bomem Easy Version 1.50	47
20. กราฟแสดงความเข้มข้นเฉลี่ย (pphm) ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ของ CO วัดโดยวิธี FTIR จากจุดเก็บตัวอย่าง 8 จุด	66
21. กราฟแสดงความเข้มข้นเฉลี่ย (pphm) ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ของ CH ₄ วัดโดยวิธี FTIR จากจุดเก็บตัวอย่าง 8 จุด	66
22. กราฟแสดงความเข้มข้นเฉลี่ย (pphm) ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ของ NO ₂ วัดโดยวิธี FTIR จากจุดเก็บตัวอย่าง 8 จุด	67
23. กราฟแสดงความเข้มข้นเฉลี่ย (pphm) ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ของ NO ₂ วัดโดยวิธี TGS - ANSA จากจุดเก็บตัวอย่าง 8 จุด	67
24. กราฟแสดงความเข้มข้นเฉลี่ย (pphm) ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ของ SO ₂ วัดโดยวิธีฟาราโรซานิสัน จากจุดเก็บตัวอย่าง 8 จุด	68
25. กราฟแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของแก๊สมลสารในวันปกติและวันหยุดของ ช่วงเวลาเช้าและเย็น บริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	76
26. กราฟแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของแก๊สมลสารในวันปกติและวันหยุดของ ช่วงเวลาเช้าและเย็น บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย 2 ถนนศรีภูวนาท	77

รายการภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
27. กราฟแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของแก๊สมลสารในวันปกติและวันหยุดของ ช่วงเวลาเช้าและเย็น บริเวณสถานีตรวจอากาศ ของเทศบาลนครหาดใหญ่ ถนนผดุงภักดิ์	78
28. กราฟแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของแก๊สมลสารในวันปกติและวันหยุดของ ช่วงเวลาเช้าและเย็น บริเวณหน่วยบริการประชาชน 191 ถนนนิพัทธ์อุทิศ 3	79
29. กราฟแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของแก๊สมลสารในวันปกติและวันหยุดของ ช่วงเวลาเช้าและเย็น บริเวณหน้าธนาคารไทยพาณิชย์ ถนนนิพัทธ์อุทิศ 3	80
30. กราฟแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของแก๊สมลสารในวันปกติและวันหยุดของ ช่วงเวลาเช้าและเย็น บริเวณสี่แยกสะพานลอย ถนนเพชรเกษม	81
31. กราฟแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของแก๊สมลสารในวันปกติและวันหยุดของ ช่วงเวลาเช้าและเย็น บริเวณหอนาฬิกา ถนนเพชรเกษม	82
32. กราฟแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของแก๊สมลสารในวันปกติและวันหยุดของ ช่วงเวลาเช้าและเย็น บริเวณหน้าธนาคารแห่งประเทศไทย ถนนเพชรเกษม	83
33. กราฟแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยต่ำสุดและสูงสุดของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ วัดโดยวิธี FTIR จากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 8 จุด ในช่วงเวลาวันปกติและวันหยุด ของช่วงเวลาเช้าและเย็น	84
34. กราฟแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยต่ำสุดและสูงสุดของแก๊สมีเทน วัดโดยวิธี FTIR จากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 8 จุด ในช่วงเวลาวันปกติและวันหยุด ของช่วงเวลาเช้าและเย็น	84
35. กราฟแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยต่ำสุดและสูงสุดของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ วัดโดยวิธี FTIR จากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 8 จุด ในช่วงเวลาวันปกติและวันหยุด ของช่วงเวลาเช้าและเย็น	85
36. กราฟแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยต่ำสุดและสูงสุดของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ วัดโดยวิธี TGS - ANSA จากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 8 จุด ในช่วงเวลาวันปกติ และวันหยุดของช่วงเวลาเช้าและเย็น	85

รายการภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
37. กราฟแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยต่ำสุดและสูงสุดของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ วัดโดยวิธีพาราโรซานิซีน จากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 8 จุด ในช่วงเวลาวันปกติ และวันหยุดของช่วงเวลาเช้าและเย็น	84

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

ในปัจจุบันนี้ปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมนับว่าเป็นปัญหาที่สำคัญประการหนึ่งที่เมืองใหญ่ ๆ ทั่วโลกกำลังเผชิญกันอยู่ซึ่งนับวันจะทวีความรุนแรงมากขึ้นเรื่อย ๆ ไม่ว่าจะเป็นปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมทางด้านอากาศเสีย น้ำเสีย ปัญหาทางเสียง และปัญหาทางด้านอื่น ๆ อีกหลายด้านด้วยกันที่จะมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งไม่มีชีวิตอื่น ๆ อีกหลายประการทีเดียว ซึ่งมลพิษทางอากาศ หมายถึง การที่มีสิ่งแปลกปลอมชนิดหนึ่ง หรือหลายชนิดในบรรยากาศนอกบ้าน ซึ่งอาจจะเป็น ฝุ่น หมอก แก๊ส กลิ่น คว้น หรือไอ ในปริมาณคุณลักษณะ และระยะเวลาที่เป็นอันตรายแก่มนุษย์ พืช หรือสัตว์ หรือทรัพย์สินอื่นใด หรือที่อาจเป็นการรบกวนการดำเนินชีวิตอันสงบสุข โดยไม่มีเหตุอันควร (มูลนิธิโลกสีเขียว, 2537)

สำหรับประเทศไทย ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่กำลังเกิดและที่เกิดขึ้นแล้ว ถ้าพิจารณาอย่างรอบคอบจะพบว่ามีความหลากหลาย ๆ ประเทศในบริเวณใกล้เคียงกัน ไม่ว่าจะเป็นปัญหาการทำลายสภาพป่าชายเลนเพื่อทำนาุ้ง ปัญหาน้ำเน่าเสียในเมืองใหญ่และเมืองท่องเที่ยว ปัญหาแม่น้ำสายสำคัญ ๆ กำลังเน่าเสีย เพราะน้ำทิ้งจากชุมชนบ้านเรือน โรงแรม และโรงงานอุตสาหกรรม ปัญหาแนวปะการังถูกทำลาย ซึ่งจะมีผลกระทบต่อระบบนิเวศและทรัพยากรไดน้ำในทะเล ปัญหาการจราจรติดขัด ปัญหาแก๊สพิษ ฝุ่นละอองในอากาศ ปัญหามลพิษทางเสียง ปัญหาการขาดแคลนน้ำและแหล่งน้ำและรวมทั้งปัญหาการตัดไม้ทำลายป่า (วิโรจน์ ศรีผุดผ่อง, 2538)

ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญปัญหาหนึ่งที่บรรดาเมืองใหญ่ ๆ ทั่วโลกกำลังประสบอยู่ในขณะนี้คือ ปัญหาทางด้านอากาศหรือมลภาวะทางอากาศ อันเกิดจากมลสารในอากาศที่สำคัญและมีปริมาณมากและมีอยู่ทั่วไปมีอยู่ 5 ชนิด คือ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ไนโตรเจนออกไซด์ (NOx) ไฮโดรคาร์บอน และอนุภาคมลสาร (วงศ์พันธ์ ลิ้มประเสริฐ, 2538) คนไทยโดยเฉพาะคนในกรุงเทพมหานครและในเมืองใหญ่มักจะคุ้นเคยกับการจราจร ที่คับคั่งตลอดวันมีสภาพมัว ๆ โดยไม่ต้องมีหมอกตั้งแต่เช้าจนถึงเย็น และมี

อาการหายใจไม่คล่องเมื่อเดินอยู่ข้างถนน ส่วนสาเหตุนั้นก็คงจะเป็นที่แน่ชัดว่าเนื่องมาจากมีปริมาณรถยนต์รวมทั้งรถจักรยานยนต์นั้นเกือบ 3 ล้านคันจากรถยนต์ทั่วประเทศ 12.6 ล้านคัน รถยนต์เหล่านี้นับว่าเป็นแหล่งกำเนิดหลักที่สำคัญของสารมลพิษหลาย ๆ ชนิดที่ออกมาจากท่อไอเสียของรถยนต์และลอยอยู่ในบรรยากาศนั้น ทำให้ผู้ที่อยู่ในบริเวณนั้นนาน ๆ เกิดอาการเจ็บป่วยได้ ผลของมลพิษที่จะมีต่อมนุษย์นั้นพบว่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในรูปความเข้มข้นของมลสารเหล่านี้พบว่าจะขึ้นอยู่กับช่วงเวลา ซึ่ง U.S. Environmental Protection Agency (EPA) ได้กำหนดเกณฑ์ซึ่งใช้ในการกำหนดคุณภาพอากาศว่าจะประกอบไปด้วยมลสารที่เป็นแก๊ส 4 ชนิดดังนี้ คือ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) โอโซน (O₃) และนอกจากนี้ยังประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นของแข็งอีก 2 ชนิด คือ ฝุ่นละอองขนาด 10 ไมโครเมตร (PM-10) และโลหะตะกั่ว (Roger, 1994)

มลสารที่ออกมาจากไอเสียจากรถยนต์นั้น พบว่ามลพิษหลัก ๆ ที่เกิดจากการสันดาปของเครื่องยนต์เบนซิน ซึ่งประกอบด้วย ไฮโดรคาร์บอน ออกไซด์ของไนโตรเจน และคาร์บอนมอนอกไซด์ ซึ่งคาร์บอนมอนอกไซด์จะเกิดมากในขณะที่รถยนต์ติดเครื่องขณะจอดอยู่หนึ่ง ๆ จึงพบมากในบริเวณที่การจราจรติดขัด ทางด้านไฮโดรคาร์บอนและออกไซด์ของไนโตรเจน ถึงแม้ว่ายังไม่ประสบปัญหามากนักในขณะนี้ แต่ก็ควรจะหาทางป้องกันเอาไว้เสียก่อนเพื่อไม่ให้เกิดเหตุการณ์เหมือนดังในต่างประเทศ เช่น ในแคลิฟอร์เนีย สหรัฐอเมริกา ซึ่งมีปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจนสูง ออกไซด์ของไนโตรเจนเหล่านี้เมื่อมีการแตกตัวโดยมีแสงแดดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจะก่อให้เกิดโอโซนขึ้นในบรรยากาศชั้นล่างมีผลทำให้มีอาการแสบตาและระคายเคืองต่อระบบหายใจ ส่วนในเครื่องยนต์ดีเซลนั้น ก่อให้เกิดมลพิษเช่นเดียวกับเครื่องยนต์เบนซิน โดยสารที่มีปริมาณสูงคือ ออกไซด์ของไนโตรเจน เนื่องจากเครื่องยนต์ดีเซลมีการสันดาปที่มีอุณหภูมิและความดันสูง จึงทำให้เกิดออกไซด์ของไนโตรเจนเป็นปริมาณมาก นอกจากนี้ยังมีสารมลพิษอนุภาค ซึ่งเป็นส่วนประกอบส่วนหนึ่งของควันดำ และแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งแตกต่างจากเครื่องยนต์เบนซิน (องอาจ แซ่ฉิ่ง, 2539)

การตรวจเอกสาร

1. ส่วนประกอบของบรรยากาศ

ชั้นบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลกมีความหนาโดยรอบประมาณ 15 กิโลเมตร (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2534) ซึ่งองค์ประกอบของอากาศบริสุทธิ์ประกอบด้วย ไนโตรเจน 78.09 % และออกซิเจน 20.94 % โดยปริมาตร ส่วนที่เหลือประมาณ 0.94 % ประกอบด้วย คาร์บอนมอนอกไซด์ ฮีเลียม อาร์กอน ซีนอน คริปตอน แก๊สอินทรีย์ และแก๊สอินทรีย์ ซึ่งจะมีปริมาณเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพการณ์และเวลา โดยปกติจะมีไอน้ำอยู่ในอากาศประมาณ 1-3 % และนอกจากนี้แล้วยังประกอบด้วยฝุ่นละอองซึ่งมีขนาดอนุภาคเล็กมากจนกระทั่งถึงขนาดหลายสิบล้านไมครอน (วงศ์พันธ์ ลิ้มปะเสนีย์ และคณะ, 2538) องค์ประกอบต่าง ๆ ในบรรยากาศแสดงดังตาราง 1

ตาราง 1 ปริมาณองค์ประกอบต่างๆ ในบรรยากาศ

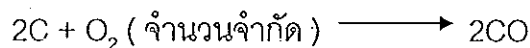
องค์ประกอบ	สูตรทางเคมี	ความเข้มข้น (ppm)
ไนโตรเจน	N ₂	780,840.00
ออกซิเจน	O ₂	209,460.00
อาร์กอน	Ar	9,340.00
นีออน	Ne	18.18
ฮีเลียม	He	5.24
คริปทอน	Kr	1.14
ไฮโดรเจน	H ₂	1.50
ซีนอน	Xe	1.09
ไอน้ำ	H ₂ O	0.1-30,000.00
คาร์บอนไดออกไซด์	CO ₂	350.00
มีเทน	CH ₄	1.67
ไนตรัสออกไซด์	N ₂ O	0.30
คาร์บอนมอนอกไซด์	CO	0.19
โอโซน	O ₃	0.04
แอมโมเนีย	NH ₃	0.004
ไนโตรเจนไดออกไซด์	NO ₂	0.001
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์	SO ₂	0.001
ไนตริกออกไซด์	NO	0.0005
ไฮโดรเจนซัลไฟด์	H ₂ S	0.00005

ที่มา : ดัดแปลงจาก Thad (1991)

2. ผลของมลภาวะอากาศที่มีต่อมนุษย์

2.1 คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

คาร์บอนมอนอกไซด์เป็นแก๊สที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่นและรส เกิดจากการสันดาปที่ไม่บริบูรณ์ของสารประกอบคาร์บอน เช่น น้ำมันปิโตรเลียม ถ่านหิน ถ่านไม้ และสารอื่น ๆ ซึ่งสมการแสดงการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์โดยทั่วไปคือ (พิมล เรียนวัฒนา, 2525)



แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์มีน้ำหนักเบากว่าอากาศเพียงเล็กน้อยและละลายน้ำได้บ้าง เป็นแก๊สเฉื่อยในสภาพอุณหภูมิและความดันอากาศปกติ (25° C : 1 atm) แต่ไวต่อปฏิกิริยาที่อุณหภูมิสูง (Kenneth, 1991) และเป็นตัวลดออกซิเจนได้เป็นอย่างดีหากมีตัวเร่งปฏิกิริยาซึ่งเป็นโลหะ เช่น พาเลเดียมกับซิลิกาเจล หรือส่วนผสมของ แมงกานีส และออกไซด์ของทองแดง จะเกิดปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนให้แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์กลายเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ได้รวดเร็วยิ่งขึ้น (วงศ์พันธ์ ลิ้มปะเสนีย์ และคณะ, 2538)

อันตรายจากคาร์บอนมอนอกไซด์ในสภาวะเป็นพิษของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์คือเมื่อคนเราหายใจเอาแก๊สชนิดนี้เข้าไป แก๊สนี้จะไปรวมตัวกับเฮโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงได้มากกว่าออกซิเจน 200-250 เท่า เกิดเป็นคาร์บอกซีเฮโมโกลบิน ทำให้ความสามารถของเลือดในการเป็นตัวนำออกซิเจนไปยังเนื้อเยื่อและสมองมีปริมาณลดลง ทำให้ผู้ได้รับพิษจากแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ มีอาการปวดศีรษะ อ่อนเพลีย อาเจียน ตาพร่ามัว และอาจรุนแรงถึงขั้นซีฟจรเต้นอ่อน ระบบหายใจล้มเหลวและถึงแก่ความตายได้ ส่วนวิธีการแก้ไขและรักษาผู้ได้รับแก๊สชนิดนี้เข้าไปทำได้โดยเมื่อเกิดอาการต้องแก้ที่การหายใจ ที่สำคัญคือให้ได้รับอากาศบริสุทธิ์ทันที ถ้าอาการรุนแรงมากต้องให้ออกซิเจนช่วย (มูลนิธิโลกสีเขียว , 2537)

ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (HbCO) ในกระแสเลือดนั้นจะขึ้นอยู่กับกิจกรรมที่กำลังทำด้วยดังตาราง 2

ตาราง 2 ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ในกระแสเลือดกับกิจกรรมที่ทำ

ความเข้มข้น CO ในบรรยากาศ (ppm)	สมมูลของ HbCO ในเลือด (%)	HbCO ในเลือด หลัง จากเวลาผ่านไป 30 นาที โดยประมาณ (%)		HbCO ในเลือด หลังจาก เวลาผ่านไป 60 นาที โดย ประมาณ (%)	
		พักผ่อน	ทำงาน	พักผ่อน	ทำงาน
30	4.8	0.27	0.99	0.54	1.98
50	8.0	0.45	1.65	0.90	3.30
125	20	1.12	4.12	2.24	8.24
250	40	2.25	8.24	4.54	16.48

ที่มา : L. H. Watkins (1991)

2.2 ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂)

แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นแก๊สไม่มีสี กลิ่นฉุนแสบจมูกที่ความเข้มข้นสูง ๆ เมื่อกระจายอยู่ในบรรยากาศสามารถเกิดปฏิกิริยากับแก๊สบางชนิด เช่นไฮโดรคาร์บอน เกิดเป็นซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO₃) และจะรวมตัวกับไอน้ำเกิดเป็นกรดกำมะถันในที่สุด และเมื่อรวมอยู่กับอนุภาคที่มีแอมโมเนียส เหล็ก หรือวานาเดียม จะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเกิดการเติมออกซิเจนได้เป็นซัลเฟอร์ไตรออกไซด์และกรดกำมะถันตามลำดับได้เช่นเดียวกัน หรือถ้าหากมีละอองน้ำในอากาศที่มีแอมโมเนียปนอยู่ อาจเกิดปฏิกิริยาจนได้กรดกำมะถันเช่นเดียวกัน การสลายตัวของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะลดลงเหลือครึ่งหนึ่งเมื่อเวลาผ่านไป 3-5 ชั่วโมง (Kenneth, 1991)

อันตรายจากแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เมื่อสูดเอาแก๊สชนิดนี้เข้าไปในหลอดลม ร่างกายจะดูดซึมแก๊สนี้กระจายเข้าสู่กระแสเลือด ถ้าหากว่ามีแก๊สนี้ในปริมาณสูง อาจจะมีอาการที่พบบ่อยได้ หายใจเข้าออกน้อยลง นอกจากนี้แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ถูกระบายออกมาพร้อมกับฝุ่นพิษ เมื่อรวมกันจะทำให้เกิดอาการระคายคอ จนกระทั่งแน่นหน้าอก (มูลนิธิโลกสีเขียว, 2537) ความเข้มข้นที่จะมีผลกระทบต่อสุขภาพของคนสรุปได้ดังตาราง 3

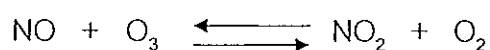
ตาราง 3 ปริมาณของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่มีผลกระทบต่อสุขภาพของคน

ปริมาณ (ส่วนในล้านส่วน)	อาการที่ปรากฏ
3-5	สามารถรู้สึกได้จากกลิ่น
8-12	รู้สึกระคายคอ
20	เกิดการระคายเคืองที่ตา มีอาการไอ เป็นปริมาณสูงสุดที่คนสามารถทนอยู่ได้เป็นเวลาติดต่อกัน
50-100	เป็นปริมาณสูงสุดที่มนุษย์สามารถทนอยู่ได้ในเวลาสั้น ๆ
400-500	ระดับที่เป็นอันตรายถึงแก่ชีวิต

ที่มา : R.E. Kirk (1967)

2.3 ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x)

ไนโตรเจนออกไซด์ ซึ่งในที่นี้จำกัดไว้เฉพาะ ไนตริกออกไซด์ (NO) และ ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) ไนตริกออกไซด์เป็นแก๊สที่ไม่มีสีและกลิ่น ละลายน้ำได้บ้างเล็กน้อย ถูกปล่อยออกมาจากการเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูง ส่วนไนโตรเจนไดออกไซด์ เป็นแก๊สมีสีน้ำตาลแดงแก๊ส ไนตริกออกไซด์สามารถทำปฏิกิริยากับโอโซนในบรรยากาศเกิดเป็นแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ และแก๊สออกซิเจน ในทางกลับกันแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์สามารถแตกตัวเกิดปฏิกิริยาผันกลับได้โดยอาศัยแสงแดด ดังสมการ (Thad, 1991)



ระดับของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ในบริเวณชนบทมีค่าอยู่ระหว่าง $0.4-9.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และปริมาณไนตริกออกไซด์มีค่าอยู่ระหว่าง $0-7.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ส่วนค่าเฉลี่ยตลอดปีของไนโตรเจนไดออกไซด์ในบริเวณเมืองใหญ่ในสหรัฐอเมริกา มีค่า $49-95 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และอาจมีค่าสูงสุดในแต่ละวันถึง $100-400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และค่าสูงสุดต่อชั่วโมงมีค่าเกินกว่า $800 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (วงค์พันธ์ ลิมปะเสนีย์, 2538)

ความเป็นพิษของไนโตรเจนไดออกไซด์มีมากกว่าไนตริกออกไซด์ ซึ่งให้ผลคล้ายกับคาร์บอนมอนอกไซด์ โดยไนตริกออกไซด์จะรวมกับเฮโมโกลบินทำให้ความสามารถในการขนส่งออกซิเจนลดลง ส่วนไนโตรเจนไดออกไซด์เป็นโทษต่อสุขภาพของมนุษย์ โดยจะขึ้นอยู่กับปริมาณของไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ร่างกายได้รับเข้าไป กล่าวคือถ้าหากว่าได้รับที่ความเข้มข้น $50-100 \text{ ppm}$ เป็นเวลานานหลายนาที่หรือหนึ่งชั่วโมง จะทำให้การทำงานของปอดผิดปกติ ถ้าได้รับที่ระดับความเข้มข้น $150-200 \text{ ppm}$ จะทำให้หลอดลมบวมพองจนอุดตัน (bronchillitis fibrosa obliterans) เมื่อได้รับติดต่อกันเป็นเวลา 3-5 สัปดาห์อาจถึงแก่ความตายได้ และถ้าได้รับที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm จะทำให้คนหรือสัตว์ถึงแก่ความตายได้ทันที (สมบัติ ธนรัช, 2527)

2.4 มีเทน

ปริมาณของมีเทนก่อนปี ค.ศ. 1960 ไม่มีการตรวจวัด จนถึงปี 1980 ได้มีการตรวจวัดหาปริมาณของมีเทน และพบว่าปริมาณของมีเทนมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น 1.1% ในแต่ละปี การเพิ่มขึ้นของมีเทนเกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ เช่น การเพาะปลูกข้าว การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงฟอสซิล และการเลี้ยงสัตว์จำพวกสัตว์เคี้ยวเอื้อง ในแต่ละปีปริมาณมีเทนที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศมีประมาณ 425 ล้านตัน แต่อย่างไรก็ตามปริมาณมีเทนที่ปล่อยออกมา นั้นจะไม่เสถียรอยู่ในบรรยากาศนานนัก โดยมีเทนนั้นมักจะถูกออกซิไดซ์กลายเป็นสารอื่นต่อไป (Mohammad Yunus, 1966)

3. แหล่งที่มาสำคัญของมลพิษทางอากาศ (EEA, 1997.)

จากการศึกษาถึงแหล่งที่มาและปริมาณของสารมลพิษทางอากาศที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ โดยหน่วยงานของ Air Pollution in Europe นั้นแสดงดังในตาราง 4

ตาราง 4 ปริมาณสารมลพิษทางอากาศที่ถูกปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ ที่สำคัญ
หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

แหล่งกำเนิดของ สารมลพิษ	ปริมาณของสารมลพิษที่ปล่อยออกมา (%)							
	SO ₂	NO _x	NM VOC	NH ₃	N ₂ O	CO ₂	CO	CH ₄
Power Generation	60.2	19.5	0.4	0.1	6.1	33.0	0.8	0.2
Road Transport	6.5	92.9	38.7	0.9	5.5	24.5	68.9	0.8
Domestic Source	6.5	3.4	6.6	0.0	2.4	14.8	9.9	1.3
Agriculture	0.0	0.3	16.4	96.5	48.4	1.0	0.8	45.2
Other Industry and Waste disposal	24.9	12.8	31.3	2.4	36.6	24.2	16.7	52.1
Other Source	1.9	1.1	6.6	0.1	1	2.5	2.9	0.4
รวม	100	100	100	100	100	100	100	100

ที่มา : ดัดแปลงจาก EEA (1997)

U.S. EPA ได้สรุปปริมาณของสารมลพิษที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ 5 แหล่งด้วยกัน ดังแสดงในตาราง 5

ตาราง 5 ปริมาณมลสารที่ปล่อยออกมาจากแหล่งต่าง ๆ หน่วยเป็น ล้านตันต่อปี

แหล่งที่มา	CO	PM-10	NO	SO ₂
การขนส่ง	43.5	1.51	7.3	1
การเผาไหม้	4.7	1.10	10.6	6.5
อุตสาหกรรม	4.7	1.84	0.6	3.2
ของเสียของแข็ง	2.1	0.26	0.1	0
อื่น ๆ	7.1	0.73	0.2	0
รวม	62.2	5.45	18.8	20.7

ที่มา : Roger (1994)

การใช้เชื้อเพลิงต่าง ๆ ทำให้เกิดสารมลพิษทางอากาศกระจายออกสู่บรรยากาศเป็นจำนวนมาก สารมลพิษทางอากาศนี้ได้มีการศึกษากันในหลายประเทศด้วยกัน อย่างเช่น อเมริกา ได้มีการรายงานปริมาณอากาศเสียที่เกิดขึ้นไว้ตั้งแต่ปี 1965 ดังแสดงในตาราง 6

ตาราง 6 ปริมาณอากาศเสียที่เกิดขึ้นในสหรัฐอเมริกา ในปี 1965 หน่วยเป็นล้านตันต่อปี

แหล่ง	รวม	% ของ ยอดรวม	คาร์บอนมอน นอกไซด์	ซัลเฟอร์ได ออกไซด์	ไฮโดรคาร์ บอน	ไนโตรเจน ออกไซด์	อนุภาค ของแข็ง
รถยนต์	86	60	66	1	12	6	1
อุตสาหกรรม	23	17	2	9	4	2	6
โรงไฟฟ้า	20	14	1	12	1	3	3
บ้าน	8	6	2	3	1	1	1
การเผาขยะ	5	3	1	1	1	1	1
ยอดรวม	142	100	72	26	19	13	12

ที่มา : American Chemical Society (1969)

จากข้อมูลนี้แสดงให้เห็นว่าปริมาณสารมลพิษส่วนมากจะมาจากการจราจร และมาจากโรงงานอุตสาหกรรม แหล่งกำเนิดทั้งสองนี้นับว่าก่อให้เกิดปัญหาต่อประชาชน สิ่งมีชีวิตอื่น ๆ และสิ่งก่อสร้าง โบราณสถานต่าง ๆ เป็นอย่างมากที่สุด (สนธิ คชวัฒน์, 2537)

สารมลพิษที่ระบายออกมาจากยานยนต์นั้น เชื้อเพลิงนับว่าเป็นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งที่จะกำหนดปริมาณของมลพิษที่จะออกมา เชื้อเพลิงที่ใช้ในเครื่องยนต์ที่ติดตั้งในรถยนต์ในประเทศไทยในขณะนี้มียุ 4 ชนิด คือน้ำมันเบนซินชนิดพิเศษและธรรมดา น้ำมันดีเซล และ LPG ซึ่งผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 ชนิดนี้ได้มาจากปิโตรเลียมทั้งหมด น้ำมันเบนซินและดีเซลได้จากการกลั่นน้ำมันดิบเป็นส่วนมาก ส่วน LPG จะได้จากแก๊สธรรมชาติ (งานอากาศและเสียง, 2530) สารมลพิษที่ระบายออกมาจะมีความแตกต่างกันออกไปตามชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้สรุปได้ดังตาราง 7

ตาราง 7 สัดส่วนการระบายสารมลพิษ 3 ชนิด จากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์

เบนซิน 4 จังหวะ เบนซิน 2 จังหวะ และเครื่องยนต์ดีเซล

การระบายโดย	เบนซิน 4 จังหวะ			เบนซิน 2 จังหวะ			ดีเซล		
	CO	HC	NOx	CO	HC	NOx	CO	HC	NOx
ทางไอเสีย	100	55	100	100	80	100	100	99	100
ระบายออกทางเสื่อสูบ	-	25	-	-	-	-	-	1	-
ระเหยจากถังน้ำมันและคาร์บูเรเตอร์	-	20	-	-	20	-	-	-	-

ในประเทศอังกฤษพบว่าปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ แหล่งที่มาสำคัญมาจากเครื่องยนต์ของยานยนต์สูงถึง 80 % และพบว่าส่วนใหญ่แล้วมาจากเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิงและความเร็วที่ใช้ก็มีผลต่อปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ปล่อยออกมา กับทั้งลักษณะการขับและลักษณะของเครื่องยนต์ที่ใช้ ปริมาณสารมลพิษทางอากาศที่ปล่อยออกมากับความเร็วที่ใช้อย่างแสดงในตาราง 8

ตาราง 8 ปริมาณเฉลี่ยของสารมลพิษทางอากาศที่ปล่อยออกมาจากยานยนต์กับความเร็วที่ใช้ (กรัม/กิโลเมตร/คัน)

ความเร็ว (กม/ชม)	CO	HCs	NOx
10	33.02	4.47	2.53
25	21.20	2.6	2.17
50	9.80	1.3	2.13
75	6.4	1.93	2.24
100	7.83	0.86	2.97
125	11.04	0.87	4.15
150	13.97	0.92	6.07

ที่มา : L.H. Watkins (1991)

4. สถานการณ์มลภาวะทางอากาศในประเทศไทยและทั่วไป

คุณภาพอากาศในประเทศไทยได้เริ่มมีการตรวจวัดกันมาตั้งแต่ พ.ศ. 2524 เป็นต้นมา แต่มีการตรวจวัดกันมากในกรุงเทพมหานครดังจะเห็นได้จากมีจำนวนสถานีตรวจวัดอากาศ 53 สถานี จากจำนวนสถานีทั้งหมดทั่วประเทศ ในขณะที่ภาคใต้มีที่ จังหวัดสงขลา ภูเก็ต และสุราษฎร์ธานี (Paisarn-ucharapomg and Kanatharana, 1998 ; กรมอนามัย, 2540)

คุณภาพอากาศในเมืองใหญ่ที่ได้มีการศึกษาอย่างเช่น กรมควบคุมมลพิษ (2536) ได้ทำการศึกษาปัญหาทางอากาศและเสียงในกรุงเทพมหานคร พบว่ามีสาเหตุมาจากจำนวนยานพาหนะที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งทำให้ปัญหามลพิษทางอากาศมีแหล่งกำเนิดที่สำคัญมาจากยานพาหนะ คุณภาพอากาศทั่วไปโดยรวมจากผลการตรวจวัดความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศแต่ละชนิดอย่างต่อเนื่องจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบถาวร ซึ่งตั้งอยู่ห่างจากถนนสายหลัก 50 เมตร และบริเวณริมเส้นทางห่างจากขอบถนนประมาณ 5 เมตร พบว่าสารมลพิษทางอากาศที่เป็นปัญหาหลักได้แก่ ฝุ่นละออง ส่วนสารมลพิษอื่นได้แก่ ตะกั่ว คาร์บอนมอนอกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และ ไนโตรเจนไดออกไซด์นั้น พบว่ายังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดลำปาง (2535) ได้สรุปสถานการณ์มลพิษทางอากาศ ที่อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง เริ่มจากในระหว่างวันที่ 1-2 ตุลาคม 2535 เครื่องดักจับฝุ่น (Electrostatic Precipitation) จากปล่องของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ หน่วยที่ 2 หยุดทำงานเนื่องจากมีการอุดตันของเครื่องเก็บขี้เถ้า ทำให้มีฝุ่นขี้เถ้าออกมาจากปล่องมากกว่าปกติ และในระหว่างนั้นวันที่ 1-3 ตุลาคม 2535 สภาพอากาศในบริเวณนั้น มีสภาพอากาศปิด มีความกดอากาศสูง ทำให้แก๊สและขี้เถ้าไม่สามารถกระจายผ่านสู่ชั้นบรรยากาศที่สูงและกระจายตัวออกจากแอ่งแม่เมาะได้ดี นอกจากนี้ทิศทางลมในช่วงเวลา 05.00 น. - 07.00 น. ของวันที่ 3 ตุลาคม ลมมีทิศทางจากโรงไฟฟ้าไปยังหมู่บ้านสบป่าด ด้วยความเร็วประมาณ 0.5 เมตรต่อวินาที

จากกรณีการเกิดปัญหามลพิษทางอากาศอันเนื่องจากโรงไฟฟ้าที่แม่เมาะนั้น จากรายงานสถานการณ์สิ่งแวดล้อมไทย (2537) จากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 10 ตุลาคม 2535 โดยนักวิชาการสิ่งแวดล้อมพบว่า ในบรรยากาศบริเวณแม่เมาะนั้น มีแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงถึง $357.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ซึ่งตามมาตรฐานสากลแล้วต้องน้อยกว่า $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ส่วนมาตรฐานของประเทศไทยกำหนด ให้ต่ำกว่า $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ต่อมาในวันที่ 20 ตุลาคม 2535 ได้ทำการตรวจวัดพบว่าได้ค่าสูงถึง $2122.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ในช่วงเดือนธันวาคมและมกราคม ที่สภาวะอากาศปิด ทำให้แก๊สไม่สามารถระบายออกไปนอกพื้นที่ได้ โดยเฉพาะในช่วงเวลา 10.00-12.00 น. ความเข้มข้นจะเพิ่มสูงขึ้นถึง $700-2,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$

คุณภาพอากาศในภาคใต้ นั้น สมบัติ ธนรัช (2527) ได้ทำการศึกษาหาปริมาณของแก๊สมลพิษจำนวนสามชนิดคือ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ในบริเวณเขตเทศบาลเมืองหาดใหญ่และใกล้เคียง ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2526 ถึง มิถุนายน 2527 โดยเก็บตัวอย่างอากาศหกสถานี โดยในจำนวนห้าสถานีเป็นบริเวณที่มีการจราจรคับคั่งและประชากรหนาแน่น ได้แก่บริเวณ ประตูโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สถานีที่สองคือบริเวณหน้าโรงพยาบาลนรีเวชวิทยา สถานีที่สามคือบริเวณสี่แยกสะพานลอย สถานีที่สี่คือบริเวณหน้าธนาคารไทยพาณิชย์ ถนนนิพัทธ์อุทิศ 3 สถานีที่ห้าคือบริเวณหน้าร้านห่อวัง ถนนนิพัทธ์อุทิศ 3 และสถานีที่หกคือบริเวณตึกเคมีชั้น 4 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ใช้ 2 วิธีในการทำการวิเคราะห์ คือ

แก๊สโครมาโตกราฟี และตัวตรวจวัดแก๊ส โดยการเก็บตัวอย่างที่ในระดับความสูง 1.50-1.6 เมตร จากพื้น ส่วนการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ การวิเคราะห์หาปริมาณทำได้โดย 3 วิธี คือ แก๊สโครมาโตกราฟี หลอดตรวจแก๊ส และวิธีคัลเลอร์ริเมตริก (colorimetric method) จากการตรวจวัดพบว่าปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ อยู่ระหว่าง 0.5-3.5 ส่วนในล้านส่วน (ppm) และไนโตรเจนไดออกไซด์ อยู่ระหว่าง 2-25 ส่วนในพันล้านส่วน (ppb) สำหรับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตรวจวัดไม่พบ

การสำรวจอากาศเสียจากยานพาหนะทางบกในบริเวณเขตเทศบาลเมืองขนาดใหญ่ โดยกองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ได้ดำเนินการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาภาวะมลพิษทางอากาศอันได้แก่ สภาพภูมิอากาศ สภาพภูมิประเทศ และปริมาณและลักษณะยานพาหนะที่วิ่งอยู่ในบริเวณเขตเทศบาลเมืองขนาดใหญ่ โดยสรุปแล้วพบว่าปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ในระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม 2526 ค่าสูงสุดที่ตรวจวัดได้ พบที่โรงแรมตงหน้า ถนนนิพัทธ์อุทิศ 3 มีความเข้มข้นเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมงสูงสุดเท่ากับ $50000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และพบค่าเฉลี่ยใน 8 ชั่วโมง สูงสุดเท่ากับ $27000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ซึ่งมีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐานดังที่สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติได้กำหนดไว้คือ ค่าเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมง ไม่เกิน $34200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และพบค่าเฉลี่ยใน 8 ชั่วโมงไม่เกิน $10260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ อยู่เป็นจำนวน 3 ครั้ง และ 9 ครั้ง ตามลำดับ สำหรับในเดือนสิงหาคม 2526 ตรวจพบค่าสูงสุดที่โรงแรมตงหน้าเช่นเดียวกัน โดยมีค่าเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมงสูงสุด $12000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และค่าเฉลี่ยใน 8 ชั่วโมงสูงสุด $7000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และในเดือนมิถุนายน 2528 ค่าเฉลี่ยสูงสุดพบที่โรงแรมตงหน้าเช่นกันมีค่าเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมง สูงสุดคือ $41000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และมีค่าเฉลี่ยใน 8 ชั่วโมงสูงสุดคือ $30000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ส่วนสารมลพิษอื่นๆ อันได้แก่ ออกไซด์ของไนโตรเจน ไฮโดรคาร์บอน และโอโซน ซึ่งทำการตรวจวัดในปี 2531 นั้น พบว่ามีปริมาณน้อยมากจนแทบวัดไม่ได้ จึงสามารถสรุปได้ว่า มลพิษเหล่านี้ซึ่งมีแหล่งกำเนิดมาจากรถยนต์ทั้งโดยตรงและโดยอ้อมนั้น ยังไม่ก่อให้เกิดปัญหาต่อคุณภาพอากาศบริเวณเขตเทศบาลเมืองขนาดใหญ่ในขณะนั้น ส่วนมลพิษอันเกิดจากซัลเฟอร์ไดออกไซด์นั้น ซึ่งมักเกิดจากกระบวนการอุตสาหกรรมซึ่งมีการใช้น้ำมันเตาหรือถ่านลิกไนต์นั้น วัดแทบไม่พบเลย

Kanatharana and Pahina (1991) ได้ทำการศึกษาปริมาณ คาร์บอนมอนอกไซด์ โดยการใช้หลอดตรวจวัดแก๊ส ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ตรวจวัดโดยวิธี คัลเลอริเมตริก บริเวณที่มีการจราจรและจำนวนประชากรหนาแน่นเปรียบเทียบกับบริเวณที่มีการจราจรและจำนวนประชากรเบาบางจังหวัดนครศรีธรรมราช จากการศึกษาพบว่าความเข้มข้นของคาร์บอนมอนอกไซด์ ไม่สามารถวัดได้ - 0.7 ส่วนในล้านส่วน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไม่สามารถวัดได้ - 7.4 ส่วนในพันล้านส่วน และไนโตรเจนไดออกไซด์ 0.6 - 7.4 ส่วนในพันล้านส่วน จากความเข้มข้นที่ได้เมื่อเปรียบเทียบกับอำเภอหาดใหญ่แล้วพบว่ามีความเข้มข้นน้อยกว่า อันเนื่องมาจากอำเภอหาดใหญ่ปริมาณการจราจรและประชากรหนาแน่นมากกว่า

ในเขตชุมชนเมืองที่มีความหนาแน่นของการจราจรและประชากรกับทั้งมีโรงงานอุตสาหกรรมหลายประเภทอยู่ด้วยกันอย่างเทศบาลนครหาดใหญ่นั้น เอมีนเป็นมลสารที่ได้มีการศึกษาโดย Kanatharana and Luckana (1986) ได้ทำการเก็บตัวอย่างอากาศที่ความสูง 1.5 - 1.6 เมตรจากระดับพื้นดินและตรวจวัดโดยการใช่หลอดตรวจวัด จากบริเวณที่อยู่ใกล้เคียงกับโรงงานอุตสาหกรรม 100 - 200 เมตร ความเข้มข้นที่วัดได้อยู่ในช่วง 0.54 - 3.9 ส่วนในล้านส่วน

ปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในภาคใต้จากรายงานคุณภาพอากาศโดยสำนักงานสิ่งแวดล้อม ภาคที่ 12 (2541) ทั้ง 3 สถานี คือ ภูเก็ต สุราษฎร์ธานี และหาดใหญ่ ในระหว่างเดือน กันยายน 2540 - กุมภาพันธ์ 2541 พบว่าค่าเฉลี่ยในเวลา 1 ชั่วโมงของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีค่าอยู่ในช่วง 0.1 - 4.0 ส่วนในพันล้านส่วน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของคุณภาพอากาศซึ่งกำหนดไว้ 0.3 ส่วนในล้านส่วน แล้วพบว่าระดับมลพิษโดยทั่วไปยังต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานมาก ทั้งนี้รวมถึงค่าสูงสุดเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมง ซึ่งพบสูงสุดเพียง 28.0 ส่วนในพันล้านส่วน เท่านั้น

จากรายงานการศึกษาคุณภาพอากาศบริเวณภาคใต้ของประเทศไทยโดย Paidarnucharapong และ Kanatharana (1998) จากสถานีตรวจวัด 3 สถานี คือ ภูเก็ต สุราษฎร์ธานี และหาดใหญ่ จากการตรวจวัดในช่วง พ.ศ 2539 และ พ.ศ 2540 นั้น สรุปได้ว่า ปริมาณฝุ่นขนาด 10 ไมครอน สถานีภูเก็ต มีค่าสูงสุดในแต่ละวันสูงกว่าอีก 2 สถานีทั้ง 2 ปี คือ 314.1 และ 196.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ในเดือนพฤษภาคม 2539 และ กันยายน 2540 ตามลำดับ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ พบความเข้มข้นสูงสุด 118 ส่วนในพันล้านส่วน ที่สถานีภูเก็ต ไนโตรเจนได-

ออกไซด์ พบความเข้มข้นสูงสุด 132.8 ส่วนในพันล้านส่วน ในเดือนกรกฎาคม 2539 ที่สถานี
 ภูเก็ตมีปริมาณ คาร์บอนมอนอกไซด์พบความเข้มข้นสูงสุด 45.4 ส่วนในล้านส่วนที่สถานี
 ภูเก็ต มีเทนที่สถานีสุราษฎร์ธานีและภูเก็ตในปี พ.ศ. 2540 มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนสถานีหาด
 ใหญ่ความเข้มข้นในปี พ.ศ. 2539 จะสูงกว่าในปี พ.ศ. 2540 ในเดือนพฤศจิกายน 2539 มีค่า
 สูงสุดถึง 10.2 ส่วนในพันล้านส่วน

5. วิธีในการวิเคราะห์มลสารในอากาศ มีอยู่ด้วยกันหลายวิธีด้วยกันดังนี้

5.1 เครื่องวัดระบบนั้ดิสเพอร์ซีฟ อินฟราเรด ดีเทคชัน (Non-dispersive Infrared Detection) เป็นเครื่องมือวัดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ โดยใช้หลักการที่รังสีอินฟราเรดจะ
 ดูดกลืนสารต่างชนิดกันได้ไม่เท่ากัน สารต่างชนิดกันเหล่านี้จะมีการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดที่
 ความยาวคลื่นต่าง ๆ กัน เครื่องวัดระบบนี้ใช้วัดหาปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (คณะ
 กรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2538 ; พูลพร, 2537)

5.2 เครื่อง Flame Ionization Detector (FID) ใช้วัดหาปริมาณไฮโดรคาร์บอนจำพวก
 มีเทน และที่ไม่ใช่มีเทน (พูลพร, 2537)

5.3 เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี ในการศึกษาชนิดและปริมาณมลพิษทางอากาศนั้น ถ้า
 ใช้เทคนิคทางแก๊สโครมาโตกราฟีแล้ว จะช่วยทำให้การวิเคราะห์หาสารมลพิษในอากาศได้
 ง่ายขึ้น (เพริศพิชญ์ คณาธารณา, 2526) วิธีนี้สามารถใช้วิเคราะห์ไฮโดรคาร์บอน(มีเทน)
 ออกไซด์ของไนโตรเจน คาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ และสารอื่น ๆ อีกหลาย
 ชนิดด้วยกันการใช้แก๊สโครมาโตกราฟี เป็นวิธีทางกายภาพในการแยกของผสมว่าในของ
 ผสมประกอบด้วยอะไรบ้าง (พูลพร, 2537)

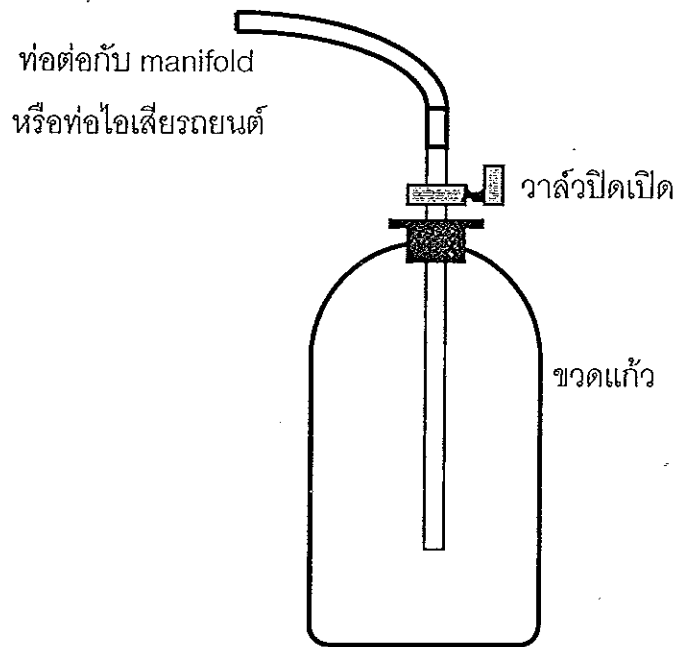
5.4 เครื่องวัดระบบเคมีลูมิเนสเซน (Chemiluminescence) เป็นเครื่องมือใช้วัดค่าแก๊ส
 ไนโตรเจนไดออกไซด์โดยการใช้ไอโซนทำปฏิกิริยากับไนตริกออกไซด์ ซึ่งถูกเปลี่ยนมาจาก
 ไนโตรเจนไดออกไซด์แล้ววัดความเข้มของแสงที่เกิดจากปฏิกิริยานั้น ที่ความยาวคลื่นที่สูง
 กว่า 600 นาโนเมตร (Pavel and Zbynek, 1992)

5.5 การวัดหาปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไนโตรเจนไดออกไซด์โดยวิธีคัลเลอริ
 เมตริก เนื่องจากปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบรรยากาศโดยทั่วไปมีน้อยมาก (Pual, et. al,
 1965) ซึ่งวิธีพาราโรซานิ่สนในการหาปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์นั้น Scaringelli, et. al,

(1967) ได้ศึกษาและได้พัฒนาวิธีการวัดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยได้คำนึงถึงค่าการดูดกลืนแสงที่มีสาเหตุมาจาก พีเอช อุณหภูมิ สิ่งเจือปนในรีเอเจนต์และน้ำกลั่นที่ใช้ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะถูกออกซิไดซ์เป็นซัลเฟตอย่างช้า ๆ การเติมเอทิลีนไดเอมีนเตตระอะซีติกแอซิด (EDTA) ลงไปไม่เพียงแต่สามารถกำจัดสารรบกวนประเภทโลหะหนักได้แล้ว ยังสามารถช่วยในการป้องกันไม่ให้ออกซิไดซ์ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ถูกออกซิไดซ์ได้เป็นอย่างดี (Andrew and Gordon, 1965) ส่วนไนโตรเจนไดออกไซด์ใช้วิธีซอลท์แมน (B.E. Saltzman, 1954 ; สมบัติ, 2527) และวิธี TGS-ANSA หลักการโดยเก็บตัวอย่างผ่านสารละลายตัวจับ TGS แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์จะละลายอยู่ในรูปไนโตรที่ไอออนเมื่อวัดค่าการดูดกลืนแสงของสีที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างไนโตรที่ไอออนกับสารละลายซัลฟานิลาไมด์ และสารละลาย ANSA ในตัวอย่างอากาศ โดยการวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานของไนโตรที่ไอออน ก็จะทราบปริมาณความเข้มข้นของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ (Fuerst and Margeson, 1974)

5.6 การใช้หลอดตรวจวัดแก๊ส (อารีย์ แก้วเขียว, ม.ป.ป.) หลักการทำงานจะอาศัยการเปลี่ยนแปลงของสารเคมี (Detecting reagent) ที่บรรจุอยู่ภายในหลอดแก้ว หลอดแก้วนี้ทำมาจากโบโรซิลิเกตบริสุทธิ์ (High - Quality borosilicate glass) มีเส้นผ่านศูนย์กลางสม่ำเสมอ โดยเมื่อป้อนอากาศผ่านเข้ามา แก๊สมลพิษในอากาศจะทำปฏิกิริยากับสารเคมี เกิดการเปลี่ยนแปลงสีของสารเคมีที่ดูดกลืน (Absorbed) ความยาวของสีที่เปลี่ยนแปลงจะเป็นสัดส่วนกับความเข้มข้นของแก๊สมลพิษ

5.7 การใช้ FTIR เป็นเครื่องตรวจวัด การวัดโดยวิธีนี้นับว่าเป็นเทคนิคที่ได้มีการพัฒนาค่อนข้างสูง สามารถนำมาวัดหาปริมาณมลสารได้หลายชนิดด้วยกันเช่น ใช้หาปริมาณมีเทน (Seasholtz, et al., 1988) การหาปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) โดย Mary และคณะ (1988) จากท่อไอเสียรถยนต์โดยการใช้ Fourier Transform Infrared (FTIR) ซึ่งนับว่าเป็นเทคนิคที่มีการพัฒนาค่อนข้างสูง ในการวัดได้นำเอาระบบสุญญากาศเข้ามาใช้ในการศึกษา การเก็บตัวอย่างใช้ขวดเก็บตัวอย่างที่ได้ทำให้ภายในเป็นสุญญากาศ ลักษณะดังแสดงในภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 แสดงขวดเก็บตัวอย่างจากท่อไอเสียรถยนต์

การเก็บตัวอย่างทำได้โดยการสอดท่อที่ต่อกับขวดตัวอย่างใส่เข้าไปในท่อไอเสียรถยนต์ลึกประมาณ 20 เซนติเมตร Mary ได้นำขวดไอเสียที่เก็บได้เข้าระบบสุญญากาศ เมื่อทำให้ระบบเป็นสุญญากาศแล้ว จากนั้นปล่อยตัวอย่างไอเสียเข้าสู่ gas cell ขนาดความยาว 10 เซนติเมตร หลังจากนั้นนำ gas cell ไปทำการวิเคราะห์หาปริมาณด้วย FTIR ทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงอินฟราเรด จากช่วง wavenumber ตั้งแต่ 4600 ถึง 400 cm^{-1} ผลจากการวิเคราะห์หาปริมาณของคาร์บอนมอนอกไซด์ในรถยนต์รุ่นต่าง ๆ ที่สนใจซึ่งสามารถคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนมอนอกไซด์ ได้ดังตาราง 9

ตาราง 9 ค่าเฉลี่ยคาร์บอนมอนอกไซด์ที่วิเคราะห์ได้โดย FTIR จากไอเสียที่ปล่อยออกมาจากรถยนต์ 3 ชนิด

ชนิดรถยนต์และปีที่ผลิต	ค่าเฉลี่ย %CO \pm SD
1973 คูเป้ ^a	17 \pm 3
1983 ซีดาน ^a	0.6 \pm 0.2
1983 ซีดาน ^b	5.9 \pm 0.7
1986 แวน ^a	\leq 0.4 ^c

- ทำการทดสอบที่เริ่มสตาร์ทเครื่องยนต์ขณะอุณหภูมิการใช้งานปกติ
- ทำการทดสอบที่เริ่มสตาร์ทเครื่องยนต์ขณะอุณหภูมิต่ำ
- ค่าการดูดกลืนที่ 2170 cm^{-1} อยู่ต่ำกว่าค่าขีดจำกัดต่ำสุด

จากผลที่ได้มีความแตกต่างกัน Mary พบว่ามีสาเหตุเนื่องมาจาก ในรถยนต์ คูเป้ เครื่องยนต์ใช้ระบบการฉีดเชื้อเพลิงเข้าไปในกระบอกสูบโดยตรงจะปล่อยคาร์บอนมอนอกไซด์ออกมามาก ส่วนในรถยนต์ ซีดาน จะใช้ระบบการฉีดเชื้อเพลิงเข้าไปในกระบอกสูบเหมือนกัน แต่จะมีอุปกรณ์ oxygen sensor เพิ่มเข้ามาทำหน้าที่ในการควบคุมปริมาณของออกซิเจนที่จะเข้าไปในขณะเกิดการเผาไหม้ ทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นทำให้การปล่อยคาร์บอนมอนอกไซด์ออกมาน้อยกว่ารถยนต์คูเป้ ส่วนในรถแวนนั้น จะใช้ระบบของคาร์บูเรเตอร์ ซึ่งระบบนี้จะทำการผสมระหว่างเชื้อเพลิงและออกซิเจนในปริมาณที่เหมาะสมก่อนที่จะฉีดเข้าไปยังกระบอกสูบ ทำให้มีออกซิเจนเพียงพอในการเกิดการเผาไหม้ เป็นผลทำให้คาร์บอนมอนอกไซด์ ที่ปล่อยออกมามีปริมาณน้อยมาก

Yoshimasa Ogawara และคณะ (1994) ได้ทำการศึกษาหาปริมาณของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) และแก๊สอื่น ๆ อีกหลายชนิด ในบางครั้งความเข้มข้นอยู่ในระดับที่ต่ำมาก ๆ ถึงส่วนในพันล้านส่วน การตรวจวิเคราะห์จึงจำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่มีความไวสูง วิธีหนึ่งก็คือการนำเอาเทคนิคทาง Fourier Transform Infrared Spectrometry (FTIR) มาใช้ในการวิเคราะห์หา

ปริมาณ CO, CO₂, CH₄ และ H₂O เดิมจะทำการวิเคราะห์หาปริมาณแก๊สเหล่านี้ในระบบ gas phase พบว่าปัญหาที่พบก็คือการใช้ gas cell ซึ่งมีความยาวมากทำให้ปริมาณตัวอย่างที่ใช้มากตามไปด้วย เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวในการวิเคราะห์ Yoshimasa Ogawara ได้ทดลองใช้แก๊สที่มีความบริสุทธิ์สูง ได้แก่ ไนโตรเจน และอาร์กอน ประกอบกับการนำเอา Matrix Isolation .FTIR และ Integrating Sphere ที่มีลักษณะทรงกลมกลวงด้านในฉาบไว้ด้วยวัสดุที่สามารถสะท้อนไปมาได้ทำเป็น gas cell ทำให้สามารถลดปริมาณการใช้ตัวอย่างที่จะใช้บรรจุใน gas cell ลงได้ จากการทดลองพบว่า CH₄ และ H₂O ให้ผลการตอบสนองค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นเป็นเส้นตรงทั้งใน argon matrix และ nitrogen matrix ส่วน CO และ CO₂ ให้ผลการตอบสนองค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นเป็นเส้นตรงเฉพาะใน argon matrix เท่านั้น แต่เมื่อเติม argon ลงใน nitrogen matrix ก็จะให้ผลการตอบสนองค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นเป็นเส้นตรงได้เช่นเดียวกัน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลให้เทคนิค Fourier Transform Infrared Spectrometry (FTIR) มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์หาปริมาณมลสาร (แก๊ส) คาร์บอนมอนอกไซด์ มีเทน ไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectrometry (FTIR) เปรียบเทียบกับเทคนิค colorimetric method ในการวิเคราะห์หาปริมาณมลสาร (แก๊ส) ไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในอากาศ
3. เพื่อหาปริมาณแก๊สมลพิษ คาร์บอนมอนอกไซด์ มีเทน ไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในบริเวณเทศบาลนครหาดใหญ่

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการวิเคราะห์หาปริมาณมลสาร(แก๊ส) คาร์บอนมอนอกไซด์ มีเทน ไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในอากาศโดยเทคนิค FTIR
2. ได้ทราบถึงประสิทธิภาพของเทคนิค FTIR ในการวิเคราะห์หาปริมาณมลสาร (แก๊ส) ไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศเปรียบเทียบกับเทคนิค colorimetric method
3. ได้ทราบถึงปริมาณมลสาร(แก๊ส) คาร์บอนมอนอกไซด์ มีเทน ไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในอากาศที่มีอยู่ในบริเวณเขตเทศบาลนครหาดใหญ่

ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการใช้เทคนิค FTIR และเทคนิค colorimetric method ในการหาปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ มีเทน ไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในอากาศ

2. ศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการวิเคราะห์หาปริมาณมลสาร (แก๊ส)

ในอากาศระหว่าง การใช้เทคนิค FTIR และเทคนิค colorimetric method

3. ศึกษาปริมาณมลสาร (แก๊ส) ในอากาศในบริเวณเขตเทศบาลนครหาดใหญ่และบริเวณใกล้เคียงในช่วงเวลาเร่งด่วน ช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ช่วงเวลาวันหยุดและเวลาวันปกติ ช่วงเวลาฤดูกลาง

บทที่ 2

วิธีการวิจัย

2.1 สารเคมี วัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้

2.1.1 สารเคมี

- ปะรอกคลอไรด์ (Mercuric chloride (AR grade, Carlo Erba Italy))
- เอทิลีนไดเอมีนอะเซติกแอซิด (Ethylenediaminetetraacetic acid (AR grade, BDH Chemicals Ltd., Poole, England))
- โซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride (AR grad, Fluka chemie ag, CH-9470 Buchs, Switzerland))
- กรดซัลฟามิก (Sulfamic acid (AR grade, J.T. Baker chemicals Co., Deventer, Holland))
- ฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde (AR grade, Carlo Erba Italy))
- ไอโอดีน (Iodine (AR grad, Fluka chemie ag, CH-9470 Buchs, Switzerland))
- โซเดียมไอโอไดด์ (Potassium iodide (AR grade, J.T. Baker chemicals Co., Deventer, Holland))
- ปะรอกไอโอไดด์ (Mercuric iodide (AR grade E Merck Darmstadt, Germany))
- แป้ง (Starch (AR grad, Fluka chemie ag, CH-9470 Buchs, Switzerland))
- โซเดียมไธโอซัลเฟต (Sodium thiosulfate (AR grade, Carlo Erba Italy))
- โพแทสเซียมไอโอเดต (Potassium iodate (AR grade E Merck Darmstadt, Germany))
- กรดเกลือ (Hydrochloric acid (AR grade, Carlo Erba Italy))
- โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate (AR grad, Fluka chemie ag, CH-9470 Buchs, Switzerland))

- โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ (Sodium metabisulfite (AR grade E Merck Darmstadt, Germany))
- นอร์มอล-บิวทานอล (Butyl alcohol (AR grade, Ajax Chemicals, Australia)
- พาราโรซานิลีน ไฮโดรคลอไรด์ (Pararosaniline hydrochloride (AR grad, Fluka chemie ag, CH-9470 Buchs, Switzerland))
- โซเดียมอะซีเตท ไตรไฮเดรท (Sodium acetate trihydrate (AR grade E Merck Darmstadt, Germany))
- กรดอะซีติก (Acetic acid (acid (AR grade, J.T. Baker chemicals Co., Deventer, Holland))
- ไตรเอทานอลามีน (Triethanolamine (AR grad, Fluka chemie ag, CH-9470 Buchs, Switzerland))
- กุเอียคอลล (Guaiacol (AR grad, Fluka chemie ag, CH-9470 Buchs, Switzerland))
- ซัลฟานิลาไมด์ (Sulanilamide (AR grad, Fluka chemie ag, CH-9470 Buchs, Switzerland))
- เกลือแอมโมเนียของ 8-อะมิโน-2-แนฟทาลีน ซัลไฟนิกแอซิด (8-Amino-2-naphthalinesulfonic acid (AR grad, Fluka chemie ag, CH- 9470 Buchs, Switzerland))
- ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide (AR grade E Merck Darmstadt, Germany))
- แอปโซลูทเมทานอล (Absolute methanol (AR grade, Carlo Erba Italy))
- โซเดียมไนไตรท์ (Sodium nitrite (AR grad, Fluka chemie ag, CH- 9470 Buchs, Switzerland))
- แก๊สมาตรฐานไนโตรเจนไดออกไซด์ ความเข้มข้น 10.2 ส่วนในล้านส่วน (ppm), (Altech Associates, Inc., USA)
- แก๊สมาตรฐานผสม คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และมีเทน ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ (Altech Associates, Inc., USA)

2.1.2 วัสดุและอุปกรณ์

- เครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรเมตรี (Fourier Transform Infrared Spectrometry (FTIR)) Model MB series Bomem/Hartman & Braun Inc. Quebec, Canada) พร้อมด้วยเซลล์บรรจุแก๊สตัวอย่าง (gas cell) ขนาดความยาว 10 เซนติเมตร มีช่องให้แสงผ่านเป็น KBr และมีโปรแกรมควบคุมการทำงานและประมวลผลการวิเคราะห์ คือโปรแกรม Bomem Easy version 1.50

- เครื่อง ยูวี-วิซิเบิล สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ รุ่น 4050 Biochem England

- หลอดใส่สารละลายตัวจับ (Midget Bubbler) ขนาด 30 มิลลิลิตร Supelco Inc., USA.

- ปิ๊มดูดอากาศ (Gas Manufacturing Corporation, USA.)

- ท่อสายยาง ทำจากซิลิโคนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 7 มิลลิเมตร

- ท่อใส่ซิลิกาเจล ทำจากท่อพีวีซี (poly vinyl chloride) เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2.5 นิ้ว ความยาว 8 นิ้ว

- อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของอากาศ (Flow Meter) Cole-Parmer Instrument Co., USA

- เทอร์โมมิเตอร์

- ถุงเก็บอากาศขนาด 10 ลิตร (Tedlar Bag) Supelco Inc., USA.

- ถุงเก็บอากาศทำขึ้นจากวัสดุพลาสติกโพลีเอทิลีนขนาดปริมาตรประมาณ 7 ลิตร

- แมนิโฟลด์ (manifold)

- อุปกรณ์ที่ใช้ทั่วไปในห้องปฏิบัติการ เช่น ปีกเกอร์ หลอดทดลอง ปิเปต เป็นต้น

2.2 การทดลอง

2.2.1 ศึกษาหาความเข้มข้นที่วัดได้จากแก๊สมาตรฐานโดยวิธี FTIR โดยการใช้โปรแกรม Bomem Easy Version 1.50

ทำได้โดยการเตรียมแก๊สมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้นต่าง ๆ กันประมาณ 5 ความเข้มข้นดังต่อไปนี้ คาร์บอนมอนอกไซด์ความเข้มข้น 25, 50, 100, 250 และ 500 ส่วนในร้อยล้านส่วน (pphm) มีเทนความเข้มข้น 25, 50, 100, 250 และ 500 ส่วนในร้อยล้าน

ส่วน (pphm) ไนโตรเจนไดออกไซด์ความเข้มข้น 1.0, 2.5, 5.0, 7.5 และ 10.0 ส่วนในร้อย ล้านส่วน (pphm) และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ความเข้มข้น 5.0, 7.5, 10.0, 12.5, และ 15.0 ส่วน ในร้อยล้านส่วน (pphm) ดังแสดงในตาราง 10 แล้วนำแก๊สมาตรฐานผสมที่เตรียมได้ไปทำ การวัดหาความเข้มข้นและเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพในการวัดต่อไป

ตาราง 10 ความเข้มข้นของแก๊สมาตรฐานที่เตรียมเพื่อใช้ในการศึกษาหาความเข้มข้น ที่วัดได้จากแก๊สมาตรฐานโดยวิธี FTIR โดยการใช้โปรแกรมคำนวณ Bomem Easy Version 1.50

ความเข้มข้นที่	แก๊สมาตรฐาน			
	CO(pphm)	NO ₂ (pphm)	CH ₄ (pphm)	SO ₂ (pphm)
1	25	1.0	25	5
2	50	2.5	50	7.5
3	100	5.0	100	10
4	250	7.5	250	12.5
5	500	10.0	500	15

2.2.2 ศึกษาขีดจำกัดของการตรวจวัด (Limit of Detection) และประสิทธิภาพ ของการตรวจวัด ในการวิเคราะห์ คาร์บอนมอนอกไซด์ ไนโตรเจนได- ออกไซด์ มีเทน และซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยวิธี FTIR

โดยทำการเตรียมแก๊สมาตรฐานผสมของคาร์บอนมอนอกไซด์ให้มีความเข้มข้น 500, 250, 100, 10, 8, 7 และ 6 ส่วนในร้อยล้านส่วน (pphm) มีเทน ความเข้มข้น 500, 250, 100, 8, 7, 6 และ 5 ส่วนในร้อยล้านส่วน (pphm) ไนโตรเจนไดออกไซด์ ความเข้มข้น 10.0, 5.0, 1.0, 0.5, 0.4, 0.3 และ 0.1 ส่วนในร้อยล้านส่วน (pphm) และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ความเข้มข้น 20.0, 10.0, 5.0, 3.0, 2.0, 1.0 และ 0.5 ส่วนในร้อยล้านส่วน (pphm) ดังในตาราง 11 แล้วนำมาวัดหาค่าการดูดกลืนแสงอินฟราเรดจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FTIR

ตาราง 11 ความเข้มข้นของแก๊สมาตรฐานผสมที่ใช้ในการศึกษาขีดจำกัดของการตรวจวัด
โดยวิธี FTIR

ความเข้มข้นที่	แก๊สมาตรฐานผสม			
	CO(pphm)	NO ₂ (pphm)	CH ₄ (pphm)	SO ₂ (pphm)
1	500	10.0	500	20
2	250	5.0	250	10
3	100	1.0	100	5
4	10	0.5	8	3
5	8	0.4	7	2
6	7	0.3	6	1
7	6	0.1	5	0.5

2.2.3 การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) มีเทน (CH₄)

ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) โดยวิธี FTIR

2.2.3.1 การเตรียมถุงเก็บตัวอย่างอากาศ

การเก็บตัวอย่างโดยการใช้อุ้งเก็บอากาศขนาด 10 ลิตร (Tedlar bag) และถุงเก็บอากาศที่จัดทำขึ้น โดยใช้วัสดุที่เป็นพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน จะได้ถุงเก็บอากาศขนาดความจุประมาณ 7 ลิตร ก่อนนำไปใช้ทำการเก็บตัวอย่างอากาศจะต้องทำการไล่อากาศที่ค้างออกให้หมดก่อนโดยการให้เครื่องปั๊มดูดอากาศออกให้หมด และต่อท่อแก๊สปล่อยแก๊สไนโตรเจนเข้าไปเพื่อทำการไล่แก๊สที่อาจจะหลงเหลืออยู่ในถุงเก็บตัวอย่างออกให้หมดและทดสอบการรั่วซึมโดยการแช่ลงในน้ำ หลังจากนั้นทำการไล่แก๊สไนโตรเจนออกโดยใช้เครื่องปั๊มดูดออกให้หมดเช่นเดียวกับตอนแรก ก็จะได้ถุงเก็บตัวอย่างอากาศที่พร้อมจะนำไปใช้งาน

2.2.3.2 การทดสอบประสิทธิภาพของถุงเก็บอากาศ

การทดสอบประสิทธิภาพของถุงเก็บอากาศทั้งสองแบบคือ แบบที่เป็น Tedlar bag และแบบที่จัดทำขึ้นจากวัสดุพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน และทำการเปรียบเทียบกันระหว่างถุงเก็บอากาศทั้งสองแบบก่อนที่จะนำไปใช้งานนั้น เพื่อให้ความมั่นใจว่าวัสดุที่ใช้ทำถุงเก็บตัวอย่างอากาศไม่ทำให้ความเข้มข้นของแก๊สมลพิษที่ต้องการศึกษานั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมเมื่อเวลาผ่านไปอย่างน้อย 24 ชั่วโมง และเพื่อที่จะแสดงให้เห็นว่าถุงเก็บตัวอย่างอากาศที่ทำเองมีคุณภาพแตกต่างกันหรือไม่กับถุงเก็บตัวอย่างอากาศที่ซื้อมา (Tedlar bag)

การทดสอบหาประสิทธิภาพของถุงเก็บตัวอย่างทั้งสองแบบทำการทดสอบในด้านการรั่วซึมโดยการใช้น้ำทดสอบและการศึกษาค่าความเข้มข้นของแก๊สมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้น โดยการเตรียมแก๊สมาตรฐานคาร์บอนมอนอกไซด์ มีเทน ไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ความเข้มข้น 100, 100, 5 และ 5 pphm ตามลำดับ หลังจากนั้นจึงนำไปวิเคราะห์โดย FTIR ทุก ๆ 3 ชั่วโมง เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง

การทดสอบหาประสิทธิภาพของถุงเก็บอากาศโดยการเก็บตัวอย่างอากาศจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 1. (บริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์) ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการจราจรไม่หนาแน่น ตั้งอยู่นอกเมืองออกมา และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 (บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย 2) เป็นบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่นและตั้งอยู่ในบริเวณย่านการค้า มาทำการวิเคราะห์เช่นเดียวกับแก๊สมาตรฐาน

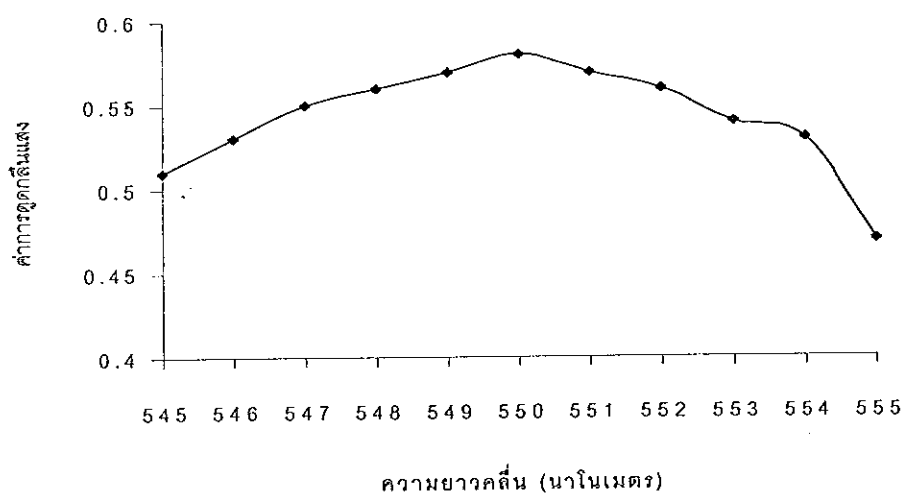
2.2.4 การวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยวิธีคัลเลอร์ิเมตริก (colorimetric method) โดยใช้วิธีพาราโรซานิลีน (ภาคผนวก ก)

ในการหาปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) มีขั้นตอนดังต่อไปนี้ คือ ขั้นตอนการเตรียมสารละลายตัวจับแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ คือสารละลาย 0.04 โมลาร์ ของสารละลายโพแทสเซียมเตตระคลอโรเมอร์คิวเรต (Potassium Tetrachloro Mercurate) เรียกว่า TCM และสารละลายที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ตัวอื่น ๆ สารเคมีทุกตัวที่ใช้จะต้องเป็นเกรดงานวิเคราะห์ (Analytical reagents หรือ AR grade) เป็นอย่างน้อย ส่วนรายชื่อสารเคมีที่ใช้ทั้งความเข้มข้นและวิธีการเตรียมดังในภาคผนวก ก เพื่อให้ได้ความยาวคลื่นที่จะใช้วิเคราะห์

ที่เหมาะสมที่สุดจะต้องทำการหาความยาวคลื่นของการดูดกลืนแสงสูงสุดและเหมาะสมที่สุด ทำได้โดยการนำสารละลายมาตรฐานซัลไฟท์ - ทีซีเอ็ม ที่ผ่านการเติมสารละลายตามวิธีการในภาคผนวก ก จนเกิดการเปลี่ยนแปลงสีสารละลายสมบูรณ์ นำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ในช่วงความยาวคลื่น 545 - 555 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง ยูวี-วิทิเบิล สเปคโตรโฟโต-มิเตอร์ ได้ค่าการดูดกลืนแสงดังตาราง 12 นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความยาวคลื่น จะได้ดังภาพประกอบ 2 พบว่าความยาวคลื่นที่ให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ 550 นาโนเมตรของสารละลายของสารประกอบชื่อพาราโรซานิลีน เมทิล ซัลฟอนิก แอซิด

ตาราง 12 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นระหว่าง 545 - 555 นาโนเมตรของสารละลายของสารประกอบชื่อ พาราโรซานิลีน เมทิล ซัลฟอนิก แอซิด

ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555
ค่าการดูดกลืนแสง	0.51	0.53	0.55	0.56	0.57	0.58	0.57	0.56	0.54	0.51	0.47



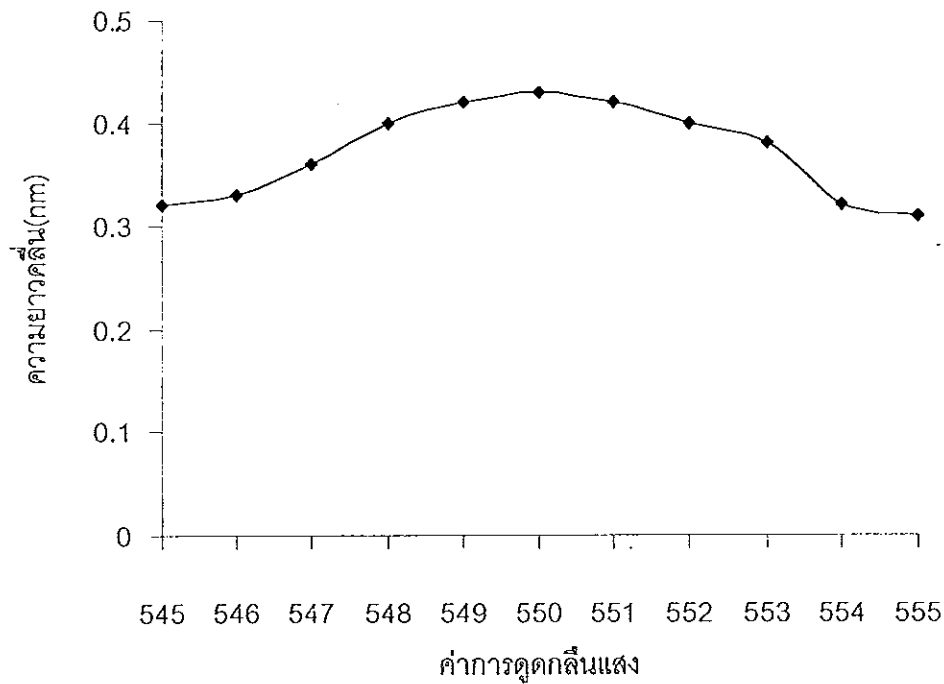
ภาพประกอบ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความยาวคลื่นต่าง ๆ สารละลายมาตรฐานซัลไฟท์-ทีซีเอ็ม

2.2.5 การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ โดยวิธีคัลเลอริเมตริก (colorimetric method) โดยใช้วิธี TGS-ANSA (ภาคผนวก ก)

ในการหาปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ มีขั้นตอนดังนี้ การเตรียมสารเคมีที่นำมาใช้ควรเป็นเกรดงานวิเคราะห์เป็นอย่างน้อย รายละเอียดการเตรียมสารเคมีต่าง ๆ ที่ใช้นั้นอยู่ในภาคผนวก ก ก่อนทำการวิเคราะห์หาปริมาณแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์จะต้องทำการหาความยาวคลื่นของการดูดกลืนสูงสุดและเหมาะสมเสียก่อน โดยการนำสารละลายมาตรฐานโซเดียมไนไตรท์ ที่ผ่านการเติมสารละลายจนเกิดการเปลี่ยนแปลงสีสารละลายสมบูรณ์แล้ว นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ในช่วงความยาวคลื่น 545 - 555 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง ยูวี-วิสิเบิล สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ได้ค่าการดูดกลืนแสงดังในตาราง 13 นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความยาวคลื่นดังภาพประกอบ 3 พบว่าความยาวคลื่นที่ให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ 550 นาโนเมตร ของสี (Azo Dye) ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างไนไตรท์ไอออนกับสารละลายซัลฟานิลาไมด์ และสารละลาย ANSA (8-Anilino-1-naphthalene sulfonic acid –Ammonium salt)

ตาราง 13 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นระหว่าง 545 - 555 นาโนเมตร
ของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไนไตรท์

ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555
ค่าการดูดกลืนแสง	0.32	0.33	0.36	0.40	0.42	0.43	0.42	0.40	0.38	0.32	0.31



ภาพประกอบ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความยาวคลื่นต่าง ๆ
ของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไนไตรท์

2.3 ศึกษาและเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ที่ได้จากวิธี FTIR และวิธี

คัลเลอรีเมตริก (TGS – ANSA) ในการวิเคราะห์แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์

ในการศึกษาหาปริมาณแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์โดยทำการเก็บตัวอย่างจากจุดเก็บตัวอย่างและวันเวลาเดียวกัน และนำมาวิเคราะห์หาปริมาณโดยวิธี FTIR และวิธี TGS-ANSA ผลที่วิเคราะห์ได้นำมาเปรียบเทียบและสรุปผลจากการเปรียบเทียบค่าที่ได้

2.4 ศึกษาปริมาณของมลสาร (แก๊ส) ในอากาศ โดยวิธี FTIR และวิธีคัลเลอรีเมตริก

2.4.1 จุดเก็บตัวอย่าง

ทำการเก็บตัวอย่างอากาศบริเวณเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ทั้งหมด 8 จุด โดยแต่ละจุดเก็บตัวอย่างได้จากการศึกษาถึงสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ดังเช่น ความแตกต่างของความหนาแน่นของการจราจร กิจกรรมของประชาชนในบริเวณนั้น และสภาพของอาคารร้านค้าและที่อยู่อาศัย จุดเก็บตัวอย่างกำหนดได้เป็นบริเวณที่เป็นที่อยู่อาศัยคือจุดเก็บตัวอย่างอากาศที่ 1 และที่เป็นย่านชุมชนการค้าและการจราจรหนาแน่น คือจุดเก็บตัวอย่างที่ 2-8 ตามลำดับดังนี้

1. จุดเก็บตัวอย่างบริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

สภาพแวดล้อม การจราจรบนถนนด้านหน้ามหาวิทยาลัยเบาบาง จะหนาแน่นบ้างในช่วงเช้าและเย็นแต่ไม่มากนัก ความสูงของอาคารใกล้เคียง 2 ชั้น

2. บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย 2 ถนนศรีภูวนาถ

สภาพแวดล้อมบริเวณนี้จะมีการจราจรหนาแน่นพอสมควรในช่วงเช้าและเย็น มีศูนย์การค้าและร้านค้าตั้งอยู่ในบริเวณโดยรอบ อาคารมีความสูงตั้งแต่ประมาณ 4 ชั้นขึ้นไป

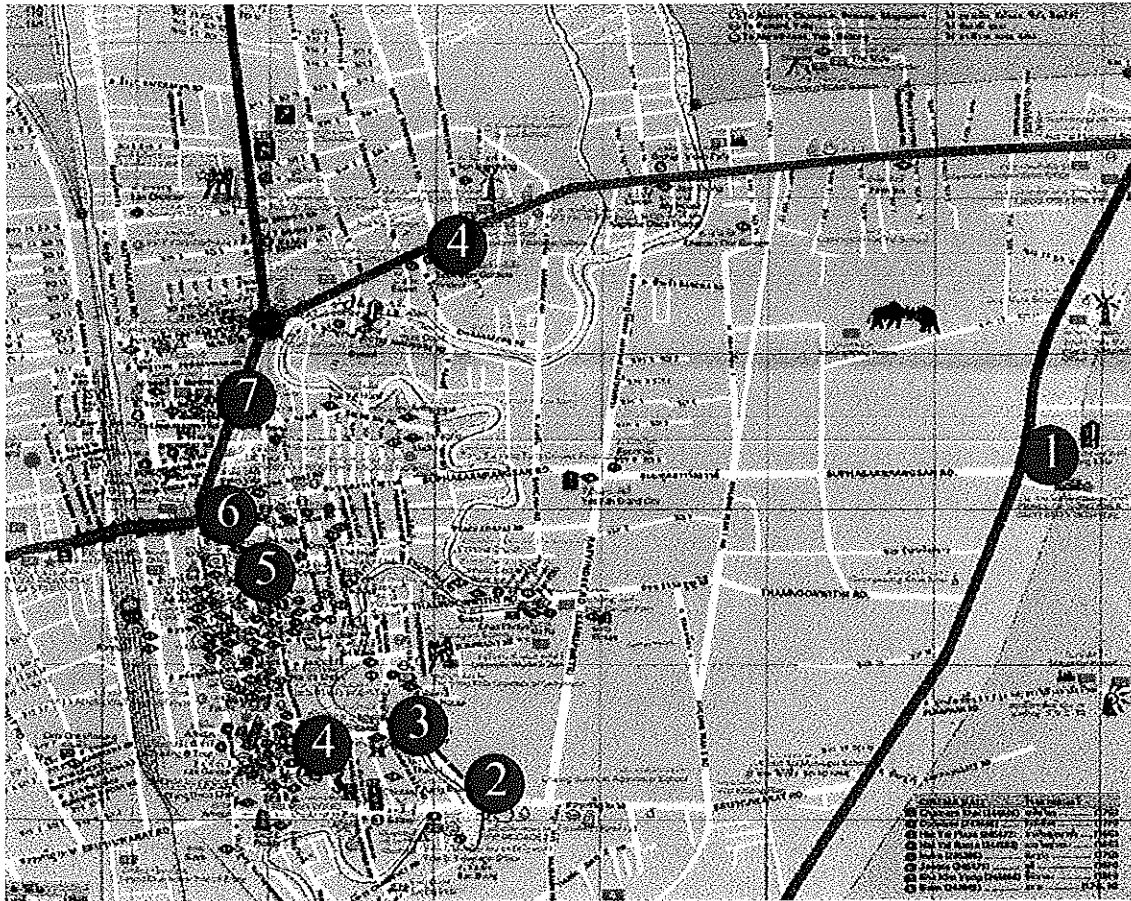
3. จุดเก็บตัวอย่างบริเวณสถานีตรวจอากาศเทศบาลนครหาดใหญ่ ถนนผดุงภักดี

สภาพแวดล้อม การจราจรตลอดวันไม่หนาแน่น ความสูงของอาคารร้านค้าประมาณ 2-4 ชั้นเป็นส่วนใหญ่

4. จุดเก็บตัวอย่างบริเวณหน่วยบริการประชาชน 191 ถนนนิพัทธ์อุทิศ 3

สภาพแวดล้อมการจราจรหนาแน่นบ้างในช่วงเช้าและเย็น ความสูงของอาคารโดยรอบสูงกว่า 4 ชั้นขึ้นไป

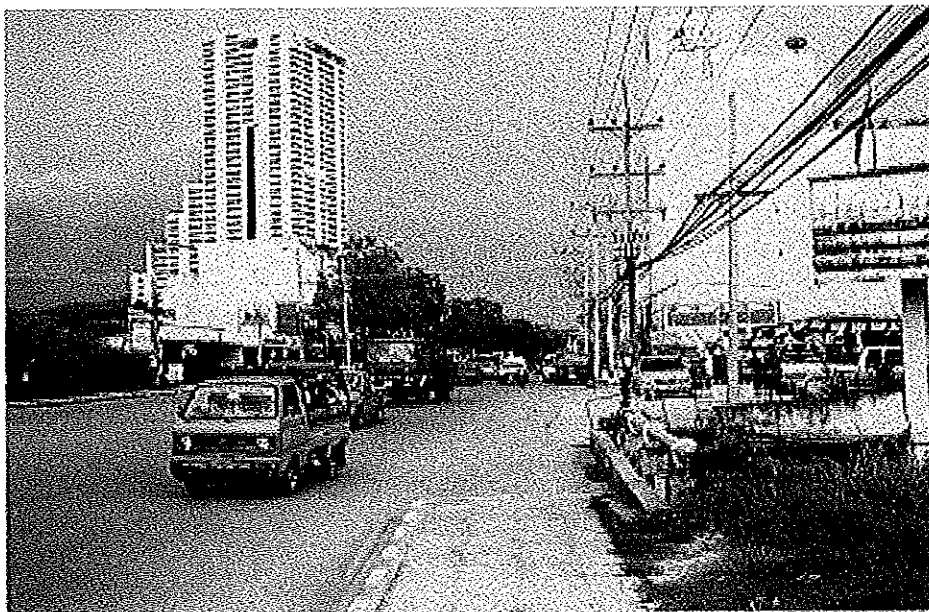
5. จุดเก็บตัวอย่างบริเวณธนาคารไทยพาณิชย์ สาขาหาดใหญ่ ถนนนิพัทธ์อุทิศ 3
สภาพแวดล้อม การจราจรหนาแน่นทั้งวัน และโดยเฉพาะช่วงเช้าและเย็นจะหนาแน่นมาก เป็นย่านการค้าที่สำคัญแห่งหนึ่ง ความสูงของอาคารโดยรอบสูงกว่า 4 ชั้นขึ้นไป
6. จุดเก็บตัวอย่างบริเวณสี่แยกสะพานลอย
สภาพแวดล้อม การจราจรมีความหนาแน่นตลอดทั้งวัน โดยเฉพาะในเวลาช่วงเช้าและเย็น ความสูงของอาคารสูงกว่า 4 ชั้นขึ้นไป
7. จุดเก็บตัวอย่างบริเวณหน้าพิคา ถนนเพชรเกษม
สภาพแวดล้อม การจราจรมีความหนาแน่นทั้งวัน เป็นจุดรับส่งผู้โดยสารที่เดินทางไปมาโดยรถโดยสารประจำทาง ความสูงของอาคารสูงกว่า 4 ชั้นขึ้นไป
8. จุดเก็บตัวอย่างบริเวณหน้าธนาคารแห่งประเทศไทย สาขาภาคใต้
สภาพแวดล้อม การจราจรไม่หนาแน่นมากนัก แต่เวลาในช่วงเช้าและเย็นจะมีความหนาแน่นพอสมควร ความสูงของอาคารสูงกว่า 3 ชั้นขึ้นไป



ภาพประกอบ 4 แสดงแผนที่บริเวณจุดเก็บตัวอย่างในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่



ภาพประกอบ 5 แสดงจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะเภสัชศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่



ภาพประกอบ 6 แสดงจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกันและบรรเทา
สาธารณภัย 2 ถนนศรีภูวนาด



ภาพประกอบ 7 แสดงจุดเก็บตัวอย่างที่ 3 บริเวณสถานีตรวจอากาศ ของเทศบาล
นครหาดใหญ่ ถนนผดุงภักดี



ภาพประกอบ 8 แสดงจุดเก็บตัวอย่างที่ 4 บริเวณหน่วยบริการประชาชน 191
ถนนนิพัทธ์อุทิศ 3



ภาพประกอบ 9 แสดงจุดเก็บตัวอย่างที่ 5 บริเวณธนาคารไทยพาณิชย์ สาขาหาดใหญ่ ถนนนิพัทธ์อุทิศ 3



ภาพประกอบ 10 แสดงจุดเก็บตัวอย่างที่ 6 บริเวณสี่แยกสะพานลอย ถนนเพชรเกษม



ภาพประกอบ 11 แสดงจุดเก็บตัวอย่างที่ 7 บริเวณหน้าพิก้า ถนนเพชรเกษม



ภาพประกอบ 12 แสดงจุดเก็บตัวอย่างที่ 8 บริเวณหน้าธนาคารแห่งประเทศไทย
สาขาภาคใต้ ถนนเพชรเกษม

2.4.2 ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง

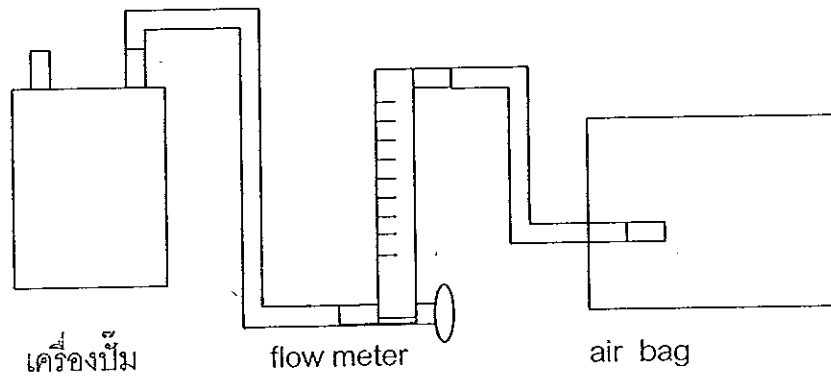
การเก็บตัวอย่างอากาศในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ เริ่มจากการเก็บตัวอย่างอากาศ ทุก ๆ 1 ชั่วโมง เป็นช่วงเวลา 24 ชั่วโมงของทุกจุดเก็บตัวอย่าง เพื่อดูค่าการเปลี่ยนแปลง ความเข้มข้นของมลสารที่ต้องการศึกษาและความแตกต่างกันของความเข้มข้นที่ได้ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง โดยทำการเก็บตัวอย่างอากาศตั้งแต่เวลา 0.00 – 24.00 น. ส่วนเวลาการเก็บตัวอย่างอากาศในช่วงเวลาเร่งด่วนในแต่ละชั่วโมง แบ่งเวลาการเก็บเป็นช่วงเช้าตั้งแต่เวลา 06.00 – 09.00 น. และช่วงเย็นตั้งแต่เวลา 15.00 – 18.00 น. วันที่ทำการเก็บตัวอย่าง จะแบ่งเป็นวันทำงานปกติและวันหยุด ส่วนการเก็บอากาศในรอบหนึ่งปีจะแบ่งระยะเวลา เป็นในช่วงเดือนกรกฎาคม – ตุลาคม ช่วงเดือนพฤศจิกายน – กุมภาพันธ์ และช่วงเดือน มีนาคม – มิถุนายน ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อนตามลำดับ

2.4.3 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์หาปริมาณแก๊สมลสารในอากาศ

ทำได้โดยการเก็บตัวอย่างในช่วงเวลาต่าง ๆ ดังระบุไว้ในหัวข้อ 2.4.2 การเก็บตัวอย่างอากาศโดยการใช้ถุงเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อนำไปวิเคราะห์โดยวิธี FTIR และการเก็บตัวอย่างโดยการใช้สารละลาย TCM และ TGS เป็นตัวจับแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์และแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ใส่ในหลอดตัวจับที่ 1 และ 2 ตามลำดับ (Midget Bubbler) เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณโดยวิธีคัลเลอริเมตริกต่อไป

2.4.3.1 การเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อนำมาวิเคราะห์โดย FTIR

การเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณ CO, CH₄, NO₂ และ SO₂ นั้น ทำได้โดยการเก็บตัวอย่างอากาศใส่ถุงเก็บอากาศขนาด 10 ลิตร ที่ความสูงจากพื้นประมาณ 1.50 - 1.60 เมตร ทำการเก็บตัวอย่างอากาศโดยการต่อถุงเก็บตัวอย่างอากาศเข้ากับอุปกรณ์วัดอัตราการไหลของอากาศ (Flow meter) และเครื่องปั๊มเข้าด้วยกัน ดังภาพประกอบ 13



ภาพประกอบ 13 แสดงอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศโดยใช้ถุงเก็บตัวอย่างอากาศ

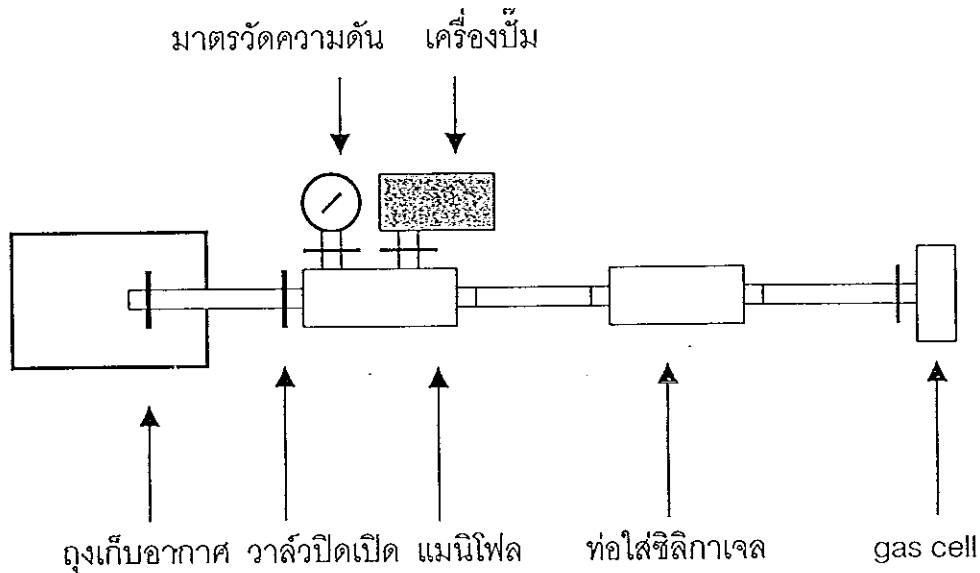
เริ่มทำการเก็บตัวอย่างอากาศโดยการเปิดเครื่องปั๊มแล้วตั้งอัตราการไหลของอากาศประมาณ 150 มล/นาที ในการเก็บตัวอย่างใส่ถุงเก็บตัวอย่างอากาศชนิด Tedlar Bag และอัตราการไหลของอากาศ 100 มล/นาที ในการเก็บตัวอย่างอากาศโดยใช้ถุงเก็บอากาศที่ทำขึ้นจากวัสดุที่เป็นพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน ทำการเก็บตัวอย่างติดต่อกันนานประมาณ 60 นาที นำถุงเก็บอากาศที่ได้เก็บไว้ในที่มืดก่อนนำเข้าห้องปฏิบัติการวิเคราะห์โดยเครื่อง FTIR เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณแก๊สมลสารต่อไป

2.4.3.2 วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ มีเทน

ไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (CO , CH_4 , NO_2 และ SO_2) โดยวิธี FTIR

การนำตัวอย่างอากาศที่เก็บได้โดยใช้ถุงเก็บตัวอย่างอากาศมาทำการวิเคราะห์โดย FTIR จะต้องถ่ายตัวอย่างอากาศที่เก็บได้มาบรรจุลงในแก๊สเซลล์ (gas cell) เสียก่อน แล้วนำไปวิเคราะห์โดย FTIR ต่อไป การถ่ายอากาศจากถุงเก็บอากาศเข้าเซลล์แก๊สทำได้โดยการต่อถุงที่เก็บอากาศเรียบร้อยแล้วกับเครื่องปั๊มโดยมีวาล์วปิดเปิดติดกับมาตรวัดความดันและปั๊มอากาศตัวอย่างจากถุงผ่านไปยังท่อใส่ซิลิกาเจลก่อนเข้าสู่แก๊สเซลล์ดังแสดงในภาพประกอบ 14

กับมาตรวัดความดันและปั๊มอากาศตัวอย่างจากถุงผ่านไปยังท่อใส่ซิลิกาเจลก่อนเข้าสู่แก๊สเซลล์ดังแสดงในภาพประกอบ 14



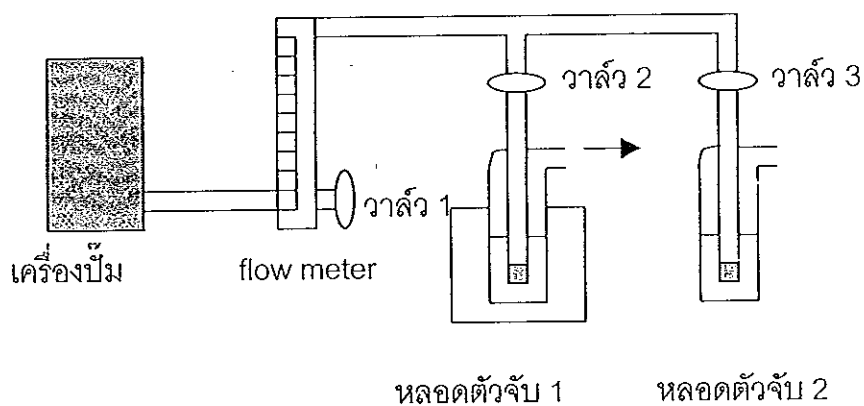
ภาพประกอบ 14 แสดงอุปกรณ์และการต่อของการนำตัวอย่างอากาศเข้าสู่แก๊สเซลล์

เมื่อต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ เข้ากันเรียบร้อยแล้ว ทำการเปิดวาล์วทั้งหมดยกเว้นวาล์วที่ถุงเก็บตัวอย่างอากาศยังปิดเอาไว้ หลังจากนั้นเปิดสวิตช์ให้เครื่องปั๊มทำงานเพื่อดูดอากาศที่มีอยู่ในแมนิโฟลด์ ท่อซิลิโคนที่ใช้ต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ท่อใส่ซิลิกาเจล และในแก๊สเซลล์ออกให้หมด เพื่อให้ระบบทั้งหมดนี้อยู่ในสภาพสุญญากาศทั้งหมดโดยสังเกตจากมาตรวัดความดันสุญญากาศที่ต่ออยู่กับแมนิโฟลด์ เมื่อระบบทั้งหมดอยู่ในสภาพสุญญากาศเรียบร้อยแล้ว ปิดวาล์วที่ต่อกับเครื่องปั๊มและปิดสวิตช์เครื่องปั๊ม เปิดวาล์วที่ถุงเก็บอากาศปล่อยตัวอย่างอากาศหรือแก๊สมาตรฐานที่ต้องการวิเคราะห์หาปริมาณมลสาร (แก๊ส) ผ่านแมนิโฟลด์ และท่อใส่ซิลิกาเจลเพื่อกำจัดความชื้นก่อนเข้าสู่แก๊สเซลล์ต่อไปตามลำดับ เมื่อจัดการนำตัวอย่างอากาศเข้าสู่แก๊สเซลล์เรียบร้อยแล้ว นำแก๊สเซลล์ที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงอินฟราเรดโดยเครื่อง FTIR ซึ่งจะทำการวัดตั้งแต่ความยาวเลขคลื่นที่ (wave number) $400 - 4000 \text{ cm}^{-1}$ แล้วทำการประมวลผลหาปริมาณของ CO , NO_2 และ CH_4 โดยการใช้โปรแกรม Bomem Easy Version 1.50

2.4.3.3 การเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อวิเคราะห์ซัลเฟอร์ไดออกไซด์

โดยวิธีพาราโรซานิสัน

ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างใช้ละลายตัวจับ (TCM) ที่เตรียมได้มาใช้เก็บตัวอย่างติดต่อกันเป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยประกอบอุปกรณ์การเก็บตัวอย่างเข้าด้วยกันดังในภาพประกอบ 15 ทำการเก็บตัวอย่างที่ความสูงจากพื้นดิน 1.5 - 1.6 เมตร โดยการใช้สารละลายตัวจับ TCM ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ลงในหลอดตัวจับ 1 ซึ่งแช่อยู่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ระหว่าง 7 - 17 องศาเซลเซียส และปิดหลอดตัวจับด้วยแผ่นอลูมิเนียม (Aluminium foil) ปิดปั๊มตั้งอัตราการไหลไว้ที่ประมาณ 300 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที จนครบ 1 ชั่วโมง ปิดปั๊ม ปริมาตรของอากาศที่เก็บได้เป็นปริมาตร 18 ลิตร นำหลอดตัวจับมาถ่ายใส่หลอดทดลองปิดหลอดให้แน่น ก่อนนำไปวิเคราะห์ต่อไป ขั้นตอนการเตรียมกราฟมาตรฐานตามวิธีการในภาคผนวก ก โดยการใช้ความยาวคลื่นที่หาได้จากขั้นตอนก่อนหน้านี้ การวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากตัวอย่างอากาศที่เก็บได้จากจุดเก็บตัวอย่างที่กำหนดไว้ในหัวข้อ 2.4.1 ตามระยะเวลาในหัวข้อ 2.4.2 นำตัวอย่างที่เก็บมาเติมสารละลายต่าง ๆ ตามสมภาวะการทดลองเดียวกับสารละลายมาตรฐาน ซัลไฟท์-ทีซีเอ็ม ได้สีที่สมบูรณ์แล้วนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร แล้วนำมาหาค่าความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยการเทียบกับกราฟมาตรฐาน ตามวิธีการในภาคผนวก ก



ภาพประกอบ 15 แสดงอุปกรณ์การเก็บการเก็บตัวอย่างอากาศสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และไนโตรเจนไดออกไซด์

2.4.3.4 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ไนโตรเจนไดออกไซด์ โดยวิธี

TGS - ANSA

ขั้นตอนในการเก็บตัวอย่างใช้อุปกรณ์ดังในภาพประกอบ 15 แต่จะใช้หลอดตัวจับที่ 2 สำหรับใส่ 30 มิลลิลิตรของสารละลาย TGS (สารละลายผสมของ Triethanolamine, Guaiacol และ Sodium metabisulfite) เป็นสารละลายตัวจับแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ เปิดปั๊มทำการเก็บตัวอย่างพร้อมกับการเก็บตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นเวลาติดต่อกัน 1 ชั่วโมง เมื่อครบ 1 ชั่วโมงปิดปั๊มและถ่ายสารละลายตัวจับใส่หลอดทดลองแล้วปิดหลอดให้แน่นก่อนนำไปวิเคราะห์ต่อไป ก่อนทำการวิเคราะห์ต้องทำการเตรียมกราฟมาตรฐานของโซเดียมไนไตรท์เสียก่อนโดยการเติมสารละลายต่าง ๆ ตามสภาวะการทดลองเดียวกับในขั้นตอนการหาความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนสูงสุดและเหมาะสม ส่วนขั้นตอนการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์จากตัวอย่างอากาศที่เก็บได้ โดยนำมาเติมสารละลายต่าง ๆ ตามสภาวะการทดลองเดียวกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไนไตรท์ จนกระทั่งได้สีที่สมบูรณ์แล้วนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร แล้วนำมาหาค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์โดยการเทียบกับกราฟมาตรฐานที่เตรียมไว้

บทที่ 3

ผลและการอภิปรายผล

3.1 การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ มีเทน ไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยวิธี FTIR

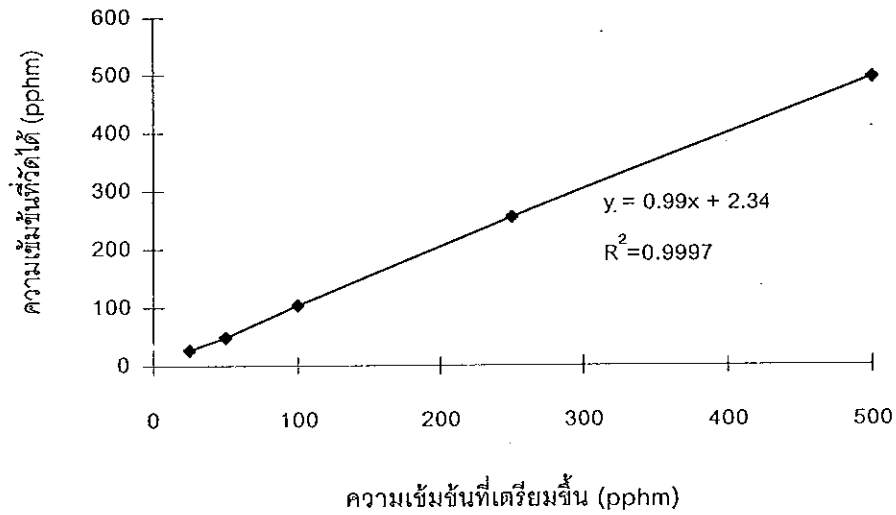
3.1.1 ความเข้มข้นแก๊สมาตรฐานที่วิเคราะห์ได้โดยวิธี FTIR โดยการใช้โปรแกรม Bomem Easy Version 1.50

จากการศึกษาการใช้โปรแกรม Bomem Easy Version 1.50 สำหรับการควบคุมการทำงานและการประมวลผลการวิเคราะห์หาปริมาณแก๊สมลสารที่ต้องการศึกษา เพื่อให้ได้ค่าการประมวลผลที่ถูกต้องจะต้องทำการศึกษาเปรียบเทียบความเข้มข้นของแก๊สมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้น (เตรียมขึ้น) กับค่าความเข้มข้นที่ได้จากการวิเคราะห์โดย FTIR และการใช้โปรแกรม Bomem Easy Version 1.5 เพื่อให้แน่ใจว่าการวิเคราะห์แก๊สเหล่านี้ในอากาศโดย FTIR นั้นให้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้อง ได้ผลดังในตาราง 14

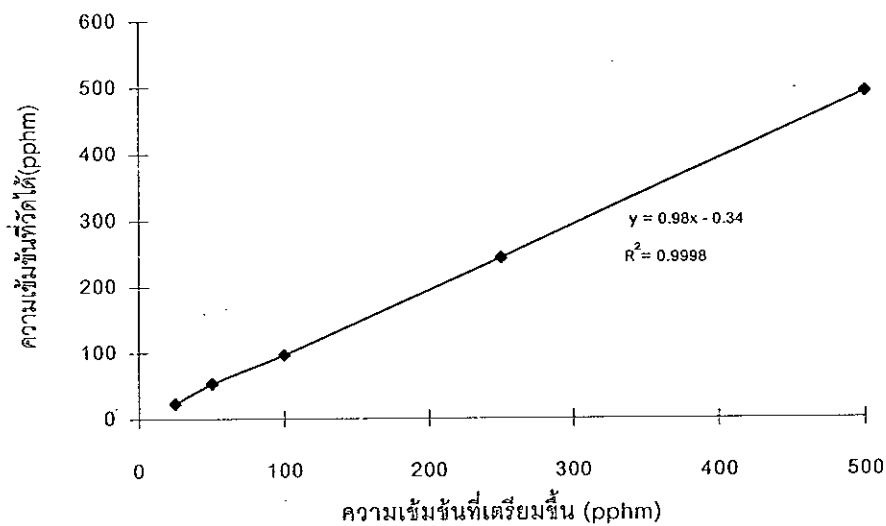
ตาราง 14 ความเข้มข้นของแก๊สมาตรฐานที่วิเคราะห์ได้โดยวิธี FTIR โดยการใช้โปรแกรม Bomem Easy Version 1.50

แก๊สมาตรฐาน	ความเข้มข้น(pphm)					
CO	เตรียมขึ้น	25	50	100	250	500
	ค่าเฉลี่ยที่วิเคราะห์ได้	27	48	103	254	495
	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน	8	4	3	2.4	1
CH ₄	เตรียมขึ้น	25	50	100	250	500
	ค่าเฉลี่ยที่วิเคราะห์ได้	23	53	96	243	492
	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน	8	6	4	2.8	1.6
NO ₂	เตรียมขึ้น	1	2.5	5.0	7.5	10
	ค่าเฉลี่ยที่วิเคราะห์ได้	0.8	2.2	5.2	7.8	9.8
	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน	20	8	4	4	2
SO ₂	เตรียมขึ้น	5	7.5	10	12.5	15
	ค่าเฉลี่ยที่วิเคราะห์ได้	5.3	7.2	9.4	12.9	14.7
	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน	6	4	6	3	2

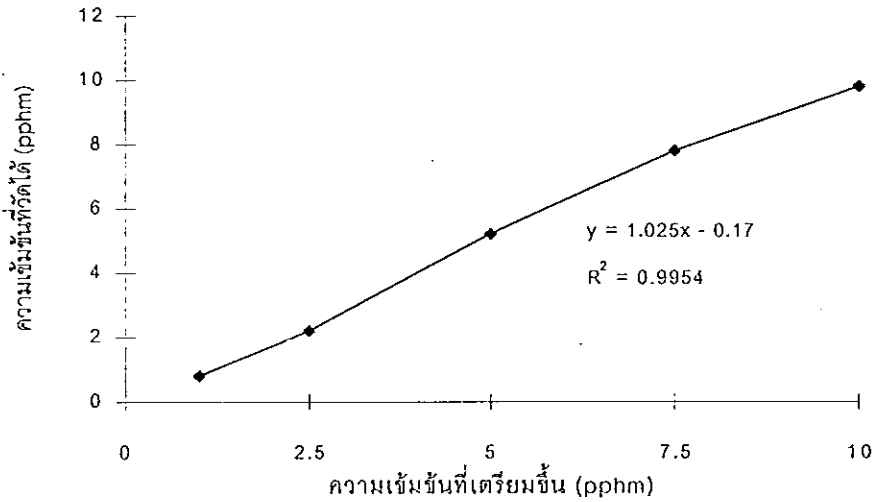
จากผลการศึกษาการใช้โปรแกรม Bomem Easy Version 1.50 ในการควบคุมการทำงานและการประมวลผลข้อมูลโดยเทคนิค FTIR จากการใช้การเปรียบเทียบระหว่างค่าความเข้มข้นที่เตรียมขึ้น (ค่าจริง) และจากค่าเฉลี่ยความเข้มข้นที่วิเคราะห์ได้ พบว่าความเข้มข้นของแก๊สมลสาร (คาร์บอนมอนอกไซด์ มีเทน ไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์) ที่ได้จากการเปรียบเทียบกันนี้ ได้ค่าความคลาดเคลื่อน (ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยที่วิเคราะห์ได้ - ค่าจริงที่เตรียมขึ้น) และเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน ((ค่าความคลาดเคลื่อนหารด้วยค่าจริงที่เตรียมขึ้น) คูณด้วยหนึ่งร้อย) จากค่าความคลาดเคลื่อนและเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนแสดงให้เห็นถึงความแม่นยำของการวิเคราะห์มีมากน้อยเพียงใดนั้น พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่ได้มีค่าต่ำและลดลงเมื่อความเข้มข้นสูงขึ้น แสดงว่าความเข้มข้นที่ได้จากการวิเคราะห์แต่ละครั้งค่าที่แตกต่างกันนั้นไม่เป็นนัยสำคัญ กล่าวคือมีความแม่นยำและความแม่นยำสูงเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นสูงขึ้น และมีความสัมพันธ์ของความเข้มข้นจากที่เตรียมขึ้น (ค่าจริง) และค่าเฉลี่ยความเข้มข้นที่วิเคราะห์ได้เป็นเชิงเส้นตรงในทิศทางเดียวกัน ดังภาพประกอบ 16, 17, 18 และ 19 ดังนั้นจึงแน่ใจได้ว่าการวิเคราะห์แก๊สเหล่านี้ในอากาศโดย FTIR นั้นจะให้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องเชื่อถือได้ในการวิเคราะห์หาปริมาณแก๊สมลสารในอากาศต่อไป



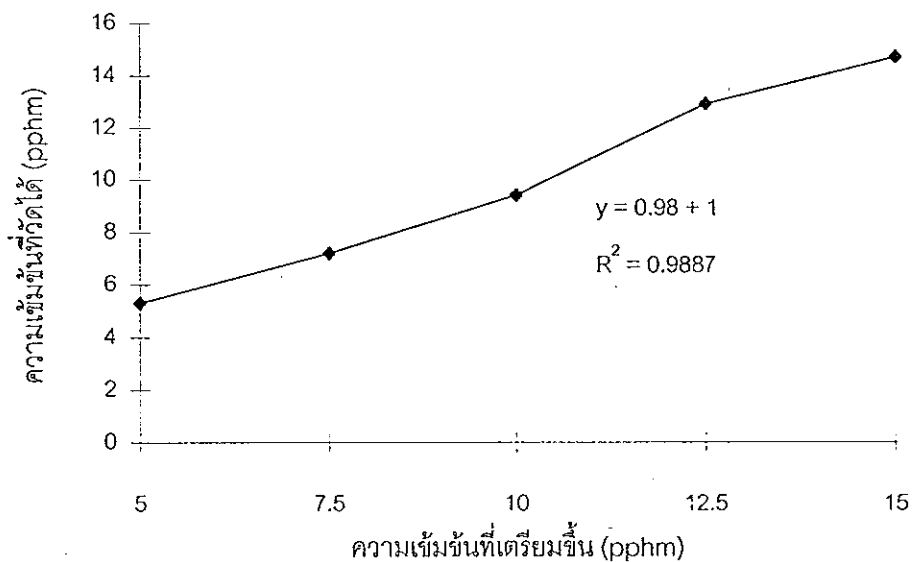
ภาพประกอบ 16 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เตรียมขึ้นและที่วัดได้โดยวิธี FTIR โดยการใช้โปรแกรม Bomem Easy Version 1.50



ภาพประกอบ 17 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความเข้มข้นของแก๊สมีเทนที่เตรียมขึ้นและที่วัดได้โดยวิธี FTIR โดยการใช้โปรแกรม Bomem Easy Version 1.50



ภาพประกอบ 18 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความเข้มข้นของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ที่เตรียมขึ้นและที่วัดได้โดยวิธี FTIR โดยการใช้โปรแกรม Bomem Easy Version 1.50



ภาพประกอบ 19 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ที่เตรียมขึ้นและที่วัดได้โดยวิธี FTIR โดยการใช้โปรแกรม Bomem Easy Version 1.50

3.1.2 ขีดจำกัดของการวิเคราะห์คาร์บอนมอนอกไซด์ มีเทน ไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดย FTIR

การศึกษาขีดจำกัดของการวิเคราะห์ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) มีเทน (CH₄) และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) โดยเทคนิค FTIR เพื่อที่จะทราบถึงความเข้มข้นปริมาณต่ำสุดที่เครื่อง FTIR จะสามารถวิเคราะห์ได้ โดยทำการเตรียมแก๊สมาตรฐานที่ความเข้มข้นต่าง ๆ จากความเข้มข้นสูงมาต่ำ หลายความเข้มข้นมาทำการวัดด้วยเครื่อง FTIR จนกระทั่งที่ระดับความเข้มข้นหนึ่งที่ไม่มีความถูกต้องค่าการดูดกลืน แล้วหาขีดจำกัดของการวิเคราะห์โดยการเตรียมแก๊สมาตรฐานที่ความเข้มข้นสูงกว่าความเข้มข้นที่ไม่มีความถูกต้องการดูดกลืนแสงอินฟราเรด มาทำการวัดด้วยเครื่อง FTIR อีกครั้งหนึ่ง สามารถทำได้โดยการเตรียม CO ความเข้มข้น 500, 250, 100, 10, 8, 7 และ 6 ส่วนในร้อยล้านส่วน (pphm) CH₄ ความเข้มข้น 500, 250, 100, 8, 7, 6 และ 5 ส่วนในร้อยล้านส่วน (pphm) NO₂ ความเข้มข้น 10.0, 5.0, 1.0, 0.5, 0.4, 0.3 และ 0.2 ส่วนในร้อยล้านส่วน (pphm) และ SO₂ ความเข้มข้น 20, 10, 5, 3, 2, 1 และ 0.5 ส่วนในร้อยล้านส่วน (pphm) ดังในตารางที่ 11 และนำมาวิเคราะห์หาค่าการดูดกลืนแสงอินฟราเรด ด้วยเครื่อง FTIR ได้ผลดังนี้คือ CO, CH₄, NO₂ และ SO₂ มีขีดจำกัดของการตรวจวัดที่ 10.0, 8.0, 0.4 และ 2.0 ส่วนในร้อยล้านส่วน(pphm) ดังแสดงในตาราง 15

ตาราง 15 แสดงขีดจำกัดของการตรวจวัดคาร์บอนมอนอกไซด์ มีเทน ไนโตรเจนไดออกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยเทคนิค FTIR

แก๊สมลสาร	ขีดจำกัดของการตรวจวัด (pphm)
คาร์บอนมอนอกไซด์	10.0
มีเทน	8.0
ไนโตรเจนไดออกไซด์	0.4
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์	2.0

3.1.3 การทดสอบประสิทธิภาพของถุงเก็บตัวอย่างอากาศ

จากการทดสอบประสิทธิภาพของถุงเก็บตัวอย่างอากาศแบบ Tedlar bag โดยการเตรียมแก๊สมาตรฐานคาร์บอนมอนอกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และมีเทนที่ความเข้มข้น 100, 100, 5 และ 5 pphm ตามลำดับ แล้วนำไปวิเคราะห์โดยวิธี FTIR ทุก ๆ ชั่วโมงเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ได้ผลดังตาราง 16

ตาราง 16 ความเข้มข้นแก๊สมาตรฐานคาร์บอนมอนอกไซด์ มีเทน ไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่วิเคราะห์ได้และช่วงความเชื่อมั่นในขอบเขตของความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ โดย FTIR จากการใส่ถุง Tedlar bag

ชั่วโมงที่	CO(pphm)	CH ₄ (pphm)	NO ₂ (pphm)	SO ₂ (pphm)
0	98	103	5.2	5.4
3	105	106	4.8	4.9
6	102	103	5.2	5.2
9	98	102	5.1	5.2
12	103	97	5.4	4.8
15	99	98	4.7	5.1
18	102	95	4.5	5.2
21	95	96	4.8	5.4
24	104	102	4.7	4.7
ค่าความแปรปรวน (S ²)	11	14.37	0.09	0.06
ค่าเฉลี่ย	100.66	100.22	4.93	5.02
ช่วงความเชื่อมั่น	100.66 ± 2.10	100.22 ± 3.11	4.93 ± 0.26	5.02 ± 0.20

ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างอากาศจากในบรรยากาศเข้าสู่ถุงเก็บอากาศ เพื่อการนำไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของคาร์บอนมอนอกไซด์ มีเทน ไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์นั้น ถุงเก็บตัวอย่างอากาศที่จะนำมาใช้งานจะต้องแน่ใจว่าไม่มีการรั่วซึมและมีประสิทธิภาพในการเก็บอากาศไว้ได้โดยที่แก๊สมลสารที่สนใจต้องการวิเคราะห์นั้นจะไม่มีเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมเมื่อเวลาผ่านไปก่อนที่จะนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการต่อไป ทั้งนี้เพราะถ้าหากว่าวัสดุที่ทำถุงไม่ดีอาจจะสามารถเกิดปฏิกิริยากับแก๊สที่ต้องการศึกษา (CO , CH_4 , NO_2 และ SO_2) จากการทดสอบประสิทธิภาพของถุงเก็บอากาศโดยการเตรียมแก๊สมาตรฐานของ CO , CH_4 , NO_2 และ SO_2 จากผลที่ได้ในตารางที่ 16 พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง ความเข้มข้นที่เตรียมขึ้นและค่าเฉลี่ยจากการวัดโดย FTIR นั้นมีค่าใกล้เคียงกัน และจากช่วงความเชื่อมั่นสำหรับขอบเขตความมั่นใจที่ 95 เปอร์เซ็นต์ ปรากฏว่าความเข้มข้นที่เตรียมขึ้นของแก๊สมาตรฐานแต่ละชนิดนั้นอยู่ในช่วงความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นถุงเก็บอากาศที่จะนำมาใช้งานมีประสิทธิภาพพอที่จะนำมาใช้เก็บตัวอย่างอากาศเพื่อการศึกษาดูต่อไปได้ การทดสอบถุงเก็บตัวอย่างอากาศที่ทำขึ้นจากวัสดุพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนขนาด ความจุประมาณ 7 ลิตร ทำได้โดยการเตรียมแก๊สมาตรฐานผสมแล้วนำไปวิเคราะห์โดย FTIR เช่นเดียวกับที่ใช้ทดสอบถุงเก็บอากาศแบบ Tedlar bag ได้ผลดังตาราง 17

ตาราง 17 ความเข้มข้นแก๊สมาตรฐานคาร์บอนมอนอกไซด์ มีเทน ไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่วิเคราะห์ได้และช่วงความเชื่อมั่นในขอบเขตของความเชื่อมั่นที่ 95 % โดย FTIR จากถุงเก็บตัวอย่างอากาศที่ใช้วัสดุพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน

ชั่วโมงที่	CO (pphm)	CH ₄ (pphm)	NO ₂ (pphm)	SO ₂ (pphm)
1	95	106	4.7	5.2
3	103	103	5.2	4.9
6	96	94	4.9	5.1
9	94	102	5.1	5.2
12	105	105	5.3	4.8
15	102	102	4.8	4.7
18	97	97	5.1	5.3
21	94	96	5.2	4.8
24	104	103	4.8	5.2
ค่าเฉลี่ย	99.33	100.88	5.01	5.03
ค่าความแปรปรวน (S ²)	17.50	17.61	0.05	0.06
ช่วงความเชื่อมั่น	99.33±4.10	100.88±4.19	5.01±0.24	5.03±0.23

จากตาราง 17 พบว่าความเข้มข้นที่เตรียมขึ้นและค่าเฉลี่ยจากการวัดโดย FTIR นั้นมีค่าใกล้เคียงกัน และจากช่วงความเชื่อมั่นสำหรับขอบเขตความมั่นใจที่ 95 เปอร์เซ็นต์นั้น ปรากฏว่าค่าความเข้มข้นที่เตรียมขึ้นของแก๊สมาตรฐานแต่ละชนิดนั้น พบว่าอยู่ในช่วงความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์เช่นเดียวกับถุงเก็บอากาศแบบ (Tedlar bag)

จากการเปรียบเทียบผลการทดสอบของถุงเก็บอากาศทั้งสองแบบโดยการทดสอบแบบเอฟ (F-Test) พบว่าค่าเอฟที่ได้จากการคำนวณ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าเอฟจากตารางค่าเอฟที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์แล้ว มีค่าน้อยกว่าค่าจากตาราง แสดงว่าประสิทธิภาพของถุงเก็บอากาศทั้งสองแบบจะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นถุงเก็บ

อากาศทั้งสองแบบดังกล่าวนี้สามารถที่จะนำมาเก็บอากาศเพื่อการศึกษาปริมาณแก๊สมลสารต่อไปได้ และการทำถุงเก็บอากาศขึ้นมาใช้จากวัสดุพลาสติกจะเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายไปได้อีกบางส่วนหนึ่ง อนึ่งถุงเก็บตัวอย่างอากาศที่ทำขึ้นนี้มีปริมาตรภายใน 7 ลิตร ทั้งนี้เพราะมีความจำกัดของขนาดแผ่นพลาสติกที่นำมาทำถุงเก็บตัวอย่างอากาศ

จากการทดสอบประสิทธิภาพของถุงเก็บตัวอย่างอากาศ โดยการเก็บตัวอย่างอากาศจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 (บริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะเภสัชศาสตร์) ซึ่งเป็นจุดสำหรับเก็บตัวอย่างที่อยู่นอกเมือง มีการจราจรคล่องตัวไม่หนาแน่น อากาศถ่ายเทได้สะดวก และจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 (บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย 2) ซึ่งเป็นจุดเก็บตัวอย่างที่ทั้งนี้เพื่อศึกษาจุดเก็บตัวอย่างที่คาดว่าจะมีปริมาณแก๊สมลสารแตกต่างกัน มาทำการวิเคราะห์โดย FTIR ได้ผลดังตาราง 18

ตาราง 18 แสดงความเข้มข้นคาร์บอนมอนอกไซด์ มีเทน ไนโตรเจน ไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และช่วงความเชื่อมั่นในขอบเขตของความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ ของตัวอย่างอากาศ วัดโดย FTIR

ชั่วโมงที่	CO(pphm)		CH ₄ (pphm)		NO ₂ (pphm)		SO ₂ (pphm)	
	จุดเก็บตัวอย่างที่		จุดเก็บตัวอย่างที่		จุดเก็บตัวอย่างที่		จุดเก็บตัวอย่างที่	
	1	2	1	2	1	2	1	2
0	56	242	98	113	1.2	2.1	-	-
3	52	238	102	112	1.4	1.9	-	-
6	53	245	101	109	1.2	1.8	-	-
9	58	240	97	112	1.6	2.0	-	-
12	55	242	103	113	1.2	1.8	-	-
15	52	240	100	114	1.4	1.9	-	-
18	54	238	98	109	1.3	1.8	-	-
21	53	243	101	108	1.4	2.1	-	-
24	55	239	99	112	1.4	2.0	-	-
ค่าเฉลี่ย	54.22	240.77	99.88	111.33	1.35	1.93	-	-
ช่วงความ เชื่อมั่น	54.22±	240.77±	99.88±	111.33±	1.35±	1.93±	-	-
	1.66	1.94	1.65	1.73	0.10	0.10		

จากตาราง 18 ผลการวิเคราะห์ปริมาณของแก๊สมลสารที่ได้และช่วงความเชื่อมั่นในขอบเขตของความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่าค่าที่ได้จากการวัดตัวอย่างอากาศเมื่อเวลาผ่านไปเวลา 24 ชั่วโมงก็ยังคงอยู่ในช่วงความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นปริมาณแก๊สมลสารที่จะเปลี่ยนแปลงไปจากความเข้มข้นที่เวลา 1 ชั่วโมงกับเมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมงนั้นจากผลการทดลองที่ได้สรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงยังอยู่ในช่วงความเชื่อมั่นที่ยอมรับได้ และจากการศึกษาถึงขีดจำกัดของการวิเคราะห์โดย FTIR พบว่าแก๊สมลสารแต่ละชนิด คือ คาร์บอนมอนอกไซด์ มีเทน และไนโตรเจนไดออกไซด์ พบว่ามีค่าต่ำสุดของการวิเคราะห์แก๊สทั้ง 3 ชนิดนี้มีดังนี้คือ 10, 8 และ 0.4 pphm ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของแต่ละมลสาร (แก๊ส) ที่ได้ในตาราง 18 ส่วนซัลเฟอร์ไดออกไซด์นั้นพบว่ามีค่าความเข้มข้นสูงกว่าค่าเฉลี่ยที่ได้ในตาราง 18 จึงทำให้ไม่สามารถจะวิเคราะห์ปริมาณได้กล่าวคือปริมาณของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบรรยากาศที่วิเคราะห์ปริมาณไม่ได้นั้นมีความเข้มข้นในตัวอย่างอากาศน้อยกว่าขีดจำกัดของการวิเคราะห์โดย FTIR

3.2 ศึกษาและเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ที่ได้ระหว่างการใช่วิธี FTIR และวิธี TGS - ANSA ในการศึกษาหาปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์

จากการเก็บตัวอย่างอากาศจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 (บริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์) และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 (บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย 2) เพื่อทำการศึกษาหาปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์และเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ที่ได้ระหว่างการใช้เทคนิค FTIR และวิธี TGS-ANSA ซึ่งเป็นวิธีที่ดีที่สุดที่ Environmental Protection Agency(EPA) แห่งประเทศอเมริการับรอง ภายใต้ชื่อว่า EPA Designated Equipment Method NO.EQN-1277-028 ได้ผลดังตาราง 19

ตาราง 19 ความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ได้จากการวัดโดยวิธี FTIR และวิธี

TGS - ANSA

ตัวอย่างที่	ความเข้มข้น (pphm)			
	จุดเก็บตัวอย่างที่ 1		จุดเก็บตัวอย่างที่ 2	
	FTIR	TGS-ANSA	FTIR	TGS-ANSA
1	1.3	1.2	1.6	1.5
2	1.4	1.3	1.8	2.0
3	1.2	1.4	1.6	1.5
4	1.3	1.1	1.4	1.6
5	1.1	1.2	1.9	1.7
6	1.6	1.5	1.8	2.0
ค่าเฉลี่ย	1.35	1.28	1.68	1.72
(S ²)	0.035	0.021	0.034	0.054
F	1.67		1.59	

จากการทดสอบผลการวิเคราะห์ทั้งสองวิธีว่ามีความแตกต่างกันในเชิงสถิติหรือไม่ โดยการพิจารณาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นเกณฑ์ คือการทดสอบแบบเอฟ (F-Test) ซึ่งเป็นอัตราส่วนของกำลังสองของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S²) ค่า F ที่ได้จากการคำนวณ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าในตาราง ถ้าค่าที่คำนวณได้มากกว่าค่าจากตาราง ผลการวิเคราะห์ทั้งสองวิธีนี้ จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ถ้าค่าความเข้มข้นที่วัดและคำนวณได้มีค่าไม่มากกว่าในตาราง ผลการวิเคราะห์ทั้งสองวิธีจะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

จะเห็นได้ว่าค่า F ที่คำนวณได้จากจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 มีค่า 1.67 และ 1.59 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าในตาราง เมื่อระดับขั้นความเสรีของการวิเคราะห์โดยวิธี FTIR เท่ากับ 5 และระดับขั้นความเสรีของการวิเคราะห์โดยวิธี TGA-ANSA เท่ากับ 5 เช่นกัน ในตารางค่า F ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 มีค่า 5.05 สรุปได้ว่าผลที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้งสองวิธีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

3.3 การศึกษาหาค่าความเข้มข้นของสารมลพิษในอากาศ

3.3.1 การเลือกจุดเก็บตัวอย่าง

ในการดำเนินการเพื่อให้ได้จุดเก็บตัวอย่างที่เหมาะสมนั้น ได้พิจารณาจากสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ในหลายด้านด้วยกัน เช่น สภาพการจราจร ลักษณะกิจกรรมและสภาพของชุมชน ความสูงของอาคารแวดล้อม ซึ่งสภาพแวดล้อมต่าง ๆ เหล่านี้ล้วนแต่มีความแตกต่างกันออกไปในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง และสภาพแวดล้อมเหล่านี้มักจะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ดังเช่นเมื่อแหล่งชุมชนและกิจกรรมของชุมชนเป็นย่านการค้าจะพบว่าบริเวณเหล่านี้ อาคารแวดล้อมมักจะเป็นอาคารที่มีความสูงกว่า 4 ชั้นขึ้นไป และการจราจรในบริเวณนั้นก็หนาแน่นตามไปด้วย โดยเฉพาะในช่วงเวลาเช้าและเย็น ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีการเดินทางกันมาก จากสภาพแวดล้อมเหล่านี้ได้กำหนดจุดเก็บตัวอย่างเป็น 2 ส่วน คือส่วนที่เป็นที่อยู่อาศัย ซึ่งห่างจากชุมชนเมือง และการจราจรไม่หนาแน่น และอีกส่วนคือส่วนที่เป็นชุมชนเมืองมีย่านการค้า การจราจรหนาแน่น

จุดเก็บตัวอย่างที่เป็นส่วนที่ห่างจากชุมชนเมือง จำนวน 1 จุด คือจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 ส่วนจุดเก็บตัวอย่างที่ 2-8 เป็นส่วนที่อยู่ในชุมชนเมือง มีย่านการค้า และการจราจรหนาแน่น โดยเฉพาะช่วงเช้าและเย็น จำนวน 7 จุด ซึ่งจุดเก็บตัวอย่างแต่ละจุดจะมีสภาพแวดล้อมเหล่านี้แตกต่างกันออกไปในแต่ละจุดตามลำดับดังนี้

จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ เป็นบริเวณที่โล่ง ไม่มีอาคารสูงในบริเวณใกล้เคียง อากาศถ่ายเทได้สะดวก การจราจรบนถนนด้านหน้ามหาวิทยาลัยไม่หนาแน่นมากนัก แม้จะเป็นเวลาช่วงเช้าและเย็น ดังนั้นปริมาณความเข้มข้นของมลสาร(แก๊ส)แต่ละชนิดจะมีความเข้มข้นต่ำเมื่อเทียบกับจุดเก็บตัวอย่างอื่น ๆ

จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณฝ่ายป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย 2 ถนนศรีภูวนาด เป็นชุมชนย่านการค้าหนาแน่น และมีห้างสรรพสินค้าขนาดใหญ่ตั้งอยู่บริเวณใกล้เคียง และการจราจรหนาแน่นทั้งวัน โดยเฉพาะเวลาเช้าและเย็นจะมีความหนาแน่นมากกว่าเวลาอื่น ความสูงของอาคารมากกว่า 4 ชั้นขึ้นไป และบริเวณใกล้เคียงก็ยังมีที่โล่งอยู่อีกส่วน ดังนั้นปริมาณความเข้มข้นที่วัดได้จากบริเวณนี้จะมีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าจุดที่เก็บตัวอย่างที่ 1

จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 บริเวณสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ ถนนผดุงภักดิ์ ของเทศบาลนครหาดใหญ่ เป็นชุมชนย่านการค้าและ การจราจรไม่หนาแน่นมากนัก เมื่อเทียบกับจุดเก็บตัวอย่างอื่น ๆ ที่เป็นบริเวณย่านการค้าเช่นเดียวกัน อาจจะเป็นผลเนื่องมาจากถนนสายนี้เป็นถนนแคบ ๆ ก็ได้ ความสูงของอาคารบริเวณนี้ไม่เกิน 4 ชั้น เป็นส่วนใหญ่

จุดเก็บตัวอย่างที่ 4 บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย 2 ถนนนิพัทธ์อุทิศ 3 สภาพแวดล้อมเป็นชุมชนย่านการค้าที่หนาแน่น การจราจรตอนเช้าและเย็นจะมีความหนาแน่นมาก ความสูงของอาคารมากกว่า 4 ชั้น เป็นส่วนใหญ่ อาคารร้านค้าเป็นอาคารพาณิชย์ทั้งสองฝั่งของถนน

จุดเก็บตัวอย่างที่ 5 บริเวณธนาคารไทยพาณิชย์ สาขาหาดใหญ่ ถนนนิพัทธ์อุทิศ 3 สภาพแวดล้อมเป็นชุมชนย่านการค้าที่มีความหนาแน่นมาก ถือว่าเป็นย่านการค้าที่มีความสำคัญและเป็นที่ยู้งักกันทั่วไป การจราจรหนาแน่นทั้งวันและโดยเฉพาะเวลาช่วงเช้าและเย็นจะมีความหนาแน่นมากกว่าเวลาอื่น ๆ ความสูงของอาคารมากกว่า 4 ชั้น เป็นส่วนใหญ่ อาคารร้านค้าเป็นอาคารพาณิชย์ทั้งสองฝั่งของถนน

จุดเก็บตัวอย่างที่ 6 บริเวณสี่แยกสะพานลอย ถนนเพชรเกษม สภาพแวดล้อมเป็นชุมชนย่านการค้า และเป็นแยกถนนสำคัญที่จะเดินทางเข้าออกจากตัวเมือง และเข้าสู่ถนนสายสำคัญทางธุรกิจของหาดใหญ่ การจราจรหนาแน่นทั้งวันโดยเฉพาะช่วงเช้าและเย็นจะหนาแน่นมาก ความสูงของอาคารมากกว่า 4 ชั้น เป็นส่วนใหญ่

จุดเก็บตัวอย่างที่ 7 บริเวณหอนาฬิกา ถนนเพชรเกษม สภาพแวดล้อมเป็นท่าจอดรถรับส่งผู้โดยสาร การจราจรหนาแน่นทั้งวันโดยเฉพาะช่วงเช้าและเย็นจะหนาแน่นมาก ความสูงของอาคารมากกว่า 4 ชั้น เป็นส่วนใหญ่ และเป็นย่านการค้าและมีศูนย์การค้าอยู่บริเวณใกล้เคียง

จุดเก็บตัวอย่างที่ 8 บริเวณธนาคารแห่งประเทศไทย สาขาภาคใต้ ถนนเพชรเกษม สภาพแวดล้อมมีร้านค้าจำนวนน้อย การจราจรหนาแน่นมากในช่วงเช้าและเย็น ส่วนในเวลานอกเหนือจากนี้การจราจรจะคล่องตัว และปริมาณรถที่วิ่งบนถนนสายนี้จะเบาบางลง ความสูงของอาคารมากกว่า 4 ชั้น เป็นส่วนใหญ่

3.3.2 ความเข้มข้นของแก๊สมลสารในช่วงเวลาต่าง ๆ

3.3.2.1 ความเข้มข้นของแก๊สมลสารในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง

ผลการศึกษาความเข้มข้นของแก๊สมลสาร (คาร์บอนมอนอกไซด์ มีเทน ไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์) จากการเก็บตัวอย่างอากาศในช่วงฤดูร้อน 3 เดือน คือ มีนาคม – พฤษภาคม 2540 ฤดูฝน 3 เดือน คือ สิงหาคม – ตุลาคม 2540 และฤดูหนาว 3 เดือน คือ พฤศจิกายน 2540 – มกราคม 2541 เพื่อให้ได้ความแตกต่างอย่างชัดเจนในเรื่องฤดูกาล จึงได้เลือกเดือนเมษายนเป็นตัวแทนของฤดูร้อนเนื่องจากว่าเป็นเดือนที่จัดว่ามีอุณหภูมิสูงสุดและอากาศร้อนที่สุดในช่วงฤดูร้อนนี้ ส่วนเดือนกันยายนจัดว่าเป็นเดือนที่มีปริมาณฝนตกชุกและมีปริมาณน้ำฝนมากในช่วงเดือนนี้จึงได้เลือกเดือนกันยายนมาเป็นตัวแทนในฤดูฝน และเดือนมกราคมเป็นตัวแทนในช่วงฤดูหนาวเนื่องจากว่าเดือนมกราคมนี้จะมีอากาศหนาวเย็นและอุณหภูมิลดลงต่ำที่สุดกว่าช่วงเดือนอื่น ๆ จากการเก็บตัวอย่างในช่วงเดือนดังกล่าวจากจุดเก็บตัวอย่าง 8 จุดได้ผลดังในตาราง 20 – 24 จากการเปรียบเทียบความเข้มข้นสูงสุดความเข้มข้นต่ำสุดและค่าเฉลี่ยของแก๊สมลสารแต่ละชนิดทั้งจุดเก็บตัวอย่าง 8 จุด พบว่าความเข้มข้นของคาร์บอนมอนอกไซด์จากตาราง 19 ว่าจุดเก็บตัวอย่างที่มีความเข้มข้นต่ำสุดคือบริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะเภสัชศาสตร์ (จุดเก็บตัวอย่างที่ 1) ส่วนจุดเก็บตัวอย่างจุดอื่น ๆ จะมีความเข้มข้นสูงกว่า และค่าความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นมาสูงที่สุดในทุกจุดเก็บตัวอย่างส่วนใหญ่จะอยู่ที่เวลา 6.00-9.00 น. และ 16.00-18.00 น. ค่าความเข้มข้นบริเวณจุดเก็บตัวอย่างบริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ พบว่าจะมีความเข้มข้นสูงสุด 81 ส่วนในร้อยล้านส่วน (pphm) ในเดือนเมษายน 2540 ความเข้มข้นต่ำสุด 18 ส่วนในร้อยล้านส่วน (pphm) ในเดือนมกราคม 2541 และค่าเฉลี่ย 40.1 ส่วนในร้อยล้านส่วน (pphm) ในเดือนกันยายน 2540 จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 นี้เป็นบริเวณที่มีค่าความเข้มข้นต่ำสุดในค่าความเข้มข้นทั้ง 3 ความเข้มข้น (สูงสุด, ต่ำสุด และค่าเฉลี่ย) เมื่อเทียบกับบริเวณอื่น ๆ อันเป็นผลเนื่องมาจากบริเวณนี้เป็นบริเวณที่การจราจรมีความหนาแน่นน้อย จะมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นบ้างในช่วงเวลา 7.00-9.00 น. และ 16.00-18.00 น. เท่านั้น เป็นเพราะว่าเวลาดังกล่าวเป็นเวลาที่บุคลากรในมหาวิทยาลัยจะออกเดินทางไปทำกิจกรรมต่าง ๆ กันเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้แล้วพื้นที่บริเวณโดยรอบเป็นที่โล่ง อากาศถ่ายเทได้สะดวกตลอดเวลา แก๊สมลสารที่ถูกปล่อยออกมาจะสามารถ

กระจายหรือระบายออกไปได้อย่างรวดเร็ว ส่วนความเข้มข้นสูงสุดและความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุด คือ คือบริเวณหอนาฬิกา ถนนเพชรเกษม ในเดือนเมษายน 2540 มีความเข้มข้นสูงสุด 355 และความเข้มข้นเฉลี่ย 258 ส่วนในร้อยละล้านส่วน (pphm) ส่วนในเดือนกันยายน 2540 มีความเข้มข้นสูงสุด 325 และความเข้มข้นเฉลี่ย 250 ส่วนในร้อยละล้านส่วน (pphm) และในเดือนมกราคม 2541 มีความเข้มข้นสูงสุด 325 และความเข้มข้นเฉลี่ย 250 ส่วนในร้อยละล้านส่วน (pphm) เนื่องจากบริเวณนี้จะมีการจราจรหนาแน่นตลอดทั้งวัน และอาคารสิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ โดยรอบก็มีความหนาแน่น และความสูงตั้งแต่ 4 ชั้น เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะมีผลต่อการระบายอากาศออกจากบริเวณนี้เป็นไปได้ยากกว่าบริเวณอื่น ๆ แก๊สมลสารที่ปล่อยออกมา ก็จะสะสมมากกว่าบริเวณอื่นด้วยเช่นกัน ความเข้มข้นที่วัดได้จากบริเวณนี้จึงมีค่าสูงกว่าบริเวณอื่น ๆ ส่วนความเข้มข้นต่ำสุดใน 8 จุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาสูงสุด คือบริเวณหน้าธนาคารแห่งประเทศไทย สาขาภาคใต้ ถนนเพชรเกษม มีความเข้มข้น 159 ส่วนในร้อยละล้านส่วน (pphm) เมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการศึกษาของ สมบัติ ธนรัช (2527) บริเวณหน้าประตูโรงพยาบาลสงขลานครินทร์ ซึ่งเป็นบริเวณใกล้เคียงกันกับจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณหน้าโรงพยาบาลนัตพลาซ่า บริเวณสี่แยกสะพานลอย และบริเวณหน้าธนาคารไทยพานิชย์ พบว่าความเข้มข้นของแก๊สมลพิษจะเพิ่มมากขึ้นที่เวลาในช่วงเช้าเวลา 8.00-9.00 นาฬิกา และช่วงเย็นเวลา 15.40-16.40 นาฬิกา ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีความสอดคล้องกันในช่วงเวลานี้ และความเข้มข้นพบว่าจะมีค่าต่ำในบริเวณที่อยู่นอกเมือง เช่นหน้าประตูโรงพยาบาลสงขลานครินทร์ และมีค่าสูงสุด (350 pphm) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ศึกษาได้ในครั้งนี้และพบได้ที่บริเวณย่านการค้าและการจราจรหนาแน่นเช่นเดียวกันกับที่ทำการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ปริมาณความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่พบจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานใน 1 ชั่วโมงของประเทศไทยกำหนดโดยคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2538 ซึ่งกำหนดไว้ 3000 ส่วนในร้อยละล้านส่วน (pphm) (ภาคผนวก ข7) และค่ามาตรฐานของต่างประเทศ เช่นสหรัฐอเมริกาและแคนาดา ค่ามาตรฐานใน 1 ชั่วโมงที่กำหนดคือ 4000 และ 1500 ส่วนในร้อยละล้านส่วน (pphm) (ภาคผนวก ข7) แล้วพบว่ายังอยู่ในปริมาณที่ต่ำมาก หรือเมื่อเทียบกับในเมืองใหญ่อย่างกรุงเทพมหานครและจังหวัดที่มีจำนวนยานพาหนะหรือโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งจะมีการใช้เชื้อเพลิงจำนวนมาก (ภาคผนวก ข 1, ข2, ข4 และ ข8) ปรากฏว่ายังต่ำมาก

ความเข้มข้นของมีเทนจากตาราง 21 ในแต่ละฤดูกาลและจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาพบว่าความเข้มข้นสูงสุด ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบกับทั้ง 8 จุดเก็บตัวอย่าง บริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะเภสัชศาสตร์ จะมีความเข้มข้นทั้ง 3 ชนิดต่ำที่สุด (สูงสุด 98 ส่วนในร้อยล้านส่วน (pphm) ต่ำสุด 28 ส่วนในร้อยล้านส่วน (pphm) ความเข้มข้นเฉลี่ย 57.3 ส่วนในร้อยล้านส่วน (pphm)) และจุดที่มีค่าความเข้มข้นทั้ง 3 ชนิดสูงสุดคือ ความเข้มข้นสูงสุด 132 ส่วนในร้อยล้านส่วน (pphm) บริเวณหอนาฬิกา และบริเวณธนาคารไทยพาณิชย์ ความเข้มข้นต่ำสุด 103 ส่วนในร้อยล้านส่วน (pphm) บริเวณสี่แยกสะพานลอย และค่าเฉลี่ย 117 ส่วนในร้อยล้านส่วน (pphm) บริเวณหน้าธนาคารแห่งประเทศไทย ซึ่งมีแนวโน้มเหมือนกับกรณีความเข้มข้นของคาร์บอนมอนอกไซด์ เวลาที่ความเข้มข้นมีค่าสูงสุดคือ 6.00-9.00 น. และ 16.00-18.00 น. เช่นเดียวกับเวลาของคาร์บอนมอนอกไซด์

ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์จากตาราง 22 และ 23 ในแต่ละฤดูกาลและจุดเก็บตัวอย่างมีค่าใกล้เคียงกัน ค่าความเข้มข้นทั้ง 3 ชนิด จากการวัดโดยเทคนิค FTIR และวิธีคัลเลอริเมตริก พบว่าบริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะเภสัชศาสตร์ มีค่าต่ำสุดทั้งสองวิธี จุดที่มีค่าความเข้มข้น ค่าเฉลี่ย และสูงสุด สูงกว่าบริเวณอื่นคือจุดเก็บตัวอย่างบริเวณธนาคารไทยพาณิชย์ มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 1.98 ส่วนในร้อยล้านส่วน (pphm) และมีค่าสูงสุด 2.9 ส่วนในร้อยล้านส่วน (pphm) จากการวัดโดยเทคนิค FTIR ซึ่งเมื่อเทียบกับที่ศึกษาโดยสมบัติธนรัช แล้วมีความเข้มข้น 2.5 pphm ซึ่งเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนค่าความเข้มข้นต่ำสุด 1.2 ส่วนในร้อยล้านส่วน (pphm) บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย 2 เวลาที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นสูงสุดอยู่ในช่วงเวลา 6.00-10.00 น. และ 15.00-18.00 น.

ความเข้มข้นสูงสุด ต่ำสุดและค่าเฉลี่ยของซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากตาราง 24 ในแต่ละฤดูกาลและจุดเก็บตัวอย่างมีค่าใกล้เคียงกัน บริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะเภสัชกรรมศาสตร์ จะมีความเข้มข้น 3 ชนิด (สูงสุด 0.18 ต่ำสุด 0.06 ค่าเฉลี่ย 0.15 ส่วนในร้อยล้านส่วน (pphm) ต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับจุดอื่น ส่วนจุดเก็บตัวอย่างที่มีความเข้มข้นทั้ง 3 ชนิดสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับจุดอื่น (สูงสุด 0.38 ต่ำสุด 0.14 ค่าเฉลี่ย 0.23 ส่วนในร้อยล้านส่วน (pphm) คือ จุดเก็บตัวอย่างบริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย 2 และหน่วยบริการประชาชน 191

จากผลของความเข้มข้นที่วิเคราะห์ได้พบว่าความเข้มข้นของแก๊สมลสารบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่นและสิ่งปลูกสร้างที่มีความสูงตั้งแต่ 4 ชั้น (จุดเก็บตัวอย่าง 2-8) จะมีผลต่อปริมาณความเข้มข้นของแก๊สมลสารที่ทำการศึกษา ซึ่งจะพบว่าจะมีค่าความเข้มข้นสูงกว่าบริเวณที่มีการจราจรเบาบางและอากาศถ่ายเทได้ดี (จุดเก็บตัวอย่างที่ 1) ปริมาณความเข้มข้นของแก๊สมลสารในช่วงเวลา 6.00-10.00 น. และ 15.00-18.00 น. จะเป็นช่วงที่ความเข้มข้นสูงสุดใน 24 ชั่วโมงที่ทำการเก็บตัวอย่างอากาศทุกจุดเก็บตัวอย่าง ซึ่งในช่วงเวลานี้ประชาชนจะออกเดินทางกันมากทำให้ปริมาณยานยนต์บนท้องถนนเพิ่มปริมาณขึ้นด้วยการให้การจราจรหนาแน่นกว่าปกติ ดังนั้นในช่วงเวลาดังกล่าวแก๊สมลสารจะถูกปล่อยออกมามากกว่าในช่วงเวลาอื่น ๆ

จากปริมาณที่ศึกษาได้จากเขตเทศบาลนครหาดใหญ่เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเมืองที่มีขนาดใกล้เคียงกันอย่างภูเก็ตและสุราษฎร์ธานีพบว่าที่ภูเก็ตในปี พ.ศ.2540 ความเข้มข้นสูงสุดใน 1 ชั่วโมงของ CO, CH₄, NO₂ และ SO₂ มีค่าดังนี้ 450, 320, 5.25 และ 0.3 ส่วนในร้อยล้านส่วน (pphm) ตามลำดับ ส่วนสุราษฎร์ธานีในปีเดียวกัน และความเข้มข้นสูงสุดใน 1 ชั่วโมงของ CO, CH₄, NO₂ และ SO₂ มีค่าดังนี้ 640, 330, 4.10 และ 2.8 ส่วนในร้อยล้านส่วน (pphm) (Paisarn-ucharapong and Kanatharana, 1998) พบว่าจะมีค่าสูงกว่าที่พบในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่เล็กน้อย ซึ่งอาจจะเป็นมาจากสภาพแวดล้อมที่ต่างกันในแต่ละสถานที่ แต่อย่างไรก็ตามยังไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ และจากการเปรียบเทียบกับเมืองใหญ่กว่าอย่างกรุงเทพมหานครพบว่าปริมาณแก๊สมลสารที่พบในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่มีค่าพิสัยต่ำกว่าทุกชนิด (ตารางภาคผนวก ข3)

ตาราง 20 ความเข้มข้น (pphm) สูงสุด ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของคาร์บอนมอนนอกไซด์ วัดโดยวิธี FTIR ทุก ๆ 1 ชั่วโมง ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง

จุดเก็บตัวอย่าง	เมษายน 2540			กันยายน 2540			มกราคม 2541		
	ค่าสูงสุด/เวลา	ค่าต่ำสุด/เวลา	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด/เวลา	ค่าต่ำสุด/เวลา	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด/เวลา	ค่าต่ำสุด/เวลา	ค่าเฉลี่ย
1. บริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะ เภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	81	20	45.1	74	21	40.1	67	18	43.7
	7.00-8.00	0.00-1.00		7.00-8.00	19.00-20.00		16.00-17.00	0.00-1.00	
2. บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกันและบรรเทา สาธารณภัย 2 ถนนศรีภูวนาท	188	82	137	181	84	138	184	105	141
	17.00-18.00	0.00-1.00		8.00-9.00	1.00-2.00		8.00-9.00	4.00-5.00	
3. บริเวณสถานีตรวจอากาศ เทศบาล นครหาดใหญ่ ถนนผดุงภักดี	148	90	121	138	87	118	134	90	116
	16.00-17.00	2.00-3.00		16.00-17.00	22.00-23.00		16.00-17.00	0.00-1.00	
4. บริเวณหน่วยบริการประชาชน 191 ถนนนิพัทธ์อุทิศ 3	180	113	150	188	108	152	180	117	150
	7.00-8.00	0.00-1.00		6.00-7.00	0.00-1.00		7.00-8.00	0.00-1.00	
5. บริเวณธนาคารไทยพาณิชย์ สาขาหาดใหญ่ ถนนนิพัทธ์อุทิศ 3	312	123	244	302	149	239	280	138	233
	8.00-9.00	3.00-4.00		7.00-8.00	2.00-3.00		8.00-9.00	3.00-4.00	
6. บริเวณสี่แยกสะพานลอย ถนนเพชรเกษม	248	145	206	238	142	197	252	118	184
	8.00-9.00	1.00-2.00		7.00-8.00	0.00-1.00		7.00-8.00	20.00-21.00	
7. บริเวณหอนาฬิกา ถนนเพชรเกษม	355	154	258	325	148	250	328	140	250
	7.00-8.00	1.00-2.00		17.00-18.00	6.00-7.00		8.00-9.00	0.00-1.00	
8. บริเวณหน้าธนาคารแห่งประเทศไทย สาขาภาคใต้ ถนนเพชรเกษม	275	152	213	278	145	204	238	159	202
	16.00-17.00	23.00-24.00		16.00-17.00	2.00-3.00		7.00-8.00	1.00-2.00	

ตาราง 21 ความเข้มข้น (pphm) สูงสุด ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของมีเทน วัดโดยวิธี FTIR ทุก ๆ 1 ชั่วโมง ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง

จุดเก็บตัวอย่าง	เมษายน 2540			กันยายน 2540			มกราคม 2541		
	ค่าสูงสุด/เวลา	ค่าต่ำสุด/เวลา	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด/เวลา	ค่าต่ำสุด/เวลา	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด/เวลา	ค่าต่ำสุด/เวลา	ค่าเฉลี่ย
1. บริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะ เภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	88	28	57.3	97	32	57.8	98	41	63.3
2. บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกันและบรรเทา สาธารณภัย 2 ถนนศรีภูวนาท	123	76	104	128	84	106	131	91	110
3. บริเวณสถานีตรวจอากาศ เทศบาล นครหาดใหญ่ ถนนผดุงภักดี	116	57	96.1	135	68	104	124	79	106
4. บริเวณหน่วยบริการประชาชน 191 ถนนนิพัทธ์อุทิศ 3	118	87	107	119	78	107	126	98	111
5. บริเวณธนาคารไทยพาณิชย์ สาขาหาดใหญ่ ถนนนิพัทธ์อุทิศ 3	132	72	111	132	81	112	128	84	112
6. บริเวณสี่แยกสะพานลอย ถนนเพชรเกษม	128	103	117	142	102	114	128	97	112
7. บริเวณหอนาฬิกา ถนนเพชรเกษม	132	92	110	126	82	110	128	81	111
8. บริเวณหน้าธนาคารแห่งประเทศไทย สาขาภาคใต้ ถนนเพชรเกษม	122	81	105	121	71	107	132	87	116

ตาราง 22 ความเข้มข้น (pphm) สูงสุด ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของไนโตรเจนไดออกไซด์ วัดโดยวิธี FTIR ทุก ๆ 1 ชั่วโมง ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง

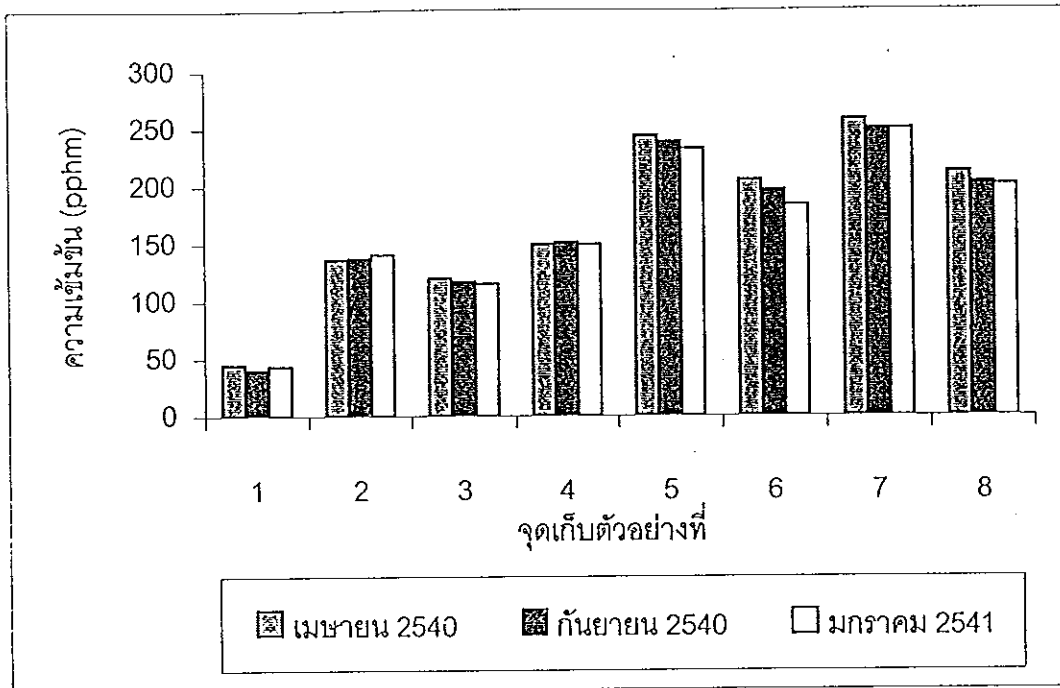
จุดเก็บตัวอย่าง	เมษายน 2540			กันยายน 2540			มกราคม 2541		
	ค่าสูงสุด/เวลา	ค่าต่ำสุด/เวลา	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด/เวลา	ค่าต่ำสุด/เวลา	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด/เวลา	ค่าต่ำสุด/เวลา	ค่าเฉลี่ย
1. บริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะ เภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	1.9 17.00-18.00	0.6 1.00-2.00	1.14	1.7 7.00-8.00	0.7 1.00-2.00	1.27	1.7 17.00-18.00	0.7 22.00-23.00	1.25
2. บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกันและบรรเทา สาธารณภัย 2 ถนนศรีภูวนาท	2.3 7.00-8.00	1.0 13.00-14.00	1.46	2.6 7.00-8.00	1.2 23.00-24.00	1.68	2.8 7.00-8.00	1.1 23.00-24.00	1.6
3. บริเวณสถานีตรวจอากาศ เทศบาล นครหาดใหญ่ ถนนผดุงภักดี	1.9 8.00-9.00	1.1 2.00-3.00	1.43	2.1 7.00-8.00	1.1 21.00-22.00	1.5	2 15.00-16.00	1 5.00-6.00	1.43
4. บริเวณหน่วยบริการประชาชน 191 ถนนนิพัทธ์อุทิศ 3	1.9 6.00-7.00	1 22.00-23.00	1.37	1.8 7.00-8.00	0.7 0.00-1.00	1.3	1.7 15.00-16.00	0.7 23.00-24.00	1.3
5. บริเวณธนาคารไทยพาณิชย์ สาขาหาดใหญ่ ถนนนิพัทธ์อุทิศ 3	2.9 17.00-18.00	1 0.00-1.00	1.98	2.5 8.00-9.00	1.1 3.00-4.00	1.82	2.4 7.00-8.00	1 2.00-3.00	1.64
6. บริเวณสี่แยกสะพานลอย ถนนเพชรเกษม	2.7 8.00-9.00	1.1 2.00-3.00	1.79	2.5 16.00-17.00	1 0.00-1.00	1.65	2.6 8.00-9.00	1.1 20.00-21.00	1.71
7. บริเวณหอนาฬิกา ถนนเพชรเกษม	2.7 18.00-19.00	0.8 22.00-23.00	1.78	2.6 7.00-8.00	1 22.00-23.00	1.74	2.8 16.00-17.00	0.8 23.00-24.00	1.63
8. บริเวณหน้าธนาคารแห่งประเทศไทย สาขาภาคใต้ ถนนเพชรเกษม	2.2 9.00-10.00	0.9 0.00-1.00	1.51	2.7 17.00-18.00	0.8 2.00-3.00	1.65	2.8 7.00-8.00	1 23.00-24.00	1.87

ตาราง 23 ความเข้มข้น (pphm) สูงสุด ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของไนโตรเจนไดออกไซด์ วัดโดยวิธีคัลเลอริเมตริก (TGS-ANSA) ทุก ๆ 1 ชั่วโมง
ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง

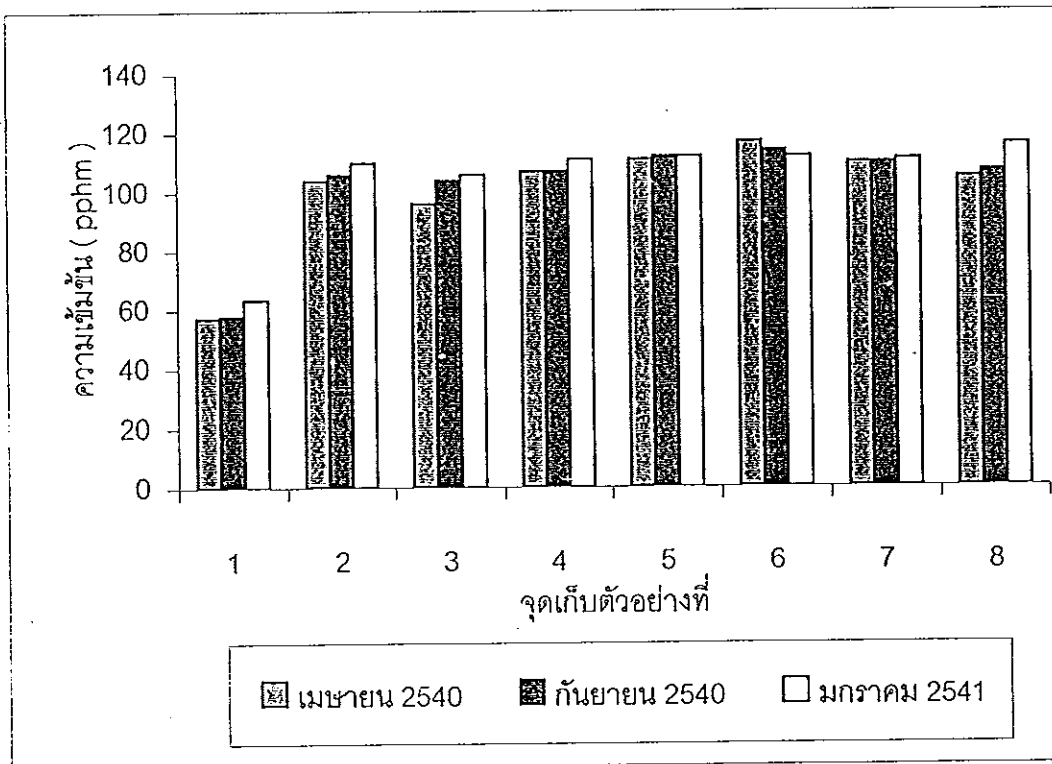
จุดเก็บตัวอย่าง	เมษายน 2540			กันยายน 2540			มกราคม 2541		
	ค่าสูงสุด/เวลา	ค่าต่ำสุด/เวลา	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด/เวลา	ค่าต่ำสุด/เวลา	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด/เวลา	ค่าต่ำสุด/เวลา	ค่าเฉลี่ย
1. บริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะ เภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	1.8 7.00-8.00	0.5 0.00-1.00	1.2	2 17.00-18.00	0.6 0.00-1.00	1.28	2.37 15.00-16.00	0.7 23.00-24.00	1.4
2. บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกันและบรรเทา สาธารณภัย 2 ถนนศรีภูวนาถ	2 7.00-8.00	0.8 13.00-14.00	1.29	2.4 7.00-8.00	1 13.00-14.00	1.53	2.6 7.00-8.00	1 19.00-20.00	1.6
3. บริเวณสถานีตรวจอากาศ เทศบาล นครหาดใหญ่ ถนนผดุงภักดี	2 16.00-17.00	1 0.00-1.00	1.39	2 7.00-8.00	0.8 19.00-20.00	1.4	2.1 7.00-8.00	1.1 2.00-3.00	1.43
4. บริเวณหน่วยบริการประชาชน 191 ถนนนิพัทธ์อุทิศ 3	1.8 7.00-8.00	1 0.00-1.00	1.29	1.9 16.00-17.00	1.1 22.00-23.00	1.33	1.9 17.00-18.00	0.9 1.00-2.00	1.32
5. บริเวณธนาคารไทยพาณิชย์ สาขาหาดใหญ่ ถนนนิพัทธ์อุทิศ 3	2.8 8.00-9.00	1.1 23.00-24.00	1.81	2.6 9.00-10.00	0.7 0.00-1.00	1.71	2.3 7.00-8.00	1.1 1.00-2.00	1.57
6. บริเวณสี่แยกสะพานลอย ถนนเพชรเกษม	2.7 8.00-9.00	0.8 0.00-1.00	1.73	2.5 17.00-18.00	1.1 20.00-21.00	1.77	2.6 8.00-9.00	0.8 4.00-5.00	1.65
7. บริเวณหอนาฬิกา ถนนเพชรเกษม	2.6 7.00-8.00	1.1 23.00-24.00	1.73	2.8 16.00-17.00	0.9 3.00-4.00	1.8	2.5 7.00-8.00	0.8 20.00-21.00	1.52
8. บริเวณหน้าธนาคารแห่งประเทศไทย สาขาภาคใต้ ถนนเพชรเกษม	2.7 15.00-16.00	0.8 1.00-2.00	1.62	2.6 15.00-16.00	1 3.00-4.00	1.52	2.7 7.00-8.00	1.2 22.00-23.00	1.83

ตาราง 24 ความเข้มข้น (pphm) สูงสุด ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ วัดโดยวิธีคัลเลอริเมตริก (พาราโรซานีน) ทุกๆ 1 ชั่วโมง
ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง

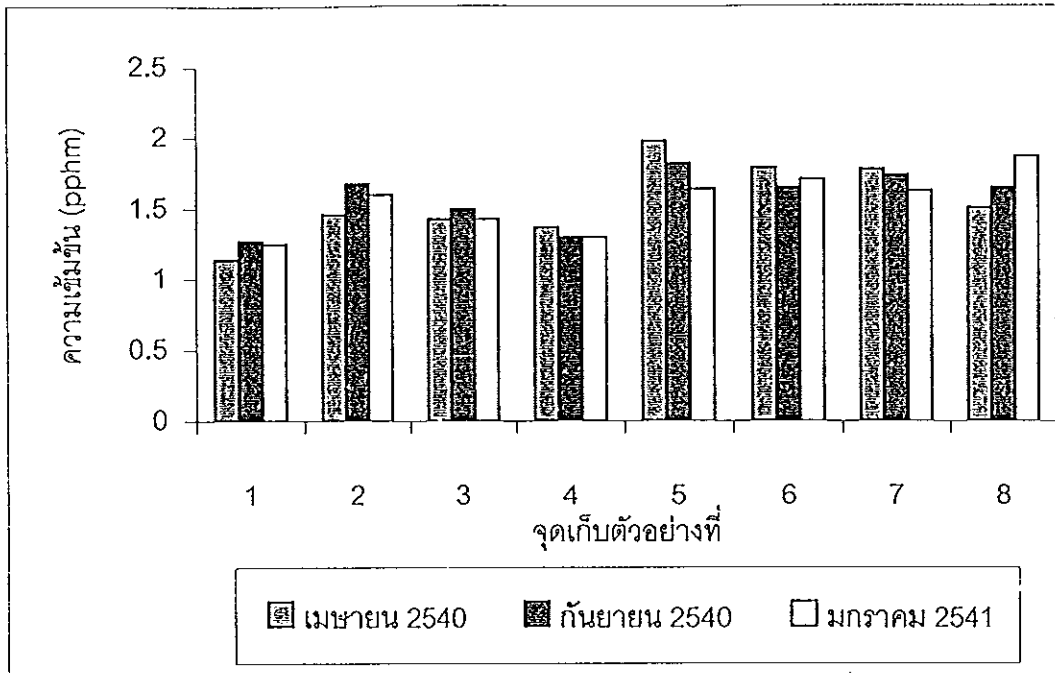
จุดเก็บตัวอย่าง	เมษายน 2540			กันยายน 2540			มกราคม 2541		
	ค่าสูงสุด/เวลา	ค่าต่ำสุด/เวลา	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด/เวลา	ค่าต่ำสุด/เวลา	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด/เวลา	ค่าต่ำสุด/เวลา	ค่าเฉลี่ย
1. บริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะ เภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	0.18 16.00-17.00	0.06 2.00-3.00	0.15	0.21 16.00-17.00	0.06 0.00-1.00	0.12	0.17 7.00-8.00	0.06 1.00-2.00	0.12
2. บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกันและบรรเทา สาธารณภัย 2 ถนนศรีภูวนาท	0.38 16.00-17.00	0.14 3.00-4.00	0.23	0.26 16.00-17.00	0.11 21.00-22.00	0.23	0.36 6.00-7.00	0.12 3.00-4.00	0.21
3. บริเวณสถานีตรวจอากาศ เทศบาล นครหาดใหญ่ ถนนผดุงภักดี	0.16 16.00-17.00	0.09 3.00-4.00	0.12	0.17 7.00-8.00	0.09 2.00-3.00	0.16	0.18 17.00-18.00	0.08 20.00-21.00	0.13
4. บริเวณหน่วยบริการประชาชน 191 ถนนนิพัทธ์อุทิศ 3	0.22 7.00-8.00	0.12 18.00-19.00	0.22	0.25 7.00-8.00	0.1 21.00-22.00	0.15	0.19 6.00-7.00	0.08 0.00-1.00	0.14
5. บริเวณธนาคารไทยพาณิชย์ สาขาหาดใหญ่ ถนนนิพัทธ์อุทิศ 3	0.31 8.00-9.00	0.12 0.00-1.00	0.21	0.33 8.00-9.00	0.12 2.00-3.00	0.21	0.29 8.00-9.00	0.11 0.00-1.00	0.19
6. บริเวณสี่แยกสะพานลอย ถนนเพชรเกษม	0.28 9.00-10.00	0.11 1.00-2.00	0.19	0.27 8.00-9.00	0.08 1.00-2.00	0.19	0.28 17.00-18.00	0.14 3.00-4.00	0.17
7. บริเวณหอนาฬิกา ถนนเพชรเกษม	0.3 8.00-9.00	0.11 22.00-23.00	0.19	0.32 7.00-8.00	0.12 22.00-23.00	0.2	0.31 8.00-9.00	0.11 23.00-24.00	0.19
8. บริเวณหน้าธนาคารแห่งประเทศไทย สาขาภาคใต้ ถนนเพชรเกษม	0.26 15.00-16.00	0.12 0.00-1.00	0.18	0.27 7.00-8.00	0.08 2.00-3.00	0.19	0.27 7.00-8.0	0.11 22.00-23.00	0.19



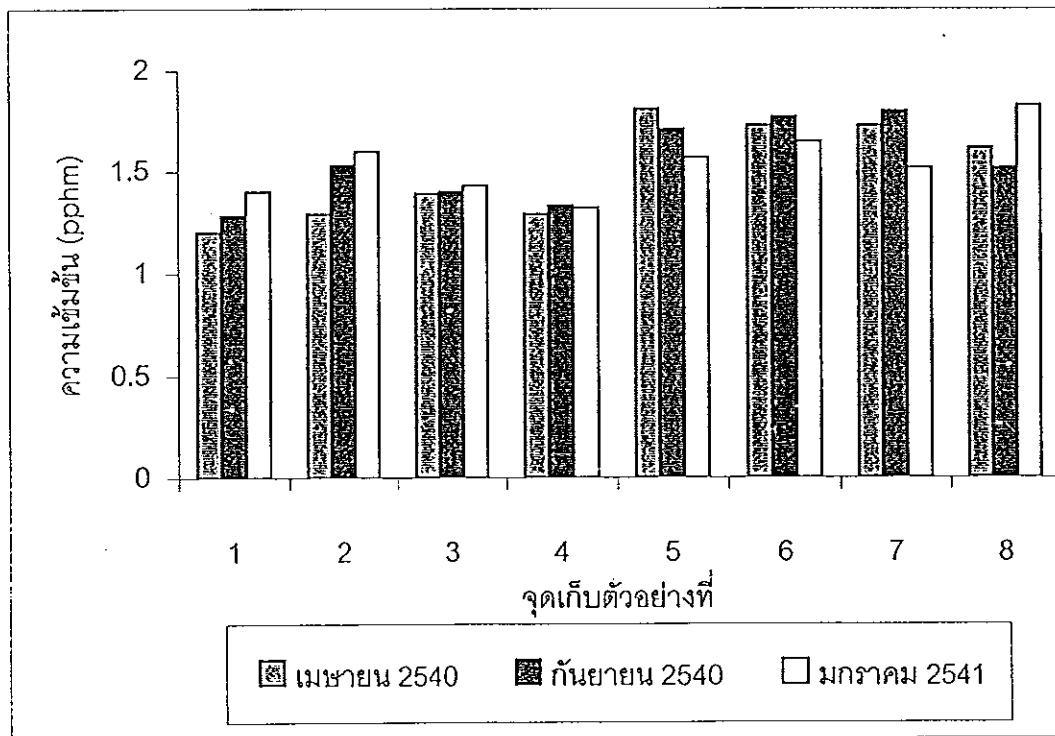
ภาพประกอบ 20 กราฟแสดงความเข้มข้นเฉลี่ย (pphm) ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ของ CO วัดโดยวิธี FTIR จากจุดเก็บตัวอย่าง 8 จุด



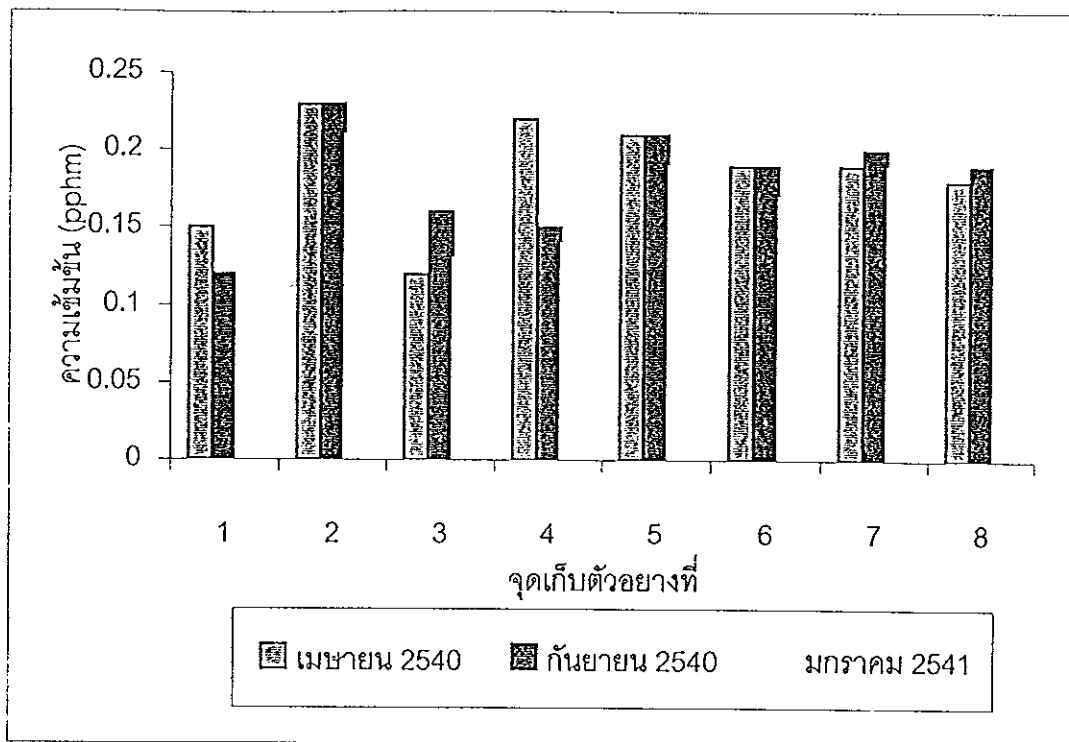
ภาพประกอบ 21 กราฟแสดงความเข้มข้นเฉลี่ย (pphm) ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ของ CH₄ วัดโดยวิธี FTIR จากจุดเก็บตัวอย่าง 8 จุด



ภาพประกอบ 22 กราฟแสดงความเข้มข้นเฉลี่ย (pphm) ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ของ NO_2 วัดโดยวิธี FTIR จากจุดเก็บตัวอย่าง 8 จุด



ภาพประกอบ 23 กราฟแสดงความเข้มข้นเฉลี่ย (pphm) ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ของ NO_2 วัดโดยวิธี TGS - ANSA จากจุดเก็บตัวอย่าง 8 จุด



ภาพประกอบ 24 กราฟแสดงความเข้มข้นเฉลี่ย (pphm) ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ของ SO_2 วัดโดยวิธีพาราโรซานิลีน จากจุดเก็บตัวอย่าง 8 จุด

3.3.2.2 ความเข้มข้นของแก๊สมลสารในช่วงเวลาเช้าและเย็น

เนื่องจากในเวลาเช้าและเย็น (6.00-9.00 น. และ 15.00-18.00 น.) นั้น เป็นเวลาที่มีประชาชนเดินทางออกจากบ้านเพื่อไปทำงานและกิจกรรมอื่นๆ กันมาก ในช่วงเวลาดังกล่าวจึงเป็นเวลาเร่งด่วนสำหรับการเดินทาง ปริมาณแก๊สมลสารที่ทำการวัดได้ใน ช่วงเวลานี้จะมีปริมาณสูงขึ้น จากการศึกษาปริมาณความเข้มข้นใน 24 ชั่วโมงในแต่ละจุด เก็บตัวอย่างนั้น จากหัวข้อ 3.2.3.1 นั้นพบว่าในช่วงเวลาเวลา 6.00 - 9.00 น. และ 15.00 - 18.00 น. ปริมาณแก๊สมลสารจะเพิ่มขึ้นสูงสุด ซึ่งผลที่ได้ก็จะสัมพันธ์กันกับปริมาณของยานยนต์ และความแออัดของการจราจรในเวลาเร่งด่วน ส่วนในเวลาอื่นนอกเหนือจากนี้พบว่า ปริมาณของแก๊สมลสารส่วนใหญ่จะมีปริมาณต่ำกว่า

จากตารางที่ 23 - 27 และภาพประกอบ 25 - 32 ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของแก๊สมลสารที่ศึกษาได้ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างนั้นพบว่า บริเวณจุดเก็บตัวอย่างด้านหลังร้านขายยาคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มีค่าความเข้มข้นแต่ละชนิดต่ำที่สุด อันเนื่องจากสภาพแวดล้อมในบริเวณนี้ไม่มีอาคารสูงมาขวางทางลม ทำให้การถ่ายเทของอากาศสะดวก ปริมาณแก๊สมลสารที่ถูกปล่อยออกมาจากยานยนต์ก็จะมีการกระจายได้ดีด้วย แม้ว่าการจราจรจะมีความหนาแน่นขึ้นบ้างในช่วงเวลานี้ก็ตาม ส่วนในจุดเก็บตัวอย่าง บริเวณอื่นจะมีปริมาณความเข้มข้นเพิ่มขึ้นและมีค่า บริเวณที่มีค่าความเข้มข้นสูง เช่น บริเวณธนาคารไทยพาณิชย์ บริเวณสี่แยกสะพานลอย และบริเวณหอนาฬิกา ซึ่งบริเวณดังกล่าวจะมีการจราจรหนาแน่นมากในช่วงเวลาเช้าและเย็น ในบริเวณสถานีตรวจอากาศ ถนนผดุงภักดี ซึ่งบริเวณดังกล่าวแม้ว่าจะเป็นบริเวณที่มีอาคารพาณิชย์อยู่โดยรอบก็ตาม แต่ถนนที่ตัดผ่านบริเวณนี้เป็นถนนสายเล็ก ๆ ปริมาณยานยนต์ที่ผ่านถนนสายนี้มีปริมาณไม่มากนัก เมื่อเทียบกับถนนสายหลักของเทศบาลนครหาดใหญ่

ความเข้มข้นของแก๊สมลสารที่ได้จากการศึกษาในวันปกติ (วันจันทร์ถึงวันศุกร์) และวันหยุด (วันเสาร์และวันอาทิตย์) จากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 8 จุด พบว่าโดยทั่วไปแล้วความเข้มข้นในวันปกติและวันหยุดในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างจะมีค่าความเข้มข้นใกล้เคียงกัน แต่ความเข้มข้นในช่วงเวลาเช้า (6.00 - 9.00 น.) ในวันหยุดจะมีแนวโน้มของความเข้มข้นต่ำกว่าในวันปกติเป็นส่วนใหญ่ อันเนื่องมาจากว่าในวันหยุดปริมาณยานยนต์ที่ใช้ในการเดินทางในช่วง

เวลาดังกล่าวเมื่อเทียบกับวันปกติแล้วจะมีน้อยกว่า การจราจรมีความหนาแน่นน้อยกว่า ซึ่งปริมาณแก๊สมลพิษที่ปล่อยออกมาจากยานยนต์เหล่านี้ อันเป็นแหล่งกำเนิดของแก๊สมลพิษที่สำคัญมีปริมาณน้อยลงไปด้วย ส่วนในช่วงเวลาเย็น (15.00-18.00 น.) ความเข้มข้นที่ได้ในวันปกติและวันหยุดมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากในช่วงเวลานี้กับวันปกติโดยเฉพาะจุดเก็บตัวอย่างที่อยู่ในย่านการค้าที่มีการจราจรหนาแน่น มีปริมาณยานยนต์ที่ประชาชนเดินทางเข้ามาเที่ยวพักผ่อนในวันหยุด เช่นจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 (บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย 2) จุดเก็บตัวอย่างที่ 4 (บริเวณหน่วยบริการประชาชน 191) จุดเก็บตัวอย่างที่ 5 (บริเวณหน้าธนาคารไทยพาณิชย์ ถนนนิพัทธ์อุทิศ 3) จุดเก็บตัวอย่างที่ 6 (บริเวณสี่แยกสะพานลอย) และจุดเก็บตัวอย่างที่ 7 (บริเวณหน้าหอนาฬิกา) ซึ่งเป็นย่านการค้าและแหล่งบันเทิงที่สำคัญของหาดใหญ่ ส่วนจุดเก็บตัวอย่าง 1 (บริเวณหลังร้านขายยา คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์) จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 (บริเวณสถานีตรวจอากาศถนนผดุงภักดี) และจุดเก็บตัวอย่างที่ 8 (บริเวณหน้าธนาคารแห่งประเทศไทย สาขาภาคใต้) ซึ่งเป็นบริเวณที่มีร้านค้าบางร้านจะปิดบริการในวันหยุดด้วย และจะทำให้การจราจรเบาบางตามไปด้วย ส่งผลให้ความเข้มข้นในวันหยุดโดยส่วนใหญ่แล้วความเข้มข้นจะมีแนวโน้มต่ำกว่าในวันปกติ

ความเข้มข้นเฉลี่ยของแก๊สมลสารแต่ละชนิดที่ได้จากการศึกษาในวันปกติ (วันจันทร์ถึงวันศุกร์) และวันหยุด (วันเสาร์และวันอาทิตย์) ในแต่ละฤดูกาลและจุดเก็บตัวอย่าง พบว่าความเข้มข้นในช่วงเวลาเช้าของวันหยุดส่วนใหญ่จะต่ำกว่าในวันปกติ อันน่าจะเนื่องมาจากการเดินทางโดยยานพาหนะในช่วงเวลาเช้าของวันหยุดมีน้อยนั่นเอง ส่วนในช่วงเย็นมีค่าใกล้เคียงกันซึ่งเวลานี้ประชาชนอาจจะเดินทางไปมามากขึ้นกว่าช่วงเช้าโดยเฉพาะบางจุดเก็บตัวอย่างที่อยู่ในย่านการค้าและการจราจรหนาแน่น

ตาราง 25 ความเข้มข้นเฉลี่ยของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (pphm) วัดโดยวิธี FTIR ในช่วงเวลาวันปกติและวันหยุดของช่วงเวลาเช้าและเย็น

จุดเก็บตัวอย่าง	วัน	พ.ย. 2540 - ก.พ. 2541						มี.ค. - มิ.ย. 2541						ก.ค. - ต.ค. 2541					
		6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00
		1. บริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะเภสัชศาสตร์	วันปกติ	59	65	70	63	70	68	60	63	73	66	68	67	65	62	71	67
	วันหยุด	55	62	70	63	69	61	58	58	66	64	66	63	56	55	63	64	66	58
2. บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกัน และบรรเทาสาธารณภัย 2	วันปกติ	241	251	248	249	261	264	242	252	248	254	261	256	232	246	251	254	266	261
	วันหยุด	227	231	238	254	265	262	230	241	244	256	265	262	224	236	240	246	262	259
3. บริเวณสถานีตรวจอากาศ ถนนผดุงภักดิ์	วันปกติ	135	147	156	134	148	157	131	132	140	132	143	142	132	140	132	136	135	137
	วันหยุด	126	133	142	134	124	139	123	127	131	130	130	132	128	131	131	135	133	147
4. บริเวณหน่วยบริการประชาชน 191 ถ. นีพัทธ์อุทิศ 3	วันปกติ	158	168	195	171	182	178	156	154	178	173	172	173	134	134	152	157	166	153
	วันหยุด	147	152	155	162	167	168	149	139	162	158	166	159	145	145	160	171	174	178
5. บริเวณธนาคารไทยพาณิชย์ ถ. นีพัทธ์อุทิศ 3	วันปกติ	270	327	319	288	297	311	277	324	330	307	308	317	288	315	329	334	318	327
	วันหยุด	240	289	293	267	296	305	251	305	284	307	298	322	264	331	332	328	305	333
6. บริเวณสี่แยกสะพานลอย ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	285	271	274	313	311	307	259	258	273	320	319	305	259	300	293	293	317	315
	วันหยุด	259	275	261	320	302	301	243	242	255	318	311	273	240	255	243	285	318	303
7. บริเวณหอนาฬิกา ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	262	311	363	311	337	330	254	296	323	331	339	335	280	285	304	314	321	325
	วันหยุด	241	288	339	319	330	314	335	275	312	217	327	312	258	263	281	299	281	307
8. บริเวณหน้าธนาคารแห่ง ประเทศไทย สาขาภาคใต้ ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	242	265	250	240	259	258	223	247	238	259	266	253	221	229	222	222	251	247
	วันหยุด	227	240	238	238	253	244	214	228	224	244	254	226	216	223	221	227	209	236

ตาราง 26 ความเข้มข้นเฉลี่ยของแก๊สมีเทน (pphm) วัดโดยวิธี FTIR ในช่วงเวลาวันปกติและวันหยุดของช่วงเวลาเช้าและเย็น

จุดเก็บตัวอย่าง	วัน	พ.ย. 2540 - ก.พ. 2541						มี.ค. - มิ.ย. 2541						ก.ค. - ต.ค. 2541					
		6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00
		1. บริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะเภสัชศาสตร์	วันปกติ	91	99	88	90	96	82	95	97	89	88	100	91	100	100	103	106
	วันหยุด	83	93	80	80	87	81	92	94	86	90	92	91	95	97	97	101	92	92
2. บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกัน และบรรเทาสาธารณภัย 2	วันปกติ	104	114	116	112	115	120	107	110	112	111	113	109	101	103	107	105	106	105
	วันหยุด	97	101	108	109	112	117	104	104	105	107	106	108	92	93	100	101	102	103
3. บริเวณสถานีตรวจอากาศ ถนนผดุงภักดิ์	วันปกติ	104	109	108	108	112	113	112	112	115	113	112	113	107	113	112	111	113	115
	วันหยุด	98	104	106	104	109	114	109	109	112	110	112	111	97	105	107	108	108	112
4. บริเวณหน่วยบริการประชาชน 191 ถ. นีพัทธ์อุทิศ 3	วันปกติ	103	107	108	110	113	108	108	110	110	114	109	108	107	107	108	112	113	112
	วันหยุด	95	103	100	100	114	107	99	107	103	109	108	104	100	100	104	105	106	105
5. บริเวณธนาคารไทยพาณิชย์ ถ. นีพัทธ์อุทิศ 3	วันปกติ	105	110	110	114	115	118	110	113	112	114	117	110	110	111	112	114	115	114
	วันหยุด	100	105	105	115	117	119	107	107	106	110	111	107	106	106	108	112	107	112
6. บริเวณสี่แยกสะพานลอย ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	117	122	118	119	120	124	116	113	115	114	114	114	113	115	115	114	113	114
	วันหยุด	112	116	114	114	120	123	111	109	112	109	107	110	108	111	111	113	112	113
7. บริเวณหอนาฬิกา ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	112	125	131	124	129	132	113	112	118	117	119	117	114	112	115	116	116	115
	วันหยุด	106	116	124	126	125	124	109	107	112	114	115	114	109	109	112	113	112	114
8. บริเวณหน้าธนาคารแห่ง ประเทศไทย สาขาภาคใต้ ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	99	103	109	110	110	111	107	104	108	109	105	106	106	102	106	106	108	104
	วันหยุด	92	99	105	108	109	110	100	100	105	106	104	104	100	103	101	105	107	107

ตาราง 27 ความเข้มข้นเฉลี่ยของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ (pphm) วัดโดยวิธี FTIR ในช่วงเวลาวันปกติและวันหยุดของช่วงเวลาเช้าและเย็น

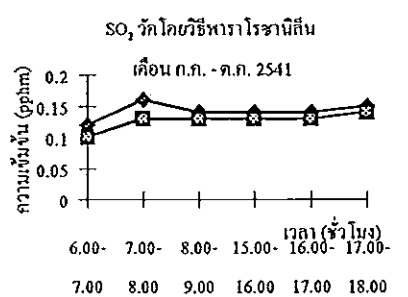
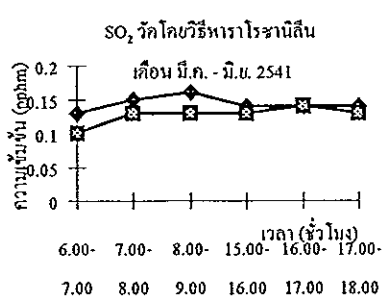
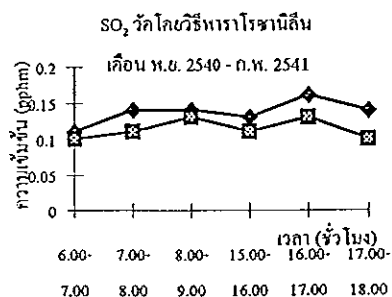
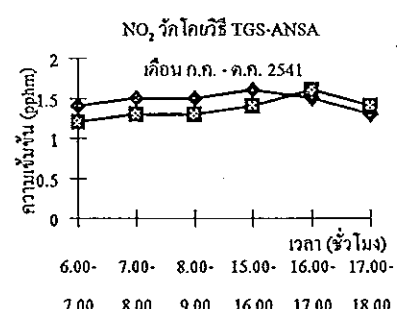
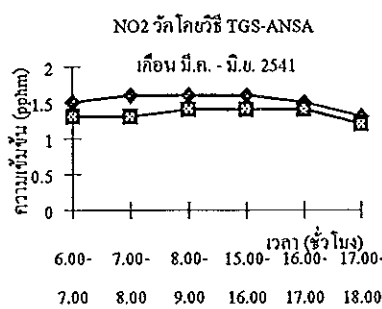
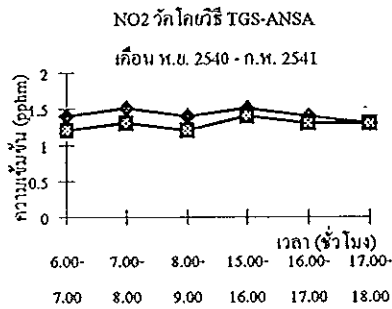
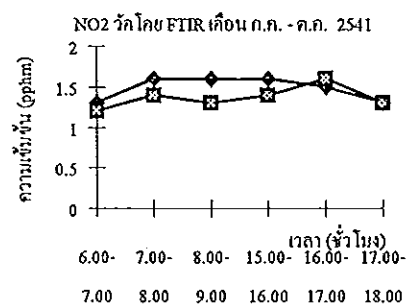
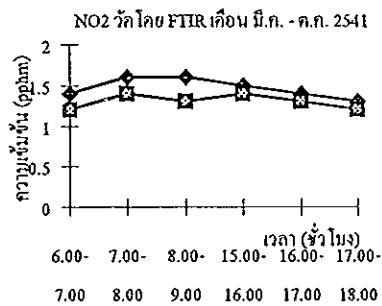
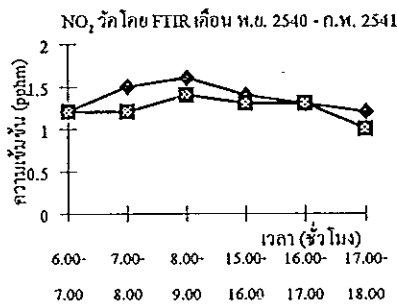
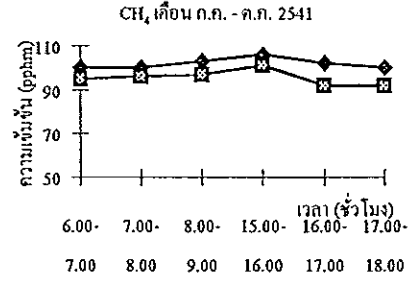
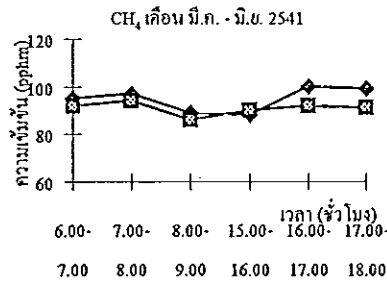
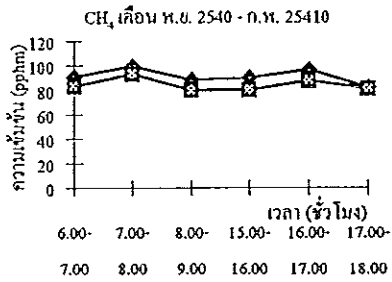
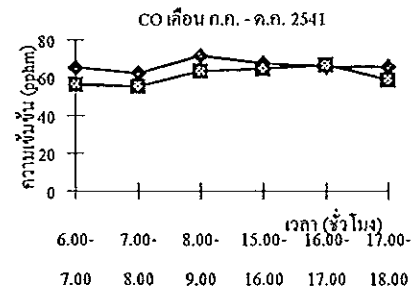
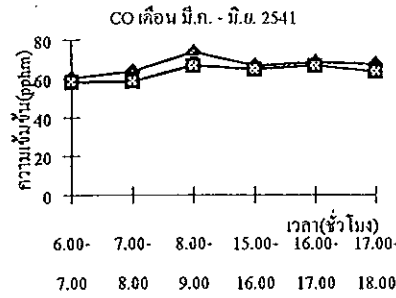
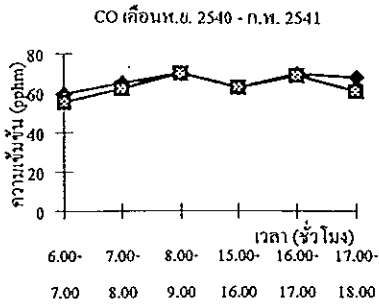
จุดเก็บตัวอย่าง	วัน	พ.ย. 2540 - ก.พ. 2541						มี.ค. - มิ.ย. 2541						ก.ค. - ต.ค. 2541					
		6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00
		1. บริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะเภสัชศาสตร์	วันปกติ	1.2	1.5	1.6	1.4	1.3	1.2	1.4	1.6	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.6	1.6	1.6
	วันหยุด	1.2	1.2	1.4	1.3	1.3	1	1.2	1.4	1.3	1.4	1.3	1.2	1.2	1.4	1.3	1.4	1.6	1.3
2. บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกัน และบรรเทาสาธารณภัย 2	วันปกติ	1.4	1.6	1.7	2.0	1.6	1.7	1.5	1.8	1.6	1.8	1.6	1.6	1.6	1.8	2	1.7	1.7	1.5
	วันหยุด	1.3	1.4	1.4	1.6	1.5	1.4	1.3	1.4	1.5	1.4	1.5	1.3	1.3	1.5	1.7	1.6	1.6	1.4
3. บริเวณสถานีตรวจอากาศ ถนนผดุงภักดี	วันปกติ	1.3	1.6	1.6	1.3	1.3	1.2	1.3	1.7	1.5	1.6	1.4	1.4	1.4	1.6	1.4	1.6	1.3	1.2
	วันหยุด	1.0	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.2	1.5	1.2	1.5	1.4	1.2	1.2	1.4	1.3	1.7	1.4	1.2
4. บริเวณหน่วยบริการประชาชน 191 ถ. นีพัทธ์อุทิศ 3	วันปกติ	1.4	1.6	1.7	1.6	1.8	1.4	1.4	1.5	1.4	1.6	1.6	1.4	1.3	1.2	1.3	1.5	1.4	1.4
	วันหยุด	1.1	1.3	1.4	1.4	1.4	1.3	1.1	1.2	1.4	1.4	1.6	1.4	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4	1.1
5. บริเวณธนาคารไทยพาณิชย์ ถ. นีพัทธ์อุทิศ 3	วันปกติ	1.7	1.9	2.0	2.0	2.2	1.6	1.9	2.0	2.4	2.4	2.5	1.3	2.0	2.4	2.6	2.5	2.6	1.8
	วันหยุด	1.6	1.6	1.8	2.0	1.9	1.6	1.5	1.6	1.9	2.0	2.3	1.6	1.7	2.0	2.0	2.0	2.3	1.5
6. บริเวณสี่แยกสะพานลอย ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	2.1	2.7	2.6	2.3	2.5	2.2	2.1	2.5	2.6	2.6	2.3	2.0	2.0	2.4	2.6	2.5	2.3	2.0
	วันหยุด	1.9	2.1	2.4	2.5	2.2	1.7	1.8	2.2	2.3	2.4	2.2	1.7	1.6	2.1	2.0	2.1	2.3	1.6
7. บริเวณหอนาฬิกา ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	2.0	2.6	2.6	2.5	2.4	1.8	1.8	2.4	2.5	2.4	2.3	2.1	1.9	2.3	2.4	2.3	2.4	2.1
	วันหยุด	1.8	2.0	2.4	2.1	2.2	1.7	1.5	2.0	1.9	2.1	2.2	1.7	1.5	2.0	2.0	1.9	2.4	1.7
8. บริเวณหน้าธนาคารแห่ง ประเทศไทย สาขาภาคใต้ ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	1.9	2.3	2.2	2.2	2.2	1.9	1.5	2.1	2.0	1.8	2.1	2.0	1.4	1.9	1.8	1.9	1.8	1.5
	วันหยุด	1.5	2.0	2.1	2.1	2.1	1.7	1.2	2.0	1.6	1.5	2.2	1.7	1.3	1.5	1.6	1.6	1.5	1.5

ตาราง 28 ความเข้มข้นเฉลี่ยของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ (pphm) วัดโดยวิธี TGS-ANSA ในช่วงเวลาวันปกติและวันหยุดของช่วงเวลาเช้าและเย็น

จุดเก็บตัวอย่าง	วัน	พ.ย. 2540 - ก.พ. 2541						มี.ค. - มิ.ย. 2541						ก.ค. - ต.ค. 2541					
		6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00
		1. บริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะเภสัชศาสตร์	วันปกติ	1.4	1.5	1.4	1.5	1.4	1.3	1.5	1.6	1.6	1.6	1.5	1.3	1.4	1.5	1.6	1.6
	วันหยุด	1.2	1.3	1.2	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.6	1.4
2. บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกัน และบรรเทาสาธารณภัย 2	วันปกติ	1.5	1.7	1.7	2.4	1.7	1.7	1.5	1.8	1.7	1.8	1.7	1.7	1.6	1.8	2.1	1.8	1.8	1.5
	วันหยุด	1.3	1.4	1.5	1.6	1.5	1.4	1.3	1.6	1.5	1.4	1.5	1.4	1.3	1.5	1.7	1.7	1.6	1.4
3. บริเวณสถานีตรวจอากาศ ถนนผดุงภักดี	วันปกติ	1.4	1.5	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4	1.6	1.4	1.5	1.4	1.4	1.3	1.5	1.5	1.5	1.4	1.3
	วันหยุด	1.1	1.4	1.4	1.3	1.1	1.3	1.2	1.4	1.2	1.4	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.4	1.3
4. บริเวณหน่วยบริการประชาชน 191 ถ. นีพัทธ์อุทิศ 3	วันปกติ	1.4	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.5	1.6	1.4	1.6	1.5	1.5	1.4	1.5	1.4	1.5	1.5	1.4
	วันหยุด	1.2	1.2	1.5	1.4	1.4	1.4	1.2	1.3	1.2	1.4	1.5	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3	1.5	1.2
5. บริเวณธนาคารไทยพาณิชย์ ถ. นีพัทธ์อุทิศ 3	วันปกติ	1.3	1.9	2.1	2.1	2.3	1.8	1.9	2.1	2.2	2.2	2.3	1.9	1.9	2.5	2.6	2.5	2.5	2.0
	วันหยุด	1.4	1.7	1.8	1.9	1.9	1.7	1.6	1.3	1.8	1.9	2.3	1.8	1.7	2	2.1	2	2.4	1.6
6. บริเวณสี่แยกสะพานลอย ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	2.1	2.5	2.6	2.4	2.5	2.2	2.1	2.5	2.6	2.6	2.4	2.2	2	2.5	2.5	2.4	2.3	2.0
	วันหยุด	1.8	2.2	2.3	2.2	2.2	1.8	1.8	2.3	2.3	2.4	2.3	1.3	1.5	2.1	2	2.3	2.3	1.5
7. บริเวณหอนาฬิกา ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	2.1	2.6	2.6	2.6	2.5	2.1	1.8	2.5	2.5	2.5	2.2	2.3	1.7	2.4	2.4	2.4	2.5	2.1
	วันหยุด	1.7	2.1	2.3	2.2	2.3	1.7	1.6	2.0	2.0	2.1	2.2	1.3	1.5	2	2.2	2.1	2.4	1.7
8. บริเวณหน้าธนาคารแห่งประเทศไทย สาขาภาคใต้ ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	1.8	2.1	2.2	2.3	2.2	1.8	1.6	2.0	2.0	1.6	2.0	2.0	1.5	1.4	1.8	1.9	1.9	1.5
	วันหยุด	1.6	2.0	1.9	2.1	2.0	1.7	1.3	1.8	1.6	1.5	2.0	1.8	1.3	1.4	1.7	1.6	1.5	1.4

ตาราง 29 ความเข้มข้นเฉลี่ยของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (pphm) วัดโดยวิธีพาราโรซานิลีน ในช่วงเวลาวันปกติและวันหยุด
ของช่วงเวลาเช้าและเย็น

จุดเก็บตัวอย่าง	วัน	พ.ย. 2540 - ก.พ. 2541						มี.ค. - มิ.ย. 2541						ก.ค. - ต.ค. 2541					
		6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00
		1. บริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะเภสัชศาสตร์	วันปกติ	0.11	0.14	0.14	0.13	0.16	0.14	0.13	0.15	0.16	0.14	0.14	0.14	0.12	0.16	0.14	0.14
	วันหยุด	0.10	0.11	0.13	0.11	0.13	0.10	0.10	0.13	0.13	0.13	0.14	0.13	0.10	0.13	0.13	0.13	0.13	0.14
2. บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกัน และบรรเทาสาธารณภัย 2	วันปกติ	0.16	0.20	0.23	0.20	0.26	0.25	0.16	0.21	0.22	0.22	0.25	0.24	0.16	0.24	0.24	0.21	0.25	0.25
	วันหยุด	0.13	0.18	0.21	0.17	0.23	0.25	0.13	0.18	0.20	0.20	0.25	0.25	0.13	0.21	0.2	0.18	0.24	0.25
3. บริเวณสถานีตรวจอากาศ ถนนผดุงภักดิ์	วันปกติ	0.13	0.15	0.14	0.15	0.14	0.15	0.13	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.15	0.13	0.12	0.13
	วันหยุด	0.10	0.11	0.12	0.12	0.13	0.14	0.11	0.11	0.12	0.14	0.11	0.13	0.11	0.10	0.12	0.12	0.13	0.12
4. บริเวณหน่วยบริการประชาชน 191 ถ. นิพัทธ์อุทิส 3	วันปกติ	0.13	0.16	0.16	0.16	0.18	0.17	0.14	0.15	0.16	0.16	0.15	0.16	0.14	0.15	0.16	0.17	0.16	0.18
	วันหยุด	0.11	0.15	0.13	0.13	0.15	0.15	0.13	0.13	0.14	0.13	0.13	0.15	0.11	0.13	0.14	0.15	0.15	0.14
5. บริเวณธนาคารไทยพาณิชย์ ถ. นิพัทธ์อุทิส 3	วันปกติ	0.21	0.25	0.31	0.28	0.33	0.33	0.21	0.25	0.30	0.33	0.34	0.34	0.21	0.26	0.31	0.34	0.33	0.37
	วันหยุด	0.17	0.21	0.24	0.25	0.31	0.3	0.16	0.22	0.25	0.30	0.33	0.33	0.17	0.24	0.28	0.29	0.34	0.32
6. บริเวณสี่แยกสะพานลอย ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	0.17	0.27	0.25	0.25	0.27	0.27	0.17	0.24	0.27	0.25	0.26	0.17	0.17	0.23	0.25	0.27	0.28	0.26
	วันหยุด	0.18	0.26	0.25	0.22	0.26	0.26	0.14	0.22	0.24	0.26	0.25	0.27	0.14	0.21	0.23	0.25	0.25	0.26
7. บริเวณหอนาฬิกา ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	0.21	0.25	0.30	0.25	0.28	0.28	0.19	0.26	0.28	0.26	0.30	0.29	0.19	0.25	0.28	0.28	0.30	0.28
	วันหยุด	0.16	0.23	0.26	0.23	0.24	0.25	0.15	0.23	0.25	0.25	0.27	0.25	0.15	0.22	0.22	0.25	0.27	0.24
8. บริเวณหน้าธนาคารแห่ง ประเทศไทย สาขาภาคใต้ ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	0.15	0.18	0.18	0.16	0.18	0.16	0.16	0.17	0.18	0.18	0.17	0.15	0.15	0.16	0.17	0.16	0.17	0.16
	วันหยุด	0.12	0.15	0.15	0.13	0.16	0.15	0.14	0.14	0.16	0.15	0.14	0.16	0.12	0.14	0.13	0.14	0.14	0.13

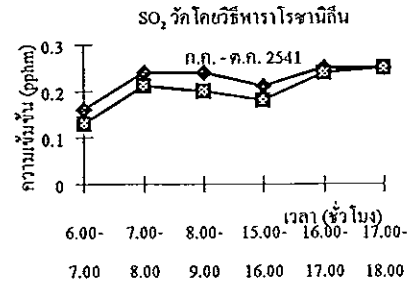
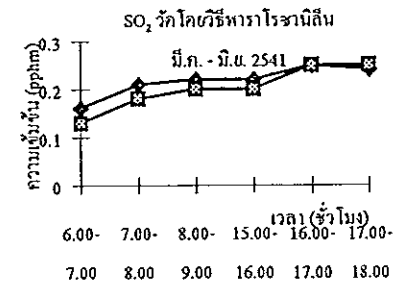
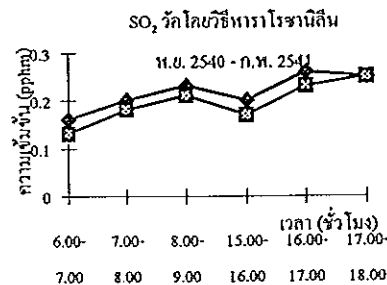
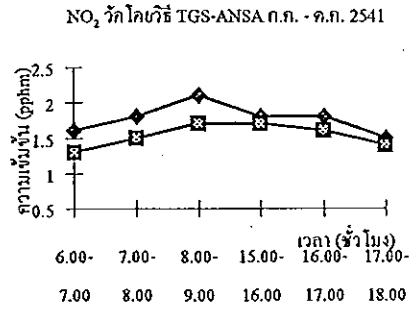
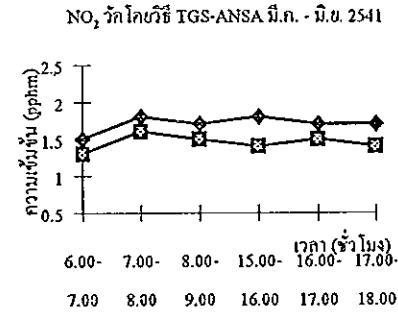
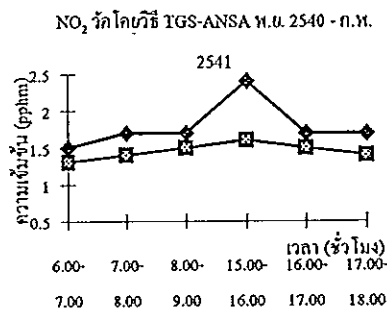
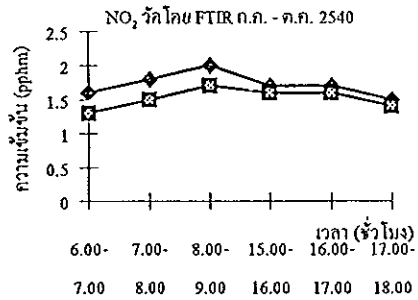
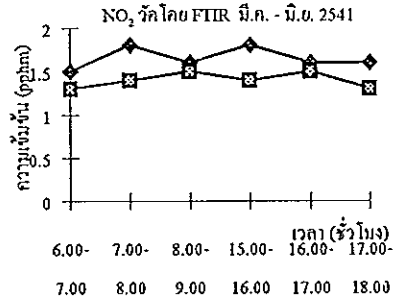
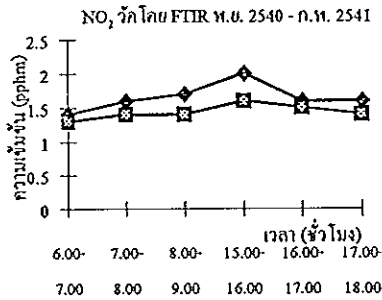
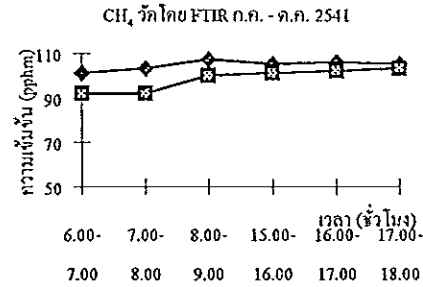
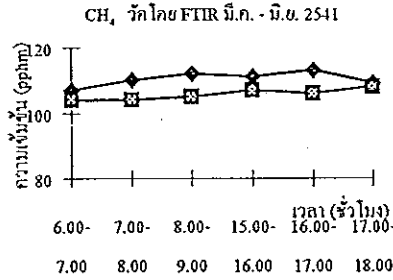
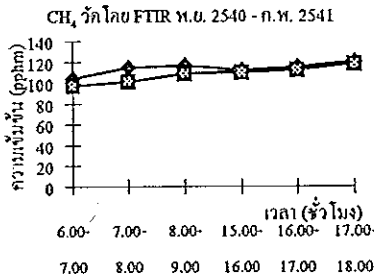
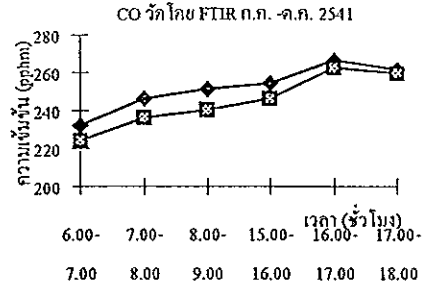
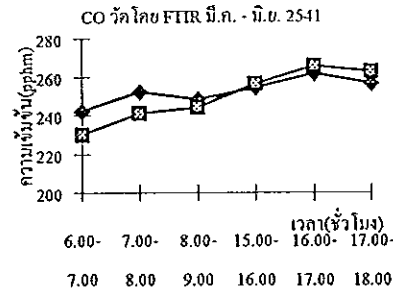
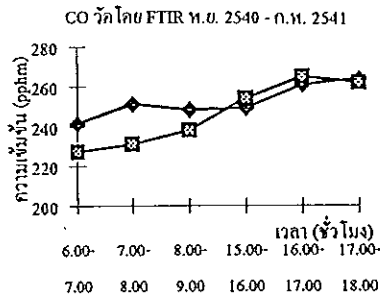


◆ วันปกติ □ วันหยุด

◆ วันปกติ □ วันหยุด

◆ วันปกติ □ วันหยุด

ภาพประกอบ 25 กราฟแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของแก๊สมลสารในวันปกติและวันหยุดของช่วงเวลาเช้าและเย็น บริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

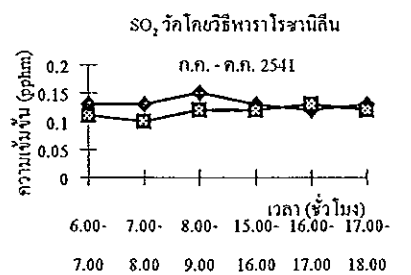
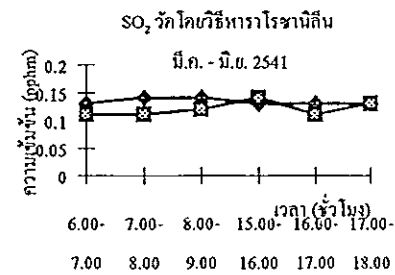
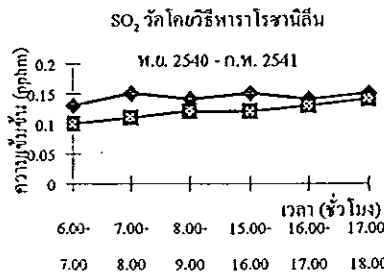
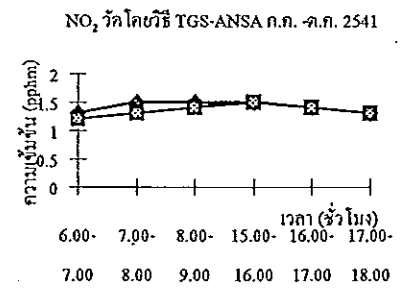
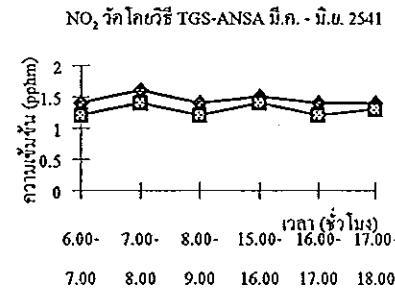
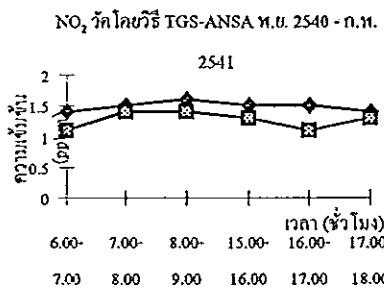
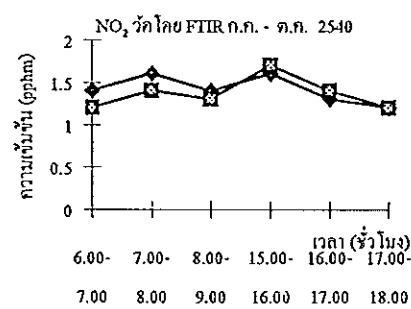
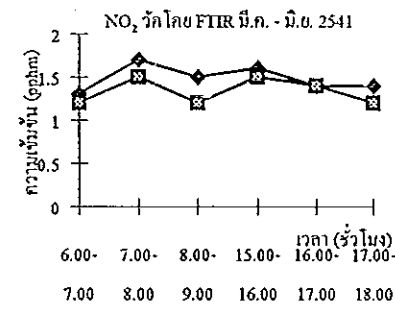
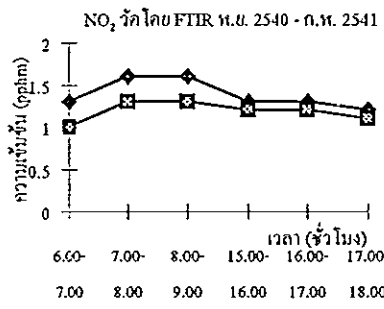
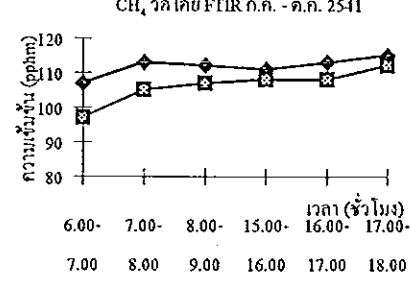
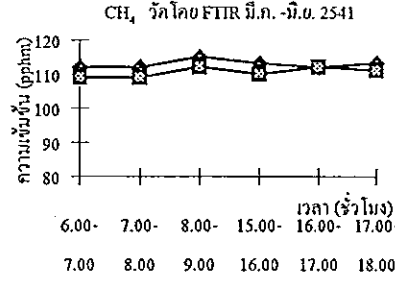
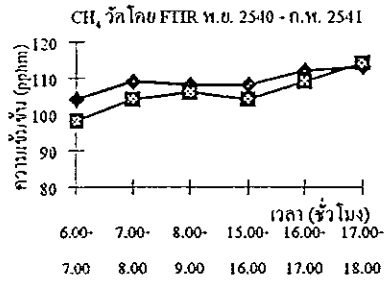
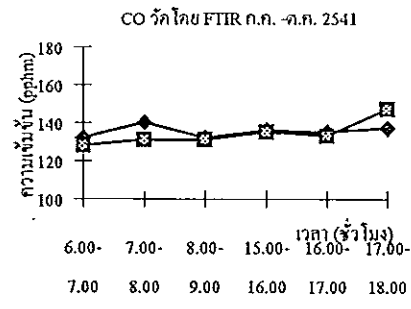
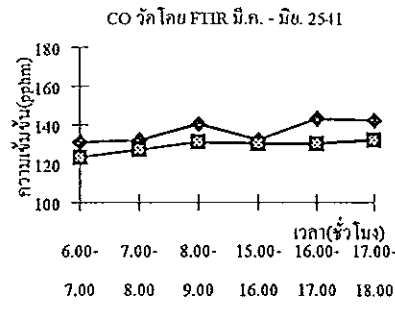
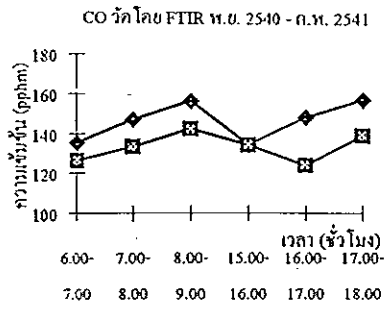


◆ วันปกติ □ วันหยุด

◆ วันปกติ □ วันหยุด

◆ วันปกติ □ วันหยุด

ภาพประกอบ 26 กราฟแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของแก๊สมลพิษสารในวันปกติและวันหยุดในช่วงเวลาเช้า และเย็น บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย 2 ถนนศรีภูวนาด

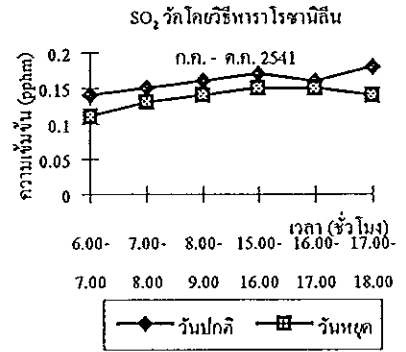
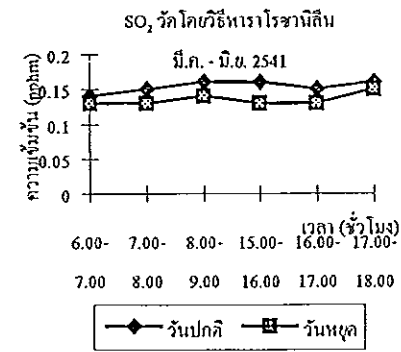
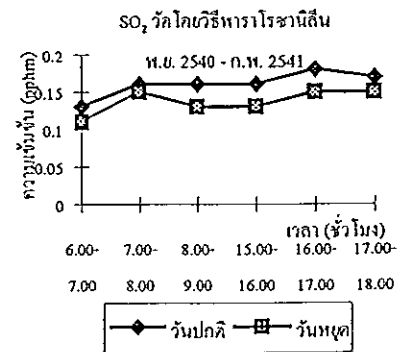
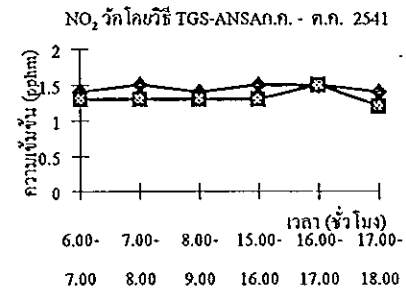
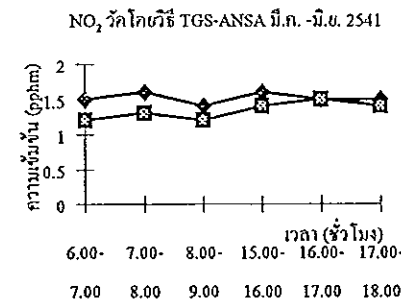
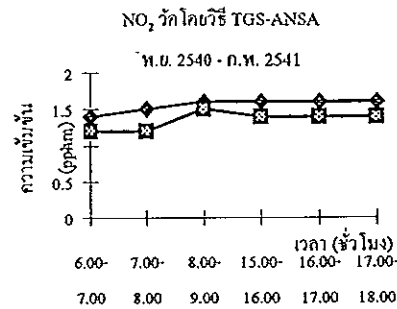
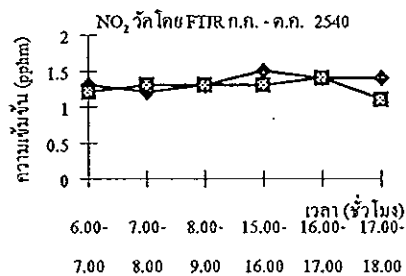
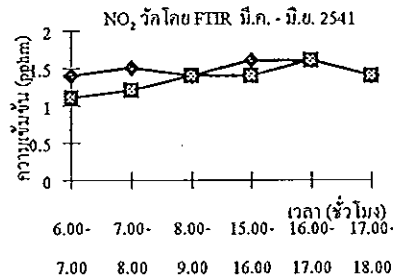
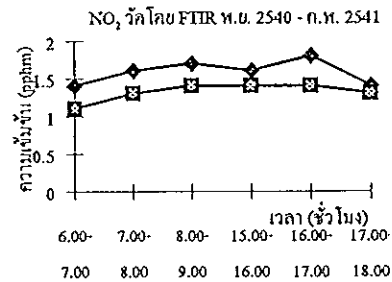
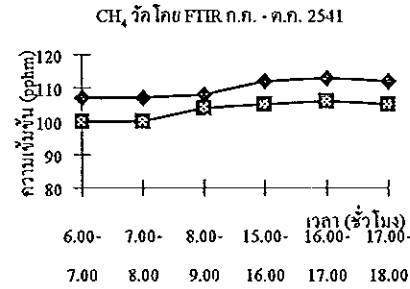
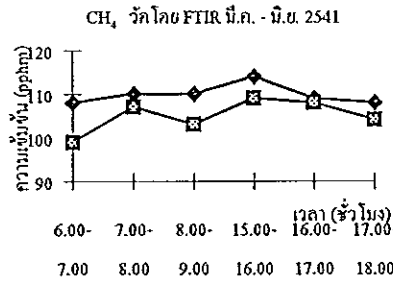
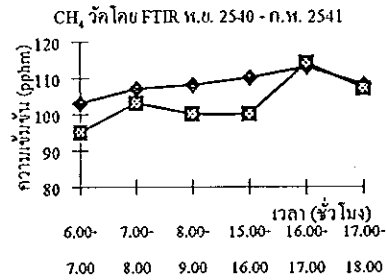
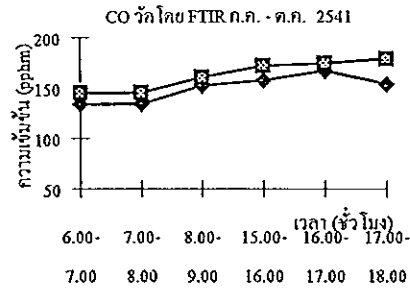
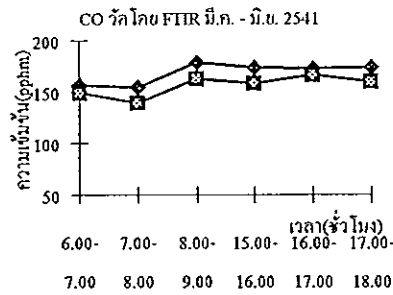
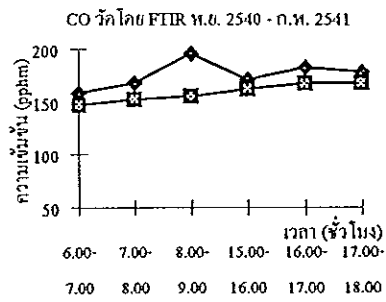


◆ วันปกติ □ วันหยุด

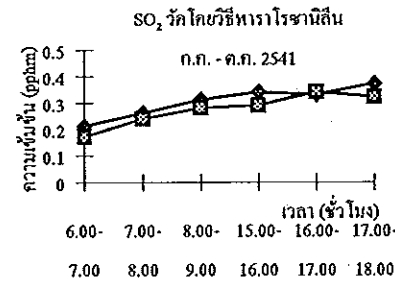
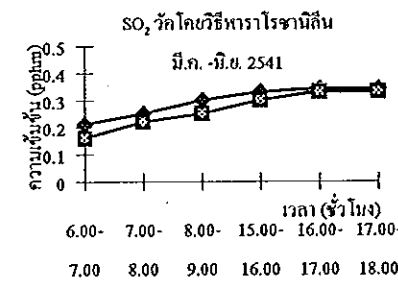
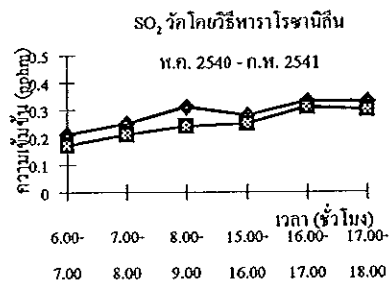
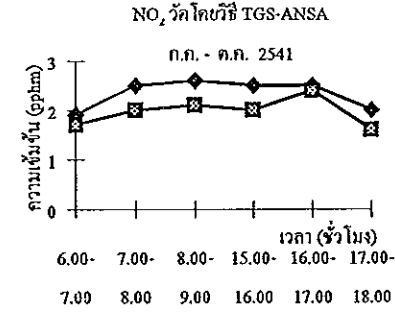
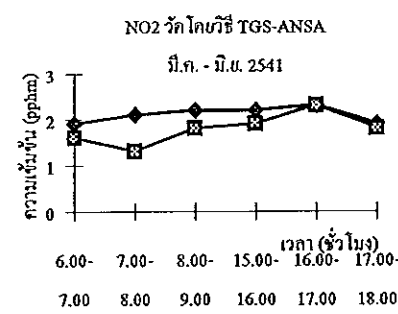
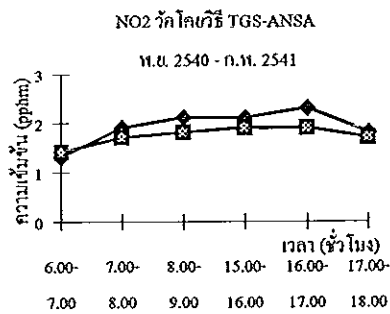
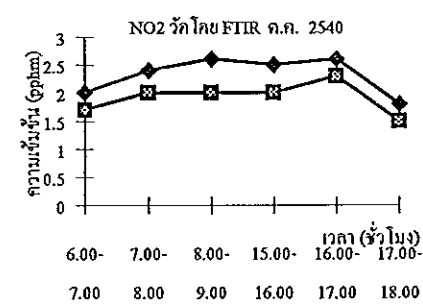
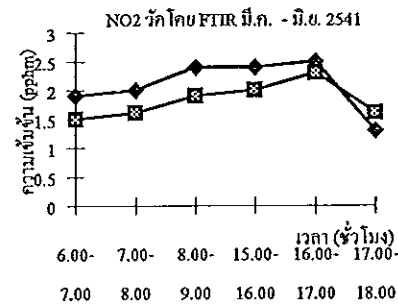
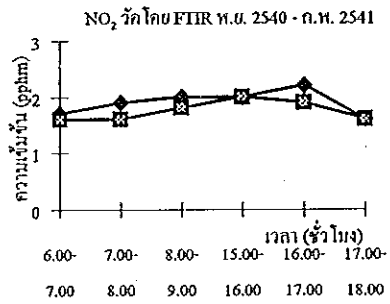
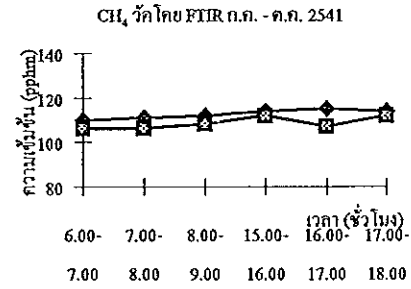
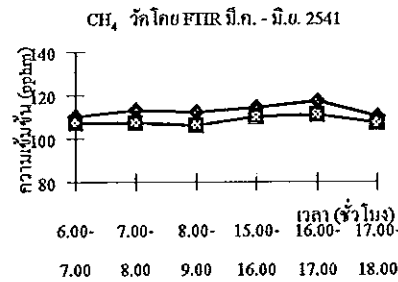
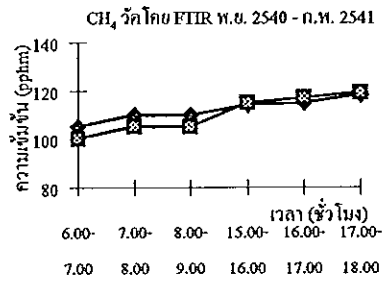
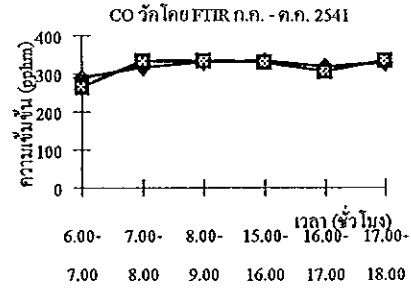
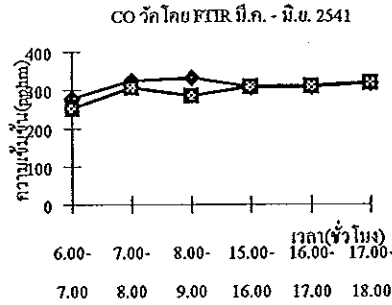
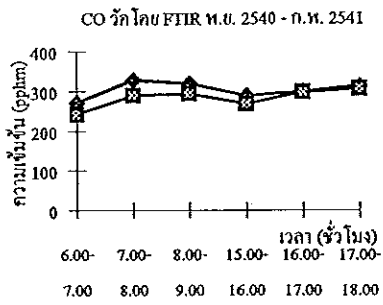
◆ วันปกติ □ วันหยุด

◆ วันปกติ □ วันหยุด

ภาพประกอบ 27 กราฟแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของแก๊สมลพิษในวันปกติและวันหยุดในช่วงเวลาเช้าและเย็น บริเวณสถานีตรวจอากาศของเทศบาลนครหาดใหญ่ ถนนศุภงักง์



ภาพประกอบ 28 กราฟแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของแก๊สมลพิษในวันปกติและวันหยุดในช่วงเวลาเช้าและเย็น บริเวณหน่วยบริการประชาชน 191 ถนนนิพัทธ์อุทิศ 3

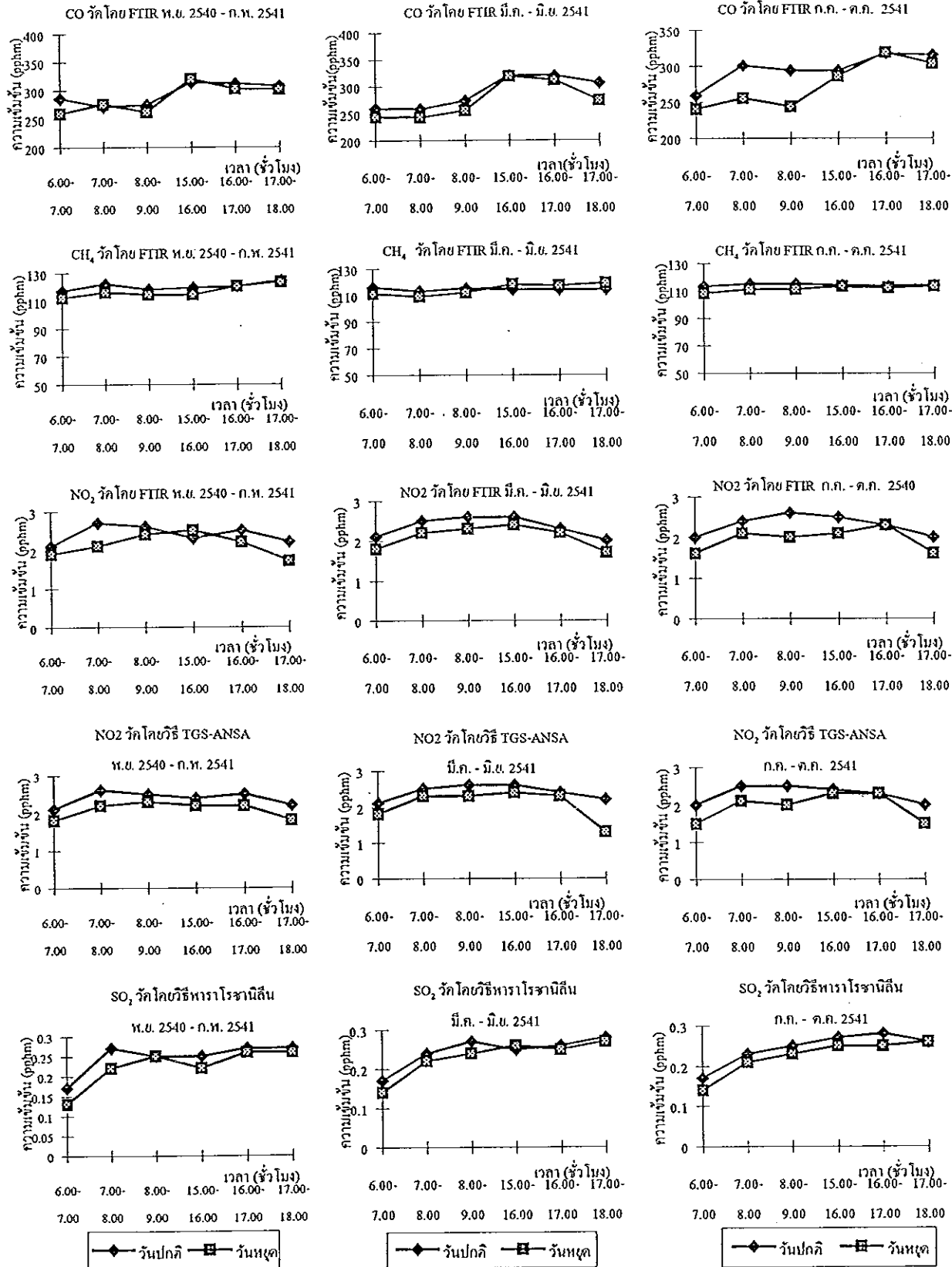


◆ วันปกติ □ วันหยุด

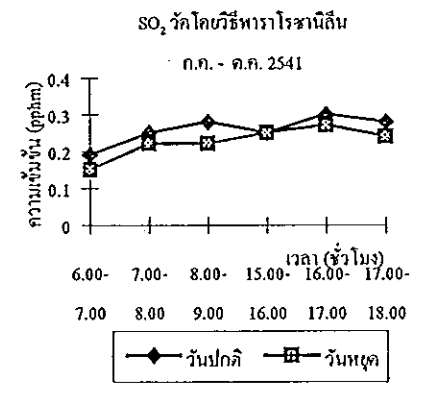
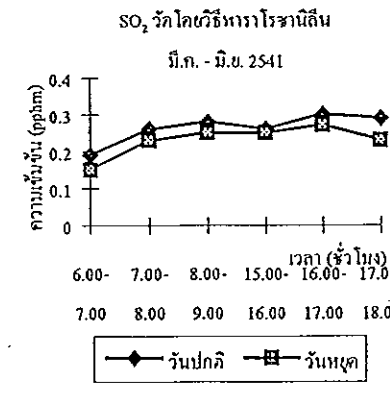
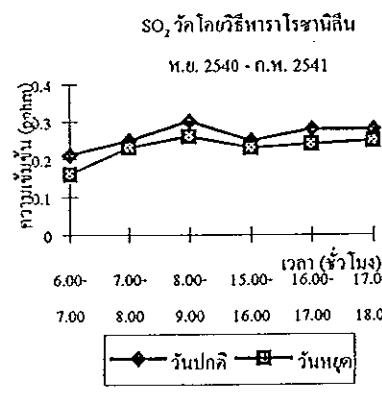
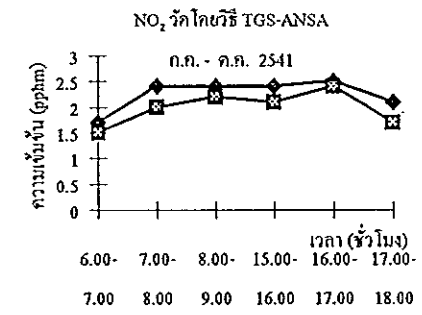
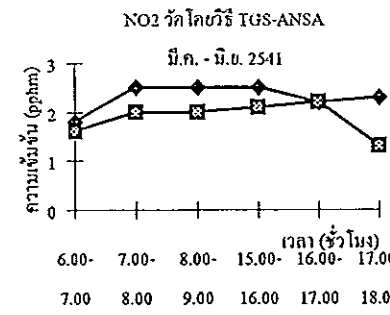
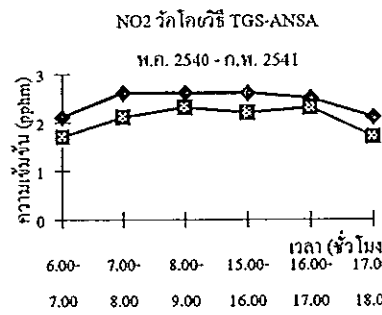
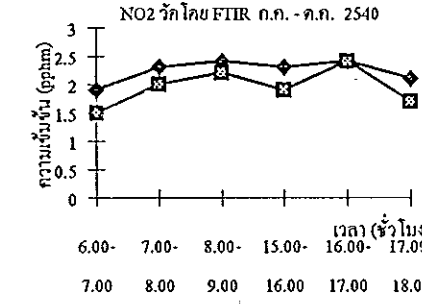
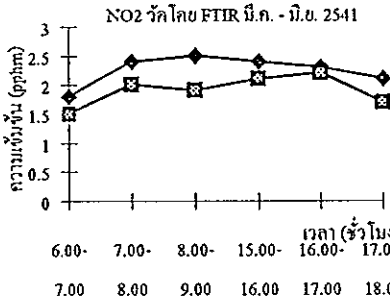
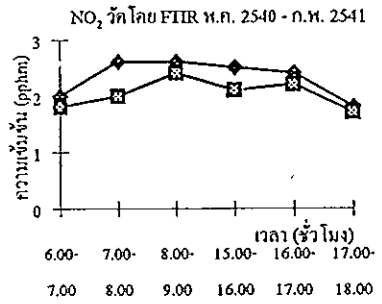
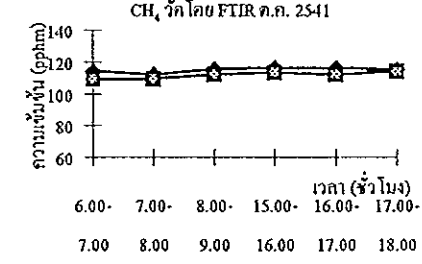
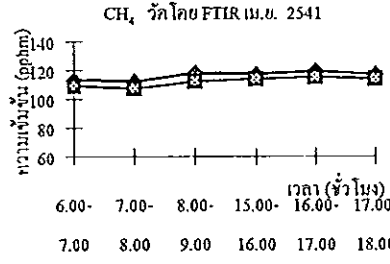
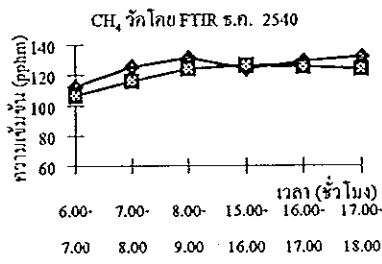
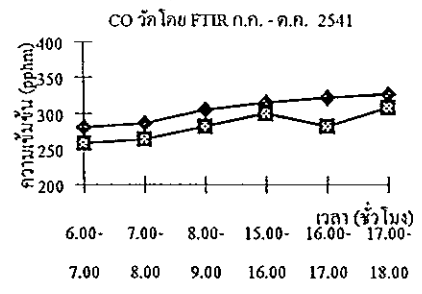
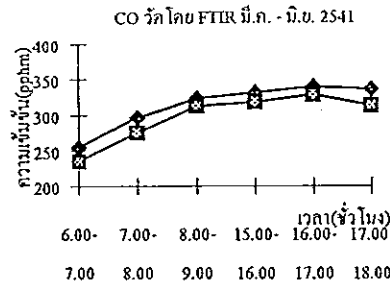
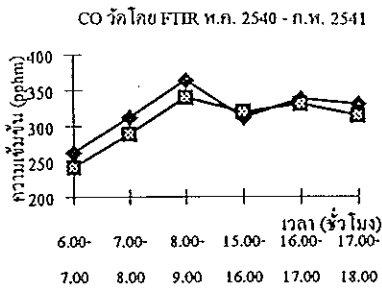
◆ วันปกติ □ วันหยุด

◆ วันปกติ □ วันหยุด

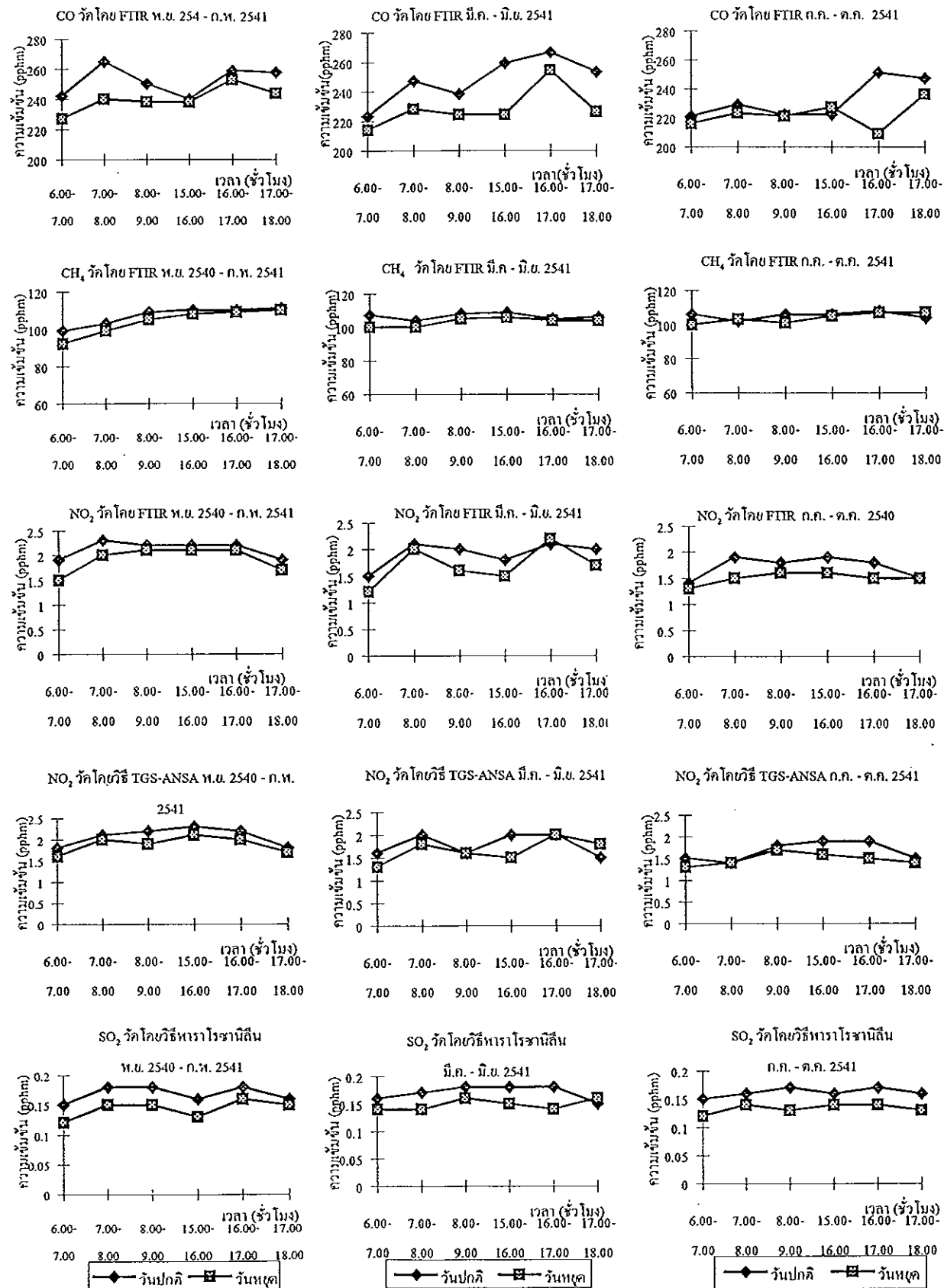
ภาพประกอบ 29 กราฟแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของแก๊สมลพิษในวันปกติและวันหยุดในช่วงเวลาเช้าและเย็น บริเวณหน้าธนาคารไทยพาณิชย์ ถนนนพิตร์อุทิศ 3



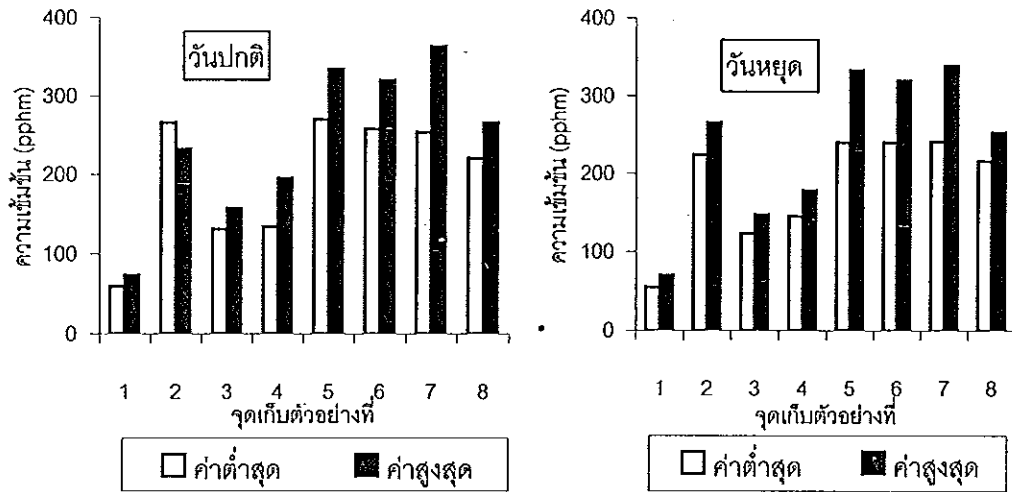
ภาพประกอบ 30 กราฟแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของแก๊สมลพิษในวันปกติและวันหยุดในช่วงเวลาเช้าและเย็น บริเวณสี่แยกสะพานลอย ถนนเพชรเกษม



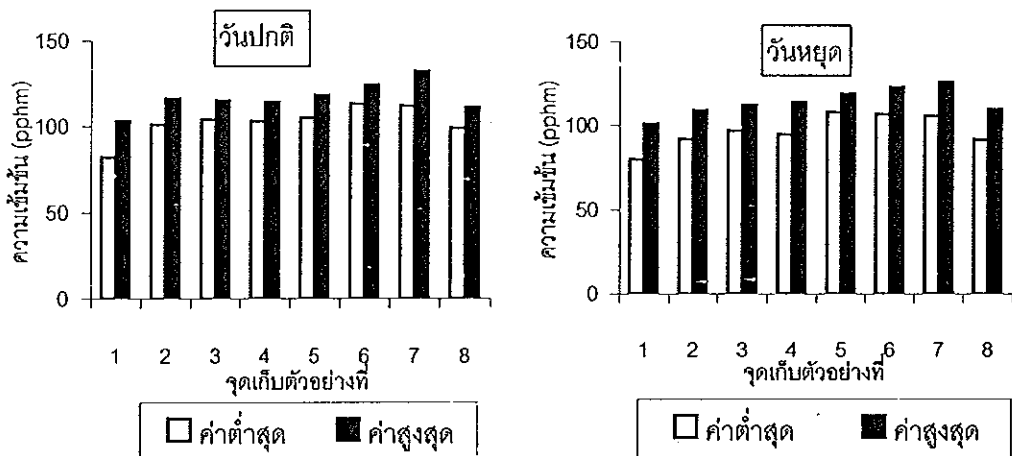
ภาพประกอบ 31 กราฟแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของแก๊สมลพิษในวันปกติและวันหยุดในช่วงเวลาเช้าและเย็น บริเวณหอนาฬิกา ถนนเพชรเกษม



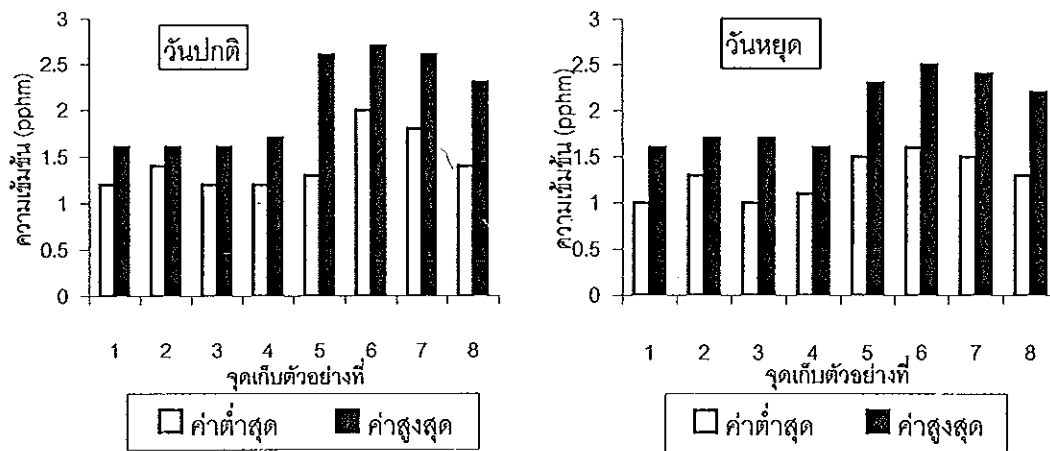
ภาพประกอบ 32 กราฟแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของแก๊สมลพิษในวันปกติและวันหยุดในช่วงเวลาเช้าและเย็น บริเวณหน้าธนาคารแห่งประเทศไทย สาขาภาคใต้



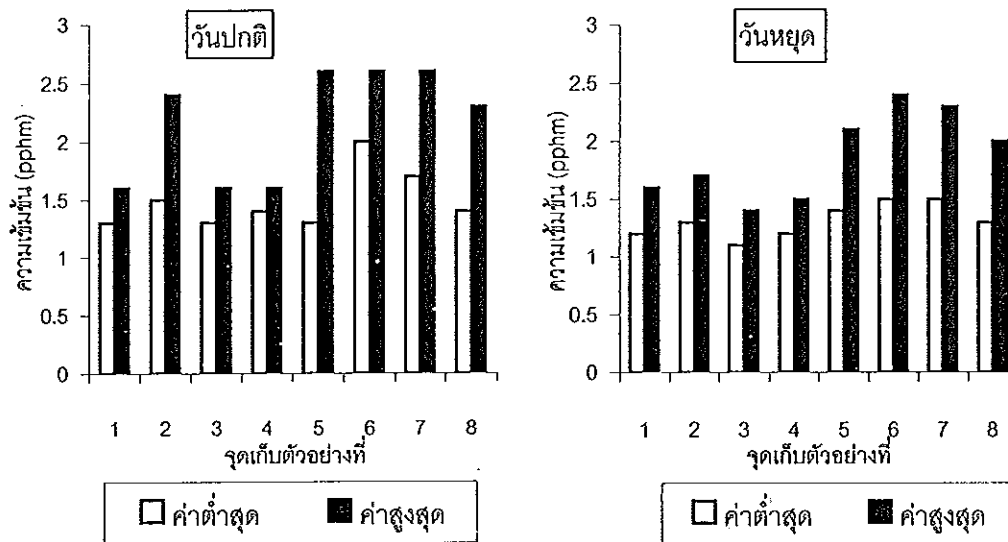
ภาพประกอบ 33 กราฟแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยต่ำสุดและสูงสุดของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์วัดโดยวิธี FTIR จากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 8 จุด ในช่วงเวลาวันปกติและวันหยุดของช่วงเวลาเช้าและเย็น



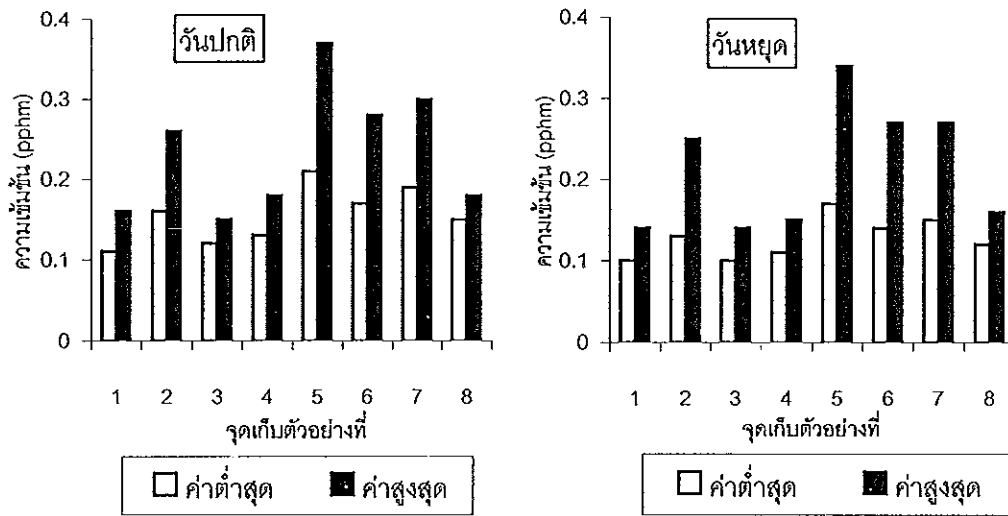
ภาพประกอบ 34 กราฟแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยต่ำสุดและสูงสุดของแก๊สมีเทนวัดโดยวิธี FTIR จากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 8 จุด ในช่วงเวลาวันปกติและวันหยุดของช่วงเวลาเช้าและเย็น



ภาพประกอบ 35 กราฟแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยต่ำสุดและสูงสุดของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ วัดโดยวิธี FTIR จากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 8 จุด ในช่วงเวลาวันปกติและวันหยุด ของช่วงเวลาเช้าและเย็น



ภาพประกอบ 36 กราฟแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยต่ำสุดและสูงสุดของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ วัดโดยวิธี TGS - ANSA จากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 8 จุด ในช่วงเวลาวันปกติ และวันหยุดของช่วงเวลาเช้าและเย็น



ภาพประกอบ 37 กราฟแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยต่ำสุดและสูงสุดของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ วัดโดยวิธีพาราโรซานิลีน จากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 8 จุด ในช่วงเวลาวันปกติ และวันหยุดของช่วงเวลาเช้าและเย็น

บทที่ 4

บทสรุป

จุดเก็บที่ทำการศึกษาวิจัยแก๊สมลสารในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ โดยแต่ละจุดเก็บตัวอย่างจะพิจารณาตามลักษณะของชุมชนและการจราจรเป็นหลัก กล่าวคือจะแบ่งออกเป็นชุมชนเมืองและที่อยู่อาศัย จุดเก็บตัวอย่างในชุมชนเมืองจะพิจารณาจากสภาพการจราจรและชุมชนย่านการค้า มีทั้งหมด 7 จุด และบริเวณที่เป็นที่อยู่อาศัย 1 จุด บริเวณที่มีความเข้มข้นของแก๊สมลสารสูง คือบริเวณชุมชนที่เป็นย่านการค้าและมีการจราจรหนาแน่น เช่น จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 (บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย 2) จุดเก็บตัวอย่างที่ 5 (บริเวณหน้าธนาคารไทยพาณิชย์ ถนนนิพัทธ์อุทิศ 3) จุดเก็บตัวอย่างที่ 6 (บริเวณสี่แยกสะพานลอย) และจุดเก็บตัวอย่างที่ 7 (บริเวณหน้าหอนาฬิกา) ส่วนจุดเก็บตัวอย่างที่ 3 (บริเวณสถานีตรวจอากาศ ถนนผดุงภักดี) จุดเก็บตัวอย่างที่ 4 (บริเวณหน่วยบริการประชาชน 191) และจุดเก็บตัวอย่างที่ 8 (บริเวณหน้าธนาคารแห่งประเทศไทย สาขาภาคใต้) นั้นแม้ว่าจุดเก็บตัวอย่างดังกล่าวจะอยู่ในชุมชนเมืองก็ตาม แต่สภาพแวดล้อมทางด้านการค้าและการจราจรไม่หนาแน่นมากนักเมื่อเทียบกับจุดเก็บตัวอย่างที่ 2, 5, 6 และ 7 และพบว่าความเข้มข้นของแก๊สมลสารในจุดเก็บตัวอย่างดังกล่าวมีค่าต่ำกว่า ส่วนในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 (บริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์) นั้น ความเข้มข้นของแก๊สมลสารที่วิเคราะห์ได้มีปริมาณต่ำกว่าจุดอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากบริเวณนี้สภาพแวดล้อมมีการจราจรที่ไม่หนาแน่น และอากาศถ่ายเทได้สะดวก

ในการศึกษาประสิทธิภาพของถุงเก็บอากาศทั้งสองแบบ คือแบบ Tedlar bag และแบบที่ทำจากถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน จากการทดสอบโดยการใช้น้ำบรรจุแก๊สมมาตรฐานที่เตรียมขึ้นและทราบความเข้มข้น แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณโดย FTIR นั้นพบว่าถุงเก็บอากาศทั้งสองแบบมีประสิทธิภาพเหมาะสมพอที่จะนำไปใช้งานได้ และจากการเปรียบเทียบกันระหว่างถุงเก็บอากาศทั้งสองแบบโดยการทดสอบแบบเอฟ (F-Test) ผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นถุงเก็บอากาศทั้งสองแบบนี้สามารถที่จะนำมาใช้ในการเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อการศึกษาปริมาณแก๊สมลสารต่อไปได้ ซึ่งถุงเก็บอากาศชนิดที่ทำขึ้น

จากถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนสามารถที่จะนำมาใช้ทดแทนถุงเก็บอากาศชนิด Tedlar bag ได้ และเป็นทางเลือกค่าใช้จ่ายที่จะต้องใช้ในการจัดหาถุงเก็บอากาศได้เป็นอย่างดี

การศึกษาขีดจำกัดของการวิเคราะห์ คาร์บอนมอนอกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ มีเทน และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (CO , NO_2 , CH_4 และ SO_2) โดย FTIR พบว่ามีค่าต่ำสุดของการวิเคราะห์แก๊สทั้ง 4 ชนิดมีดังนี้คือ 10.0 8.0 0.4 และ 2 ppb ตามลำดับ จากขีดจำกัดของการวิเคราะห์ที่ได้ของ CO , NO_2 และ CH_4 มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยที่วิเคราะห์ได้แสดงว่าสามารถที่จะวิเคราะห์ปริมาณของแก๊สดังกล่าวได้ ส่วนซัลเฟอร์ไดออกไซด์นั้นมีขีดจำกัดของการวิเคราะห์ได้สูงกว่าค่าเฉลี่ยที่วิเคราะห์ได้จากตารางที่ 14 แสดงว่า ปริมาณของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบรรยากาศมีความเข้มข้นน้อยกว่าขีดจำกัดของการวิเคราะห์โดย FTIR จึงทำให้ไม่สามารถวัดปริมาณความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศได้

จากการศึกษาความเข้มข้นของแก๊สมาตรฐานคาร์บอนมอนอกไซด์ มีเทน ไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่วิเคราะห์ได้โดย FTIR และโปรแกรม Bomem Easy Version 1.50 พบว่าจากการเปรียบเทียบระหว่างค่าความเข้มข้นที่เตรียมขึ้นกับความเข้มข้นที่วิเคราะห์ได้พบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญและมีค่าลดลงเมื่อความเข้มข้นสูงขึ้น ส่วนเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่คำนวณได้มีค่าต่ำและมีค่าลดลงเมื่อความเข้มข้นสูงขึ้น อีกทั้งมีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้นตรงในทิศทางเดียวกัน แสดงว่าการวิเคราะห์มีความแม่นยำพอที่จะทำที่จะสามารถวิเคราะห์ปริมาณแก๊สมลสารในอากาศและได้ผลการวิเคราะห์ที่เชื่อถือได้

ความเข้มข้นของแก๊สมลสารทั้ง 4 ชนิดคือคาร์บอนมอนอกไซด์ มีเทน ไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง จากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 8 จุด พบว่ามีความเข้มข้นอยู่ระหว่าง 18 - 355, 28 - 142, 0.5 - 2.9 และ 0.06 - 0.38 ppb ตามลำดับ ความเข้มข้นสูงสุดจะอยู่บริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่อยู่ในชุมชนย่านการค้าและการจราจรหนาแน่น เช่นจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 (บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย 2) จุดเก็บตัวอย่างที่ 5 (บริเวณหน้าธนาคารไทยพาณิชย์ ถนนนิพัทธ์อุทิศ 3) จุดเก็บตัวอย่างที่ 6 (บริเวณสี่แยกสะพานลอย) และจุดเก็บตัวอย่างที่ 7 (บริเวณหน้าหอนาฬิกา) ความเข้มข้นต่ำสุดอยู่ที่จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 ซึ่งเป็นจุดเก็บตัวอย่างที่อยู่นอกเมืองและการจราจรไม่หนาแน่น ส่วนเวลาที่มีความเข้มข้นสูงสุดจะอยู่ในช่วงเวลาเช้าและเย็นคือ 6.00 - 9.00 นาฬิกา และ

15.00 - 18.00 นาฬิกา กล่าวคือเป็นเวลาที่มิใช่เชื้อเพลิงให้ความร้อนในการปรุงอาหารและการเดินทางไปมาโดยใช้ยานยนต์มากที่สุดซึ่งจะเป็นสาเหตุที่แก๊สมลสารจะถูกปล่อยออกมา มากที่สุดในช่วงเวลานี้ ความเข้มข้นที่วิเคราะห์ได้ของคาร์บอนมอนอกไซด์และไนโตรเจนไดออกไซด์เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับความเข้มข้นระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2526 - มิถุนายน 2527 จากการวิเคราะห์ความเข้มข้นคาร์บอนมอนอกไซด์ มีค่าอยู่ระหว่าง 50 - 350 pphm และไนโตรเจนไดออกไซด์มีค่าอยู่ระหว่าง 0.2 - 2.5 pphm (สมบัติ ธนรัช, 2527) สรุปได้ว่ามีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานในเวลา 1 ชั่วโมง ที่กำหนดไว้คือ 3000 pphm และ 17 pphm สำหรับคาร์บอนมอนอกไซด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ ตามลำดับ ซึ่งกำหนดโดยคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2538 (ภาคผนวก ข)

ความเข้มข้นของแก๊สมลสารในช่วงเวลาเช้าและเย็นจากการเก็บตัวอย่างติดต่อกันเป็นเวลา 24 ชั่วโมงมาทำการวิเคราะห์พบว่าเวลา 6.00 - 9.00 นาฬิกา และ 15.00 - 18.00 นาฬิกา นั้นพบว่าความเข้มข้นของแก๊สมลพิษจะมีค่าสูงกว่าช่วงเวลาอื่น ๆ จึงทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเวลา 6.00 - 9.00 นาฬิกา และ 15.00 - 18.00 นาฬิกาพบว่าเมื่อผลสอดคล้องกับผลที่ได้ทำการศึกษาโดย สมบัติ ธนรัช (2527) ดังนั้นสรุปได้ว่าในแต่ละวัน ความเข้มข้นของแก๊สมลพิษจะมีค่าสูงสุดอยู่ในช่วงเวลาระหว่าง เวลา 6.00 - 9.00 นาฬิกา และ 15.00 - 18.00 นาฬิกา

ความเข้มข้นของแก๊สมลสารที่ศึกษาในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ทุกชนิดที่ทำการศึกษา พบว่ามีความเข้มข้นต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับในเมืองใหญ่อื่น ๆ อย่างเช่น กรุงเทพมหานครพบว่าในปี (ตารางภาคผนวก ข3) ซึ่งจะเห็นว่ามีค่าต่ำมาก อันอาจเนื่องมาจากกรุงเทพมหานครมีปริมาณยานยนต์เพิ่มมากขึ้น ซึ่งสังเกตได้จากจำนวนยานพาหนะที่จดทะเบียนทั้งประเทศและกรุงเทพมหานคร (ภาคผนวก ข1 และ ข2) ปริมาณยานพาหนะที่มีจำนวนมากจะเป็นแหล่งกำเนิดแก๊สมลสารที่สำคัญที่ปล่อยออกมาสู่สิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน ส่วนในเมืองใหญ่อื่น ๆ คือภูเก็ต และสุราษฎร์ธานี พบว่าความเข้มข้นมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ความเข้มข้นของแก๊สมลสารในจังหวัดภูเก็ต โดยส่วนใหญ่แล้วจะสูงกว่า (Paisarn-ucharapong and Kanatharana, 1998) และจากการเปรียบเทียบกับเมืองใหญ่ในต่างประเทศ เช่น แคลิฟอร์เนียและนิวยอร์ก ในสหรัฐอเมริกาพบว่า ในปี พ.ศ. 2540 มีค่าพิสัยใน 1 ชั่วโมง ดังนี้คือ คาร์บอนมอนอกไซด์ เท่ากับ 200 - 2100 pphm และ

240 – 1360 pphm ตามลำดับ ไนโตรเจนไดออกไซด์ เท่ากับ 1.3 – 2.4 pphm และ 0.6 – 3.5 pphm ตามลำดับ และความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เท่ากับ 0.12 – 0.5 pphm และ 0.6 – 9.4 pphm (<http://www.epa.gov:6703/airwdcd/owa/aqs.summary>,1999) จากการเปรียบเทียบจะพบว่าปริมาณของคาร์บอนมอนอกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูง.กว่ามาก ส่วนปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์มีปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งน่าจะมีผลมาจากในเมืองแคลิฟอร์เนียและนิวยอร์ก จัดว่าเป็นเมืองใหญ่ที่มีความเจริญมากกว่าเทศบาลนครหาดใหญ่ ทำให้ปริมาณยานยนต์ที่ใช้ซึ่งเป็นแหล่งที่ปล่อยแก๊สเหล่านี้ออกมามีปริมาณมากขึ้นด้วย ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าคุณภาพอากาศในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่เมื่อพิจารณาจากความเข้มข้นของแก๊สมลสารที่วิเคราะห์ได้ยังอยู่ในเกณฑ์ปกติ ยังต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดโดยคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2538 (ตารางภาคผนวก ข7)

บรรณานุกรม

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, สำนักงาน, กองมาตรฐาน คุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2530.
รายงานอากาศเสียจากรถยนต์ใหม่. กรุงเทพฯ.

..... ม.ป.ป. แนวทางการแก้ปัญหาภาวะมลพิษเมืองหลัก (ใหญ่). กรุงเทพฯ

ควบคุมมลพิษ, กรม. 2536. รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย, พ.ศ. 2536.
กรุงเทพฯ : อินทิเกรตเต็ด โปรโมชัน เทคโนโลยี จำกัด

นิรันดร์ จันทวงศ์ และ พงศ์เทพ สุวรรณวารี. 2537. "ผลของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่อกาย
วิภาคของใบ ปริมาณคลอโรฟิลล์ และการสะสมซัลเฟอร์", วารสารสำนักงานคณะกรรมการ
วิจัยแห่งชาติ. 26 (กรกฎาคม-ธันวาคม) 1-13

พูลพร แสงบางปลา. 2537. ไอเสียจากเครื่องยนต์และการควบคุม. กรุงเทพฯ :
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เพริศพิชญ์ คณาธารณา. 2526. ทฤษฎีแก๊สโครมาโตกราฟี. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

วิโรจน์ ศรีผดผ่อง. 2538. "มนุษย์กับสิ่งแวดล้อม", ข่าวสารการไฟฟ้าฝ่ายผลิต.
25 (มกราคม) 35-36.

วงศ์พันธ์ ลิ้มปะเสนีย์, นิตยา มหาผล, ธีระ เกรอด. 2538. มลภาวะอากาศ. กรุงเทพฯ
: พิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมบัติ ธนรัช. 2527. "การศึกษาปริมาณแก๊สมลพิษบางชนิดในเขตเทศบาลเมือง
ใหญ่และใกล้เคียง", วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเคมีศึกษา
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สนธิ คชวัฒน์. 2537. "การจัดการคุณภาพอากาศการคมนาคม", ในการฝึกอบรมหลักสูตรการจัดการคุณภาพอากาศ (รุ่น2) ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมเทคโนโลยี จ. ปทุมธานี 9-13 พฤษภาคม 2537. กรมควบคุมมลพิษ. กรุงเทพฯ

อนามัย, กรม. 2540. ปัญหามลพิษทางอากาศ ผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและแนวทางแก้ไข. กรุงเทพฯ : โรงพยาบาลองค์ส่งเสริมสุขภาพอนามัยผ่านศึก.

อารีย์ แก้วเขียว. ม.ป.ป. คู่มือการเก็บตัวอย่างและการตรวจวิเคราะห์คุณภาพอากาศ.
กรุงเทพฯ : สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.

องอาจ แซ่ฉิ่ง. 2539. "ไอเสียจากรถยนต์", วารสารสิ่งแวดล้อมเทคโนโลยี. 22 (กุมภาพันธ์-มีนาคม), 90-94.

Christie, A.A., Lidzey, R.G. and Radford, D.W.F. 1970. "Field Methods for the Determination of Nitrogen Dioxide in Air", Analyst. 95(1970), 519-524.

Drew, E.A. and Nakamura, M. 1980. UNEP regional Seas Programme : Overview Of Long-based Pollution Sources in South East Asia-Part IV : Thailand. WHO/ PEPAS.

EEA. 1997. Website-[http:// www.eea.dk/Document/Topierep/air/Airhealth / source. htm](http://www.eea.dk/Document/Topierep/air/Airhealth/source.htm).

Fuerst, R.G. and Margeson, J.H. 1974. An Evaluation of the TGS-ANSA Procedure For Determination of Nitrogen Dioxide in ambient Air. EPA Report No. 650/4-79-047.

Griffth, D.W.T. 1996. "Synthesis calibration and quantitative analysis of gas-phase FTIR spectra", Applied Spectroscopy. 39 (1996) 59-70.

Griffin, Roger D. 1994. Principles of Air Quality Management. New York :
CRC Press.

Kanatharana, Prosepichaya and Luckna, Parichat. 1986. "Studies of some gas
pollutants Near industry Areas in Hat-Yai : Pollution Problems in Southern
Thailand", J. ENVIRON. SCI. HEALTH. 21(1986), 1-4.

Kanatharana, Prosepichaya and Pahina, Wiwat. 1991. "Some Gaseous Polutants
in NaKorn Sri Thammarat", Environmental Monitoring and Assesment.
19(1991), 341-347.

Miroslav, Radojevie. 1998. "Burning issues", Chemistry in Britain. 34(1998),
38-42.

Mohammad, Yunus and Mahammad, Egbal. 1966. Plant Response to Air
Pollution. London : John Wiley & sons.

Ogawara, Yoshimasa., Albert, Bruneau and Takako Kimura. 1994. "Determination
of ppb-Level CO, CO₂, CH₄ and H₂O in High-Purity Gas Using Matrix
Isolation
FTIR eith and Integrating Sphere". Anal. Chem. 66 (1994) 4354-4358.

Paisarn-ucharapong, Oranut and Kanatharana, Proespichaya. 1998. "Air Quality
Data", In Health and Environmental Impacts from the 1997 Asean Haze in
Southern Thailand, p. 121-158. Kanchanasak Phonboon, eds. Bangkok :
Desire Co., Ltd.

- Paul, Urone., Jame B. Evans and Claudia M. Noyes. 1965. "Apparatus and Studies of Sulfur Dioxide Colorimetric and Conductometric Methods", Anal. Chem. 37(1970), 1104-1107.
- Pavel, Mikuska and Zbynek, Vecra. 1992. "Determination with a Chemiluminescence Aerosol Detector", Anal. Chem. 64(1992), 2187- 2191.
- Saltzman, B.E. 1954. "Colorimetric Microdetermination of Nitrogen Dioxide in the Atmosphere", Anal. Chem. 26(1954), 1949-1954.
- Scaringelli, F.P., Saltzman, B.E. and Frey, S.A. 1967. "Spectrophotometric Determination of Atmospheric Sulfur Dioxide", Anal. Chem. 39(1967), 1709-1719.
- Scaringelli, F.P., Elfer, L. and Hochheiser, S. 1970. "Enhanced stability of Sulfur Dioxide in Solution", Anal. Chem. 42(1970), 1818- 1820.
- Seashothz, Mary Beth, et al. 1988. "Determination of Carbon Monoxide in Automobile Exhaust by FTIR spectroscopy", J. Chem. Edu. 65(1988), 820-823.
- Thad, Godish. 1991. Air Quality. 2d ed. Michigan : Lewis Publishers.
- Watkins, L.H. 1991. Air Pollution from Road Vehicles. London : HMSO.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก การวิเคราะห์โดยวิธีฟูรีเยร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรมิเตอร์
(Fourier Transform Infrared Spectrometer : FTIR) วิธี TGS – ANSA
และวิธีพาราโรซานิลิน

1. ฟูรีเยร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรมิเตอร์ (Fourier Transform Infrared Spectrometer : FTIR)

หลักการ

เป็นเครื่องมือที่มีจุดประสงค์การใช้งานและมีหลักการเช่นเดียวกับเครื่องมือวิเคราะห์แบบใช้ลำแสงอินฟราเรดโดยทั่วไป แต่จะแตกต่างกันที่แสงจากแหล่งกำเนิดแสงใน FTIR นั้นจะถูกแยกเป็นสองส่วนโดย beam splitter ลำแสงทั้งสองจะถูกส่งไปยังกระจกเงาสองบานที่กระจกเงาอันหนึ่งถูกยึดติดกับที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ และอีกอันหนึ่งสามารถเคลื่อนที่ได้ เพื่อให้สามารถปรับระยะได้ตามต้องการ จากนั้นลำแสงทั้งสองลำนี้จะถูกสะท้อนกลับมารวมกันอีกครั้ง แล้วส่งไปยังผ่านไปยังตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ ก่อนที่จะเข้าสู่ตัวตรวจวัด (detector) ต่อไป

ความแตกต่างของระยะทางระหว่าง beam splitter กับกระจกที่เคลื่อนที่ได้ จะเป็นตัวกำหนดให้ ความยาวคลื่น (wave length) และความเข้ม (intensity) ของแสงอินฟราเรดที่จะมาถึงตัวตรวจวัดต่างกัน curve ที่ได้ระหว่างความเข้มของแสงอินฟราเรดกับ optical path different จะเรียกว่า interferogram และการคำนวณโดยใช้ฟูรีเยร์ทรานสฟอร์ม (Fourier Transform) ก็จะทำให้ผลเป็นสเปกตรัมของอินฟราเรดทั่วไป

2. วิธีวิเคราะห์ไนโตรเจนไดออกไซด์โดยวิธี TGS-ANSA (EPA Designated Equipment Method NO. EQN-1277-028)

หลักการ

เมื่อเก็บตัวอย่างอากาศผ่านสารละลายตัวจับ TGS (TGS Absorbing solution) โดยเป่าให้เป็นฟอง แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์จะละลายอยู่ในรูปของไนโตรทอออน เมื่อวัดปริมาณการดูดกลืนแสง (absorbance) ของสี (Azo Dye) ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่าง

ไนไตรท์ไอออน กับสารละลายซัลฟานิลลาไมด์ และสารละลาย ANSA ในตัวอย่างอากาศ โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานของไนไตรท์ไอออน (Nitrite Standard Solution) ก็จะทราบปริมาณความเข้มข้นของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ ที่มีอยู่ในบรรยากาศได้

2.1 อุปกรณ์และเครื่องมือเก็บตัวอย่าง

2.1.1 ส่วนของท่อเก็บตัวอย่าง (sample) เป็นท่อทำด้วยเทฟลอน (Teflon)

2.1.2 ส่วนของตัวจับ (Absorber)

2.1.3 ส่วนดักจับความชื้น (Moisture Trap)

2.1.4 ส่วนของตัวกรองชนิดที่เป็นแผ่นเมมเบรน (Membrane Filter)

2.1.5 ส่วนของเครื่องปั๊มอากาศ (Air Pump)

2.1.6 อุปกรณ์วัดอัตราการไหล (Flow Meter)

2.2 เครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์

2.2.1 เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร โดยใช้เซลล์ขนาด 1 เซนติเมตร

2.2.2 เครื่องซังไฟฟ้าอย่างละเอียด ทศนิยม ๔ ตำแหน่ง

2.2.3 เครื่องแก้วชนิดต่าง ๆ ดังนี้

- ขวดปรับปริมาตร (Volumetric flask) ขนาดปริมาตร 50, 100, 250 และ 1,000 มิลลิลิตร ตามลำดับ

- บีเปตขนาดปริมาตร 1, 2, 5, 10, 15, 20 และ 50 มิลลิลิตร (เป็นบีเปตชนิดบอกปริมาตร (measuring pipette))

- บีเปตขนาดปริมาตร 1 และ 3 มิลลิลิตร (เป็นบีเปตชนิด graduate)

2.2.3 เครื่องเขย่า หรือ เครื่องกวนสาร (shaker หรือ Mixer) ใช้สำหรับผสมสารให้เป็นเนื้อเดียวกัน

2.3 สารเคมี

สารเคมีทุกตัวที่ใช้อย่างน้อย จะต้องเป็นเกรดงานวิเคราะห์ (Analytical reagents หรือ AR Grade)

2.3.1 น้ำกลั่น เป็นน้ำกลั่นที่ปราศจากไนไตรท์ไอออน อาจใช้น้ำกลั่นที่กลั่น 2 ครั้ง หรือ น้ำกลั่นที่ต้มเดือดใหม่และเย็นแล้ว

2.3.2 ไตรเอทานอลามีน (Triethanolamine, $C_6H_{15}O_3$)

2.3.3 กัวเอียคอลล (Guaiacol หรือ O- methoxy phenol, 2- $CH_3OC_6H_4-1-OH$)

จุดหลอมเหลว 27–28 องศาเซลเซียส

หมายเหตุ : สารตัวนี้ห้ามใช้ชนิดที่เป็นเกรดการค้า (Technical Grade หรือ Commercial Grade)

2.3.4 โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ (Sodium Metabisulfite, $Na_2S_2O_5$)

2.3.5 ซัลฟานิลาไมด์ (Sulfanilamide, $NH_2C_6H_4SO_2NH_2$) จุดหลอมเหลว 165–167 องศาเซลเซียส

2.3.6 เกลือแอมโมเนียมของ 8-Amino-1-naphthalene sulfonic acid Ammonium Salt หรือ ANSA ($C_{10}H_9NHC_6H_4SO_3H$) น้ำหนักโมเลกุล 316.38 ค่าโมลาร์แอบซอร์ปติวิตี (Molar Absorptivity, Σ) 19,000 ถึง 19,300 ลิตร/โมล-เซนติเมตร

$$\text{โดยคำนวณจากสูตร, } \Sigma = \frac{A}{B \times C}$$

เมื่อ A = ค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) วัดที่ความยาวคลื่น 264 นาโนเมตร

B = ความยาวของเซลล์ หน่วยเซนติเมตร

C = ความเข้มข้น หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร

โดยปกติ ANSA จะมีความเข้มข้นอยู่ประมาณ 2-3 %

2.3.7 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ความเข้มข้น 30 % (Hydrogen Peroxide, H_2O_2)

2.3.8 สารละลายแอลกอฮอล์ เมทธานอล (Absolute Methanol, CH_3OH เป็นแบบ low acetone)

2.3.9 กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (Hydrochloric Acid, Concentrate, HCl)

2.3.10 ซัลฟานิลาไมด์ (Sulfanilamide, $C_6H_8N_2O_2S$)

2.3.11 สารมาตรฐานโซเดียมไนไตรท์ ควรมีเนื้อสาร (assay) อย่างน้อย 97%

2.4 การเตรียมสารละลายสำหรับการตรวจวิเคราะห์

2.4.1 สารละลายตัวจับแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ (Absorbing Solution for Nitrogen Dioxide) ละลาย 20 กรัม ไตรเอทานอลามีน 0.5 กรัม ของกัวเอียคอลล และ 0.250 กรัม ของโซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ เข้าด้วยกันด้วยน้ำกลั่น และเจือจางให้มีปริมาตร 1,000 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่นในขวดวัดปริมาตร สารละลายตัวจับจะไม่มีสี (Colorless) ถ้าเก็บไว้ในตู้เย็นจะเก็บไว้ได้นานประมาณ 3 สัปดาห์ สารนี้โดยปกติจะเก็บไว้ในตู้เย็นใส่ในขวดสีชา

2.4.2 สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ละลาย 0.2 มิลลิลิตร ของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 30% เจือจางให้เป็น 250 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น สารละลายนี้เก็บได้นานประมาณ 1 เดือน ในขวดสีชาและแช่ในตู้เย็น

2.4.3 สารละลายซัลฟานิลาไมด์ ละลาย 2.0 กรัม ของซัลฟานิลาไมด์ ในน้ำกลั่น ประมาณ 50 มิลลิลิตร จากนั้น ค่อย ๆ เติมไฮโดรคลอริกเข้มข้น 33 มิลลิลิตร ลงไปและเจือจางให้ปริมาตรสุดท้ายเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น เหย้าให้เป็นเนื้อเดียวกัน สารละลายนี้เก็บได้ประมาณ 4 สัปดาห์ในตู้เย็น

2.4.4 สารละลาย ANSA ละลาย 0.1 กรัม ของ ANSA ใน 50 มิลลิลิตร ของสารละลายอิมิตัวเมทธานอล เจือจางให้เป็น 100 มิลลิลิตรด้วยสารละลาย absolute methanol

หมายเหตุ

1. สารละลายนี้ต้องปิดจุกให้แน่น เพื่อลดการระเหยของสารละลาย absolute methanol

2. ถ้าเก็บไว้ภายใต้สภาวะปกติในห้องปฏิบัติการ เช่น เก็บไว้ในตู้เย็น จะอายุการใช้งานประมาณ 3 สัปดาห์ ในระหว่างนี้สีอาจมีการเปลี่ยนแปลงแต่ไม่มีผลต่อการวิเคราะห์ที่ตามมา

3. ต้องไม่เก็บสารละลาย ANSA ไว้ในที่อุณหภูมิสูง สารละลายนี้จะเสื่อมทันที ถ้าเก็บสารละลายนี้ไว้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส เกิน 8 ชั่วโมง จะต้องทิ้งทันที

2.4.5 สารละลายมาตรฐานโซเดียมไนไตรท์ (Sodium Nitrite Stock Solution) ความเข้มข้น 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ($\mu\text{g/ml}$) ละลายโซเดียมไนไตรท์ จำนวน G กรัม (ให้มีความถูกต้อง ± 1 มิลลิกรัม) เจือจางให้เป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น สารละลายนี้จะมี ความเข้มข้น 500 ($\mu\text{gNO}_2/\text{ml}$)

คำนวณปริมาณกรัมโซเดียมไนไตรท์ จากสูตร

$$G = \frac{1.500 \times 50}{A}$$

เมื่อ

G = น้ำหนักเป็นกรัมของโซเดียมไนไตรท์ที่ต้องการ

A = เปอร์เซ็นต์ของเนื้อสารของโซเดียมไนไตรท์ที่นำมาใช้

(อย่างน้อยควรมากกว่า 97%)

1.500 = ค่าคงที่ Gravimetric Conversion factor

ตัวอย่างการคำนวณค่า G

เมื่อสารมาตรฐานโซเดียมไนไตรท์ที่ใช้มีเนื้อสาร = 98 %

แทนค่า

$$\begin{aligned} G &= \frac{1.500 \times 50}{98} \\ &= 0.7653 \end{aligned}$$

นั่นคือ จะต้องชั่งโซเดียมไนไตรท์ (NaNO_2 , 98%) มา = 0.7653 กรัมแล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร จะได้ค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนไตรท์ 500 พีพีเอ็ม โดยที่สารละลายนี้เก็บได้นาน 6 สัปดาห์ ถ้าเก็บไว้ในตู้เย็น ในการเตรียมสารละลายมาตรฐานโซเดียมไนไตรท์ควรทำการ Standardized เพื่อหาค่าความเข้มข้นที่แน่นอน

2.4.6 สารละลายมาตรฐานโซเดียมไนไตรท์ที่นำมาใช้งาน (Sodium Nitrite Working Standard ความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ($\mu\text{g}/\text{ml}$))

ปิเปตสารละลายมาตรฐานโซเดียมไนไตรท์ 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร จำนวน 5 มิลลิลิตร, ใส่ขวดปริมาตรเจือจางด้วยสารละลายตัวจับ TGS (Absorbing Solution) ปรับปริมาตรให้เป็น 250 มิลลิลิตร

หมายเหตุ : สารละลายนี้ต้องเตรียมใหม่ทุกครั้งที่จะใช้งาน

แผนผังแสดงการวิเคราะห์ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂)

นำตัวอย่างมาปรับปริมาตรให้ได้ 50 ml

(ทำ Blank เหมือนตัวอย่างโดยใช้ Absorbing solution)



ปิเปตต์ตัวอย่าง 10 ml ใส่ขวดปริมาตรขนาด 50 ml



เติม H₂O₂ 1 ml. เขย่าแรง ๆ ประมาณ 15 วินาที



เติม Sulfanilamide Solution 5.4 ml., เขย่าแรง ๆ ประมาณ 30 วินาที



เติม ANSA Solution 6 ml., เขย่าแรง ๆ ประมาณ 30 วินาที

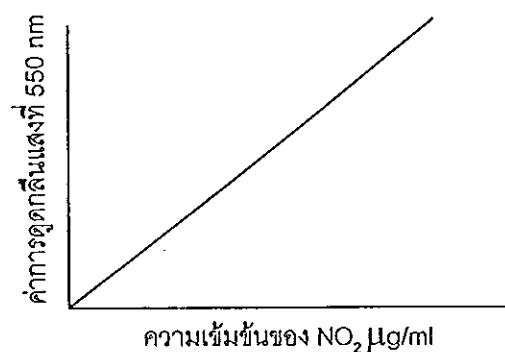
(* ต้องเติม ANSA solution ภายใน 6 นาที หลังจากเติม sulfanilamide solution เนื่องจากถ้าปล่อยทิ้งไว้นาน เมื่อนำไปวัด Absorbance ค่าจะคลาดเคลื่อน



นำไปวัดด้วยเครื่อง Spectrometer ที่ 550 นาโนเมตร



นำค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างไปคำนวณหาค่าความเข้มข้นของ NO₂
โดยใช้กราฟมาตรฐานที่ทำไว้



3. การวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยวิธีพาราโรซานิลีน

หลักการ

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากบรรยากาศจะถูกจับไว้โดยสารละลายของโปตัสเซียม หรือ โซเดียมเตตระคลอโรเมอควเรต (TMC) สารละลายจะทำปฏิกิริยากันจนได้สารประกอบเชิงซ้อนของ 1,2 - ไดคลอโรซัลไฟโตเมอควเรต (1,2 - dichloro sulfitomercurate) ซึ่งเสถียร และไม่ถูกออกซิไดส์โดยออกซิเจนหรือออกซิแดนที่ที่แรง สารประกอบเชิงซ้อนนี้เมื่อเติมพาราโรซานิลีน และฟอร์มัลดีไฮด์ จะเกิดสีของสารประกอบชื่อ พาราโรซานิลีน เมทิล ซัลฟอนิก แอซิด ที่สามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ได้ ที่ความยาวคลื่น 548 นาโนเมตร

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.1.1 เครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศ

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง สำหรับวิเคราะห์แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะใช้อุปกรณ์เครื่องมือเหมือนกับการเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อวิเคราะห์แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ จะต่างกันในส่วนของสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์และสารละลายตัวจับแก๊ส

3.1.2 เครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์

- เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer)
- วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 548 นาโนเมตร โดยใช้เซลล์ขนาด 1

เซนติเมตร

- เครื่องซังไฟฟ้าอย่างละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง

3.1.3 เครื่องแก้ว

- ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 25, 50, 100 และ 1000 มิลลิลิตร

ตามลำดับ

- บีเปต ขนาดความขนาด 1, 5, 10 และ 50 มิลลิลิตร
- ถ้วยซังสารเคมี
- ปีกเกอร์ขนาด 500, 1000 มิลลิลิตร
- ขวดรูปชมพู่ ขนาด 500 มิลลิลิตร
- แท่งแก้วคนสารละลาย

3.2 สารเคมี

สารเคมีทุกตัวใช้อย่างน้อยจะต้องเป็นเกรดงานวิเคราะห์ (Analytical reagents, AR grade)

- 3.2.1 น้ำกลั่น ใช้ น้ำกลั่นที่ต้มให้เดือด และเย็นแล้วและไม่มีสารออกซิเจน
- 3.2.2 ปรรอทคลอไรด์ (Mercury Chloride, HgCl_2)
- 3.2.3 อีดีทีเอ (Ethylene Diamine Tetracetic acid, EDTA)
- 3.2.4 โพแทสเซียมคลอไรด์ (Potassium Chloride, KCl)
- 3.2.5 กรดซัลฟามิค (Sulfamic acid, $\text{H}_3\text{NO}_3\text{S}$)
- 3.2.6 สารละลายฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde, HCHO)
- 3.2.7 ไอโอดีน (I_2)
- 3.2.8 สารละลายน้ำแป้ง (Starch Soluble, $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$)
- 3.2.9 โซเดียม ไธโอซัลเฟต (Sodium Thiosulphate, $(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O})$)
- 3.2.10 โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium Carbonate, Na_2CO_3)
- 3.2.11 โซเดียมไอโอเดต (Sodium Iodate, KIO_3)
- 3.2.12 โพแทสเซียมไอโอไดด์ (Potassium Iodide, KI)
- 3.2.13 กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid, HCl)
- 3.2.14 โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (Sodium Metabisulfite, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$)
- 3.2.15 โซเดียมซัลไฟท์ (Sodium Sulfite, Na_2SO_3)
- 3.2.16 สารละลายพาราโรซานิลีน คลอไรด์ (Pararosaniline Chloride 0.2% ใน 1 M Hydrochloric acid, $\text{C}_{19}\text{H}_{18}\text{ClN}_3$)
- 3.2.17 กรดฟอสฟอริก (Phosphoric acid, H_3PO_4)

3.3 การเตรียมสารละลายสำหรับการตรวจวิเคราะห์

3.3.1 สารละลายตัวจับแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์

สารละลายที่ใช้คือ 0.04 โมลาร์ ของสารละลายโพแทสเซียมเตตราคลอโรเมอร์คิวเรต (Potassium Tetra Chloromercurate) เรียกว่า TCM เตรียมโดยการ ละลาย 10.86 กรัมของปรรอทคลอไรด์ (HgCl_2) 0.66 กรัมของอีดีทีเอ (EDTA) และ 0.6 กรัมของ

โปตัสเซียมคลอไรด์ (KCl) ในน้ำกลั่นเจือจางจนได้ปริมาตร 1,000 ลิตร สารละลาย 0.04 โมลาร์ของ TCM นี้มี pH ประมาณ 4.0 เก็บได้นานประมาณ 6 เดือน สารนี้มีพิษมาก ถ้าถูกผิวหนังให้รีบล้างทันที

3.3.2 สารละลายกรดซัลฟามิก ความเข้มข้น 0.6%

ละลาย 0.6 กรัมของกรดซัลฟามิกในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร และสารละลายนี้ต้องเตรียมใหม่ทุกครั้งที่ทำกรวิเคราะห์

3.3.3 สารละลายฟอร์มาลดีไฮด์ ความเข้มข้น 0.2%

นำ 5 มิลลิลิตรของสารละลายฟอร์มาลดีไฮด์ที่เข้มข้น 36-38% มาเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร และสารตัวนี้ต้องเตรียมใหม่ทุกครั้งที่ใช้

3.3.4 สารละลายสต็อกของไอโอดีนความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล

ชั่งไอโอดีน 12.7 กรัม ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร เติม 40 กรัมของโปตัสเซียมไอโอไดด์ (KI) และน้ำกลั่นประมาณ 25 มิลลิลิตร คนจนสารทุกตัว ละลายหมดแล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

3.3.5 สารละลายลินดิเคเตอร์ของแป้ง (ชนิด soluble starch)

ละลาย 0.4 กรัมของแป้ง และ 0.002 กรัมของปอโรทไอโอไดด์ (HgI_2) ในน้ำกลั่นจำนวนเล็กน้อยค่อย ๆ เติมน้ำกลั่นที่เพิ่งเดือดลงไปจนได้ปริมาตรประมาณ 200 มิลลิลิตร นำไปต้มต่อจนสารที่ได้ใส ทั้งไว้ให้เย็นก่อนเก็บใส่ขวดแก้ว ปิดจุกอย่างดี

3.3.6 สารละลายไอโอดีน ความเข้มข้น 0.01 นอร์มัล

นำ 50 มิลลิลิตร ของสารละลายสต็อกไอโอดีน ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล มาเจือจางด้วยน้ำกลั่นได้ปริมาตร 0.01 มิลลิลิตร

3.3.7 สารละลายสต็อกของโซเดียมไธโอซัลเฟต ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล

ละลาย 25.0 กรัมของโซเดียมไธโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$) ในน้ำกลั่นที่เพิ่งต้มใหม่ ๆ และทิ้งไว้ให้เย็นแล้ว 1,000 มิลลิลิตร เติม 0.1 กรัมของโซเดียมคาร์บอเนต ($NaCO_3$) ลงไป ตั้งทิ้งไว้ 1 วันก่อนทำการตรวจเช็คค่าความเข้มข้นที่แท้จริง

3.3.8 วิธีการตรวจสอบความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายสต็อกโซเดียมไฮโอ-ซัลเฟต

ก) ชั่งโปตัสเซียมไฮโอเดต (KIO_3) อบแห้งที่ 180 องศาเซลเซียส นาน 1-2 ชั่วโมง จำนวน 1.5 กรัม (ซึ่งอย่างละเอียดถึงเทคนิคตำแหน่งที่ 4) แล้วนำไปละลายในน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 500 มิลลิลิตร)

ข) ปิเปตต์สารละลายโปตัสเซียมไฮโอเดตในข้อ ก) จำนวน 50 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดเออร์เลนเมเยอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร เติม 2.0 กรัมของโปตัสเซียมไฮโอไดด์ (KI) และกรดเกลือความเข้มข้น 1 นอร์มัลจำนวน 10 มิลลิลิตร ตามลำดับ

ค) ปิดจุกแล้วตั้งทิ้งไว้ 5 นาที

ง) นำสารละลายผสมดังกล่าวไทเทรตกับสารละลายสต็อกโซเดียมไฮโอซัลเฟตจนได้สีเหลืองจางเติมน้ำแบ่งลงไป 5.0 มิลลิลิตร จะได้สารละลายสีน้ำเงิน ทำการไทเทรตต่อจนสีน้ำเงินหายไป

จ) คำนวณหาความเข้มข้นที่แท้จริงของสารละลายสต็อกโซเดียมไฮโอซัลเฟตโดยใช้สูตร

$$N = \frac{W \times 2.80}{V}$$

เมื่อ N คือ ความเข้มข้นเป็นนอร์มัลของสารละลายสต็อกโซเดียมไฮโอ-ซัลเฟตที่ต้องการทราบ

V คือ ปริมาตรเป็นมิลลิลิตรของสารละลายสต็อกโซเดียมไฮโอซัลเฟตทั้งหมดที่ใช้ในการไทเทรต

W คือ น้ำหนักเป็นกรัมของโปตัสเซียมไฮโอเดตที่ใช้เตรียมสารละลาย

2.80 เป็นตัวเลขที่ได้จาก $\frac{10^3 \times 0.1}{35.67}$

35.67

เมื่อ 10^3 เป็นตัวเลขที่ใช้เปลี่ยนหน่วยจากกรัมเป็นมิลลิกรัม

0.01 เป็นตัวเลขแสดงปริมาณโปตัสเซียมไฮโอเดต จากสารละลายทั้ง

หมด

โดยจากการทดลองปิเปตโปตัสเซียมไฮโอเดตมา 50 มิลลิลิตร จากสารละลาย โปตัสเซียมไฮโอเดต 50 มิลลิลิตร

$$= \frac{50 \text{ มิลลิลิตร}}{500 \text{ มิลลิลิตร}}$$

$$= 0.1$$

และ 35.67 เป็นน้ำหนักสมมูลของโปตัสเซียมไฮโอเดต

3.3.9 สารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต ความเข้มข้น 0.01 นอร์มัล

นำสารละลายสต็อกโซเดียมไฮโอซัลเฟต (ในข้อ 7.7) จำนวน 100 มิลลิลิตร มาเจือจางด้วยน้ำกลั่น (เพิ่งต้มใหม่และทิ้งให้เย็นแล้ว) จนได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

3.3.10 สารละลายซัลไฟท์

ละลาย 0.30 กรัมของโซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) หรือโซเดียมซัลไฟท์ (Na_2SO_3) ในน้ำกลั่น (ที่ต้มใหม่และเย็นแล้ว) จำนวน 500 มิลลิลิตร สารละลายนี้จะมีปริมาณ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในช่วง 320-400 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

3.3.11 สารละลายซัลไฟท์-ทีซีเอ็ม (Sulfite-TCM)

ปิเปตสารละลายซัลไฟท์ (ในข้อ 7.9) จำนวน 2 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เจือจางด้วยสารละลาย TCM ความเข้มข้น 0.04 โมลาร์ (ในข้อ 7.1) จนได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ตรวจเช็คปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในสารละลายซัลไฟท์ ทีซีเอ็ม ด้วย วิธีการไทเทรทย้อนกลับ

การคำนวณหาปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในสารละลายซัลไฟท์-ทีซีเอ็ม โดยวิธีการไทเทรตย้อนกลับ (Back titration)

ก) ปิเปตสารละลายไฮไดรเจน ความเข้มข้น 0.01 นอร์มัล (ในข้อ 7.6) ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 500 มิลลิลิตร 2 ใบ ใบละ 50 มิลลิลิตร

ข) ขวดใบที่หนึ่ง (A) เติมน้ำกลั่นลงไป 25 มิลลิลิตร ขวดใบที่สอง (B) เติมสารละลายซัลไฟท์ (ในข้อ 7.9) ลงไป 25 มิลลิลิตร

ค) ปิดจุกขวดทั้งสอง แล้วตั้งทิ้งไว้ 5 นาที

ง) ไทเทรตสารละลายในขวดทั้งสอง (A และ B) ด้วยสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต ความเข้มข้น 0.01 นอร์มัล (ในข้อ 7.8) จนได้สีเหลืองจาง เติมน้ำแบ่งจำนวน 5.0 มิลลิลิตร ลงในขวดทั้งสองจะได้สารละลายสีน้ำเงินทำการไทเทรตต่อจนได้สารละลายที่ไม่มีสี

จ) คำนวณหาปริมาณ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในสารละลายซัลไฟท์-ทีซีเอ็ม โดยใช้สูตร

$$\text{ไมโครกรัม SO}_2 / \text{มล. ในสารละลายซัลไฟท์-ทีซีเอ็ม} = \frac{(A-B)(N)(32,000) \times 0.02}{25}$$

เมื่อ

A = ปริมาตรเป็นมิลลิลิตรของ 0.01 นอร์มัลโซเดียมไฮโอซัลเฟต ที่ใช้ในการไทเทรตขวด A

B = ปริมาตรเป็น มิลลิลิตรของ 0.01 นอร์มัลโซเดียมไฮโอซัลเฟตที่ใช้ในการไทเทรตขวด B

N = ความเข้มข้นของโซเดียมไฮโอซัลเฟตที่ใช้ ซึ่งมีค่า = 0.01 นอร์มัล

32,000 = ค่ามิลลิกรัมสมมูลย์ (milliequivalent) ของซัลเฟอร์ไดออกไซด์

0.02 = อัตราส่วนของสารละลายซัลไฟท์ ในสารละลายซัลเฟอร์-ทีซีเอ็ม

25 = ปริมาตรเป็นมิลลิลิตร ของสารละลายซัลไฟท์ที่ใส่ในขวด B สารละลาย

Sulfite-TCM นี้เก็บไว้ได้นาน 30 วัน ที่ 5 องศาเซลเซียส แต่ถ้าไม่ใส่ตู้เย็นที่ 5 องศาเซลเซียสต้องเตรียมใหม่ทุกครั้งที่ใช้

หมายเหตุ : ขั้นตอนการเตรียมสารละลายซัลไฟท์-ทีซีเอ็ม และคำนวณหาปริมาณซัลเฟอร์-ไดออกไซด์ในสารละลายซัลไฟท์-ทีซีเอ็ม ต้องทำพร้อม ๆ กัน เพื่อจะได้ค่าของปริมาณซัลเฟอร์-ไดออกไซด์ ที่เป็นตัวแทนที่อยู่ในสารละลายซัลไฟท์-ทีซีเอ็ม ที่ใกล้เคียงที่สุด

3.3.12 สารละลายพาราโรซานิลีน

นำ 0.2 % ของสารละลายสำเร็จรูปของพาราโรซานิลีนใน 0.1 โมลาร์ของกรดเกลือ (HCl) จำนวน 20 ม.ล. ใส่ในขวดปริมาตรขนาด 250 มิลลิลิตร เติมกรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) ความเข้มข้น 3 โมลาร์ จำนวน 25 มิลลิลิตรลงไปแล้วจึงเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 250 มิลลิลิตร สารละลายพาราโรซานิลีน ที่เตรียมได้นี้จะมีอายุการใช้งานนาน 9 เดือน

3.4 การปรับเทียบ(Calibration)

ก่อนการเก็บตัวอย่างและก่อนการวิเคราะห์ ควรจะต้องมีการปรับเทียบเครื่องมือที่นำมาใช้งานไม่ว่าจะเป็นเครื่องเก็บตัวอย่าง เครื่องวัดอัตราการไหล หลอดตัวจับและเครื่องเทียบสีซึ่งหลักในการปรับเทียบจะใช้เหมือนกับ การเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์แก๊สไนโตรเจน-ไดออกไซด์ ซึ่งกล่าวไว้แล้ว

3.5 การเตรียมกราฟมาตรฐาน (Standard Calibration Curve)

เตรียมสารละลายซัลไฟท์-ทีซีเอ็มใส่ลงในขวดวัดปริมาตร ขนาด 25 มิลลิลิตร ดังนี้

- ขวดใบที่ 1 เติม 0.0 มิลลิลิตร สารละลายซัลไฟท์-ทีซีเอ็ม
- ขวดใบที่ 2 เติม 0.5 มิลลิลิตร สารละลายซัลไฟท์-ทีซีเอ็ม
- ขวดใบที่ 3 เติม 1.0 มิลลิลิตร สารละลายซัลไฟท์-ทีซีเอ็ม
- ขวดใบที่ 4 เติม 1.5 มิลลิลิตร สารละลายซัลไฟท์-ทีซีเอ็ม
- ขวดใบที่ 5 เติม 2.0 มิลลิลิตร สารละลายซัลไฟท์-ทีซีเอ็ม
- ขวดใบที่ 6 เติม 2.5 มิลลิลิตร สารละลายซัลไฟท์-ทีซีเอ็ม

จากนั้นให้เติมสารละลาย 0.04 โมลาร์ TCM ลงไปในขวดแต่ละใบตั้งแต่ใบที่ 1 ถึงใบที่ 6 โดยให้ปริมาตรรวมของแต่ละใบเท่ากับ 10 มิลลิลิตร ซึ่งจะได้การเตรียมสารละลายซัลไฟท์ - ทีซีเอ็ม ตามตาราง ดังนี้

ปีเปตสารละลายซัลไฟท์-ทีซีเอ็ม ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตรและ
ปรับปริมาตรให้เท่ากับ 10 มิลลิลิตร ด้วย 0.04 โมลาร์ TCM

ลำดับที่	ปริมาตรสารละลายซัลไฟท์-ทีซีเอ็ม (มิลลิลิตร)	ปริมาตรสารละลาย 0.04 ทีซีเอ็ม (เพื่อปรับปริมาตรสุทธิ = 10 มิลลิลิตร)
ขวดใบที่ 1	0 ml	10 ml
ขวดใบที่ 2	0.5 ml	9.5 ml
ขวดใบที่ 3	1.0 ml	9.0 ml
ขวดใบที่ 4	2.0 ml	8.0 ml
ขวดใบที่ 5	3.0 ml	7.0 ml
ขวดใบที่ 6	4.0 ml	6.0 ml

จากนั้นนำขวดใบที่ 1 ถึง 6 มาเติมสารดังนี้

- 1 มิลลิลิตร ของ 0.6% สารละลายกรดซัลฟามิก
- ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที เพื่อให้ไนไตรท์สลายตัว
- 2 มิลลิลิตรของ 0.2% ของสารละลายฟอร์มาลดีไฮด์
- 5 มิลลิลิตร ของสารละลายพาราโรซานีน
- ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที จึงเติมน้ำกลั่น(ที่ต้มใหม่และเย็นแล้ว) ปรับปริมาตรให้ได้ 25 ml แล้วตั้งทิ้งไว้ 30 - 60 นาที
- นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นที่ 548 นาโนเมตร ใช้เซลล์ขนาด 1 เซนติเมตร ใช้น้ำกลั่นปรับ 0 ของเครื่องและการควบคุมอุณหภูมิระหว่างการตรวจวิเคราะห์ให้มีค่าเปลี่ยนแปลงได้ไม่เกิน ± 2 องศาเซลเซียส

การพล็อตกราฟมาตรฐาน

ให้แกน X = ความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในหน่วยไมโครกรัม
และแกน Y = ค่าการดูดกลืนแสง

การพล็อตกราฟมาตรฐาน

ให้แกน X = ความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในหน่วยไมโครกรัม

และแกน Y = ค่าการดูดกลืนแสง

ความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ หาได้จากสูตร

$$\text{ไมโครกรัม SO}_2 = (\text{ไมโครกรัม SO}_2/\text{มิลลิลิตร ในสารละลายซัลไฟท์-ทีซีเอ็ม}) \times (\text{มิลลิลิตรของสารละลาย ซัลไฟท์-ทีซีเอ็มที่เติมลงไป})$$

ตัวอย่างการคำนวณที่ใช้ในการเตรียมกราฟมาตรฐานซัลเฟอร์ไดออกไซด์

วิธีการคำนวณหาปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในสารละลายซัลไฟท์-ทีซีเอ็ม โดยวิธี

การไทเทรตย้อนกลับ (Back Titration)

$$\text{ไมโครกรัม SO}_2/\text{ml} = \frac{(A-B)(N)(32,000) 0.02}{25}$$

โดยที่ A = ปริมาตรเป็น ml ของ 0.01 นอร์มัล โซเดียมไดโครเมตที่ใช้ในการไทเทรตขวด A

B = ปริมาตรเป็น ml ของ 0.01 นอร์มัล โซเดียมไดโครเมตที่ใช้ในการไทเทรตขวด B

แผนผังแสดงการวิเคราะห์ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂)

1. ถ้าตัวอย่างมีตะกอนต้องเซนต์ิฟิวท์ก่อน
2. ถ่ายตัวอย่างใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 50 ml ล้างหลอดตัวจับด้วยน้ำกลั่นต้มประมาณ 1-5 ml จนได้ปริมาตรครบ 50 ml
3. ตั้งทิ้งไว้ 20 นาที เพื่อให้ไอโซนละลายตัวไป

ตัวอย่างที่ตั้งทิ้งไว้ 20 นาทีแล้ว



(ทำ blank เหมือนตัวอย่างโดยใช้ Absorbing Solution)



เติมสารละลายตัวจับ TCM ความเข้มข้น 0.04 M ลงไปให้ได้ปริมาตร 10 ml เขย่าให้เข้ากัน



เติมสารละลายกรดซัลฟามิก ความเข้มข้น 0.6 % ลงไป 1 ml ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที



เติมสารละลายพาราโรซานีน 5 ml เขย่าแล้วตั้งทิ้งไว้ 30 นาที



ทำปริมาตรให้เป็น 25 ml ด้วยน้ำกลั่น ตั้งทิ้งไว้ 30-60 นาที

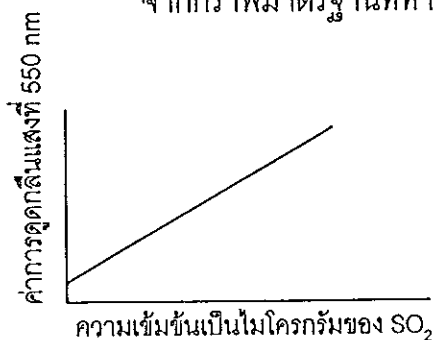


นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร



นำค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่างไปคำนวณหาค่าความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์

จากกราฟมาตรฐานที่ทำไว้



ภาคผนวก ข ปริมาณยานพาหนะและคุณภาพอากาศในจังหวัดต่าง ๆ
 ตารางภาคผนวก ข1 จำนวนยานพาหนะที่จดทะเบียนทั่วประเทศและกรุงเทพมหานคร

ปี	ทั่วประเทศ		กรุงเทพมหานคร	
	จำนวนยานพาหนะ	อัตราเพิ่ม (%)	จำนวนยานพาหนะ	อัตราเพิ่ม (%)
2529	4,044,394	18.82	1,385,801	11.29
2530	4,956,117	22.54	1,537,973	10.98
2531	5,799,816	17.02	1,635,169	6.32
2532	6,502,020	12.16	1,721,586	5.28
2533	7,592,085	16.71	2,045,514	18.83
2534	8,481,025	11.71	2,112,518	3.26
2535	9,595,191	13.14	2,373,288	12.34
2536	11,101,758	15.70	2,656,107	11.92
2537	12,579,903	13.31	2,963,043	11.56
2538	14,097,719	12.06	3,241,081	9.38
2539	16,093,896	14.16	3,549,082	9.50

ที่มา : กรมอนามัย (2540)

ตารางภาคผนวก ข2 จำนวนยานพาหนะที่จดทะเบียนในกรุงเทพมหานครแยกตามประเภท

ประเภท	2533	2535	2536	2537	2538	2539
รถส่วนบุคคล	1,168,059	1,206,122	1,364,026	1,538,829	1,664,749	1,805,616
แท็กซี่ตุ๊กตุ๊ก	31,343	36,294	55,053	64,869	68,044	72,910
จักรยานยนต์	728,679	1,006,302	1,105,084	1,233,503	1,373,072	1,527,734
รถประจำทาง	20,923	23,394	24,074	24,139	24,364	19,841
รถบรรทุก	67,987	84,328	90,349	83,250	91,427	24,647
อื่น	28,823	16,848	17,521	18,543	19,453	98,234
รวม	2,045,814	2,373,288	2,656,107	2,963,043	3,241,081	3,549,082

ที่มา : กรมอนามัย (2540)

ตารางภาคผนวก ข3 คุณภาพอากาศในบรรยากาศของกรุงเทพมหานคร ปี 2540

สารมลพิษ	ความเข้มข้น (มก./ลบ.ม.)			
	พิสัย	Avg.	Std.	จำนวนครั้งที่เกิน Std.
SPN (24 h)	0.02-0.51	0.12	0.33	11/670
CO (1 h)	0-41.36	1.10	34.2	2/73620
CO (8 h)	0-41.87	1.12	10.26	40/77345
Pb(1 mo)*	0.02-0.25	0.08	1.5	0/105

* : มคก.ลบ.ม.

ที่มา : กรมอนามัย (2540)

ตารางภาคผนวก ข4 ปริมาณมลสารชนิดต่าง ๆ ที่ปล่อยออกมาจากโรงงานอุตสาหกรรม
พ.ศ. 2537

จังหวัด	โรงงาน	SO ₂	CO	NOx	HCs	SPM
เชียงใหม่	28	543	717	176	92	771
ชลบุรี	35	21,477	2,914	4,547	157	1,715
กาญจนบุรี	43	19,679	14,555	3,656	2,239	6,699
หัวหิน	15	98	26	633	1	469
ลำปาง	7	10	1,095	119	59	371
นครราชสีมา	15	106	88	24	5	32
ภูเก็ต	3	14	<1	2	<1	<1
ราชบุรี	60	20,431	12,414	3,477	1,538	7,210
ระนอง	126	44,880	4,685	26,560	856	4,609
ลพบุรี	109	37,360	60	2,850	15	11,035
สงขลา	15	1,577	3	370	<1	318

ที่มา : <http://www.pcd.go.th/information/AirPollution94.htm>

ตารางภาคผนวก ข5 ปริมาณมลสารชนิดต่าง ๆ ที่ปล่อยออกมาในจังหวัดต่าง ๆ พ.ศ. 2537

จังหวัด	ปริมาณมลสารที่ปล่อยออกมา(ตัน)				
	SPM	SOx	NOx	HC	CO
เชียงใหม่	74	915	562	60	810
ชลบุรี	5,934	110,806	13,946	275	2,357
กาญจนบุรี	58	718	428	37	334
หัวหิน	144	1,670	1,174	94	604
ลำปาง	30	204	369	39	424
นครราชสีมา	92	813	965	90	728
ภูเก็ต	37	423	306	30	316
ราชบุรี	104	1,697	435	30	308
ระนอง	117	1,654	5,371	55	436
ลพบุรี	973	17,841	2,552	71	482
สงขลา	96	1,208	717	66	673
พื้นที่ทั้งหมด	7,659	137,949	26,824	847	7,470
ประเทศไทย	23,062	406,918	73,864	3,544	34,914

ที่มา : <http://www.pcd.go.th/information/AirPollution94.htm>

ตารางภาคผนวก ข6 ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศของประเทศไทยเปรียบเทียบกับต่างประเทศ

ประเทศ	SOx			NOx			CO		O ₃		TBP		PM-10		Pb		
	1 hr	24 hrs	1 Y.	1 hr	24 hrs	1 Y.	1 hr	8 hrs	1 hr	8 hrs	24 hrs	1 Y.	24 hrs	1 Y.	1h	24 hrs	1 Y.
USA	-	037	-	-	-	0.10	40.0	10.0	0.24	-	-	-	0.15	0.05	-	-	-
Japan	0.26	0.11	-	-	0.08	-	-	22.8	0.12	-	-	-	-	-	0.10	-	-
Netherlands	0.76	0.23	-	0.18	-	-	40.0	6.0	0.12	-	-	-	-	-	2.00	-	-
Australia	0.44	0.16	-	0.30	0.12	-	34.3	11.4	0.24	0.10	-	-	-	-	-	-	-
Mexico	-	-	-	0.40	-	-	-	15.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Taiwan	0.76	0.26	-	-	0.10	-	22.9-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Canada	0.82	0.27	-	0.40	0.20	-	15.0	6.0	0.10	-	-	-	-	-	-	-	-
Germany	-	0.27	-	0.20	-	0.80	30.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.00
WHO	0.35	0.13	0.05	0.40	0.15	-	30.0	10.0	0.15	0.10	-	-	-	-	-	-	0.50
Thailand	0.78	0.30	0.04	0.32	-	-	34.2	10.3	0.20	-	0.33	0.10	0.12	0.05	-	1.50	-

หน่วยความเข้มข้น : มก./ลบ.ม.

ที่มา : [Http://www.go.th.information/AirStandards.htm](http://www.go.th.information/AirStandards.htm)

ตารางภาคผนวก ข7 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไป (2538)

สารมลพิษ	ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง		ค่าเฉลี่ย 8 ชั่วโมง		ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง		ค่าเฉลี่ย 1 เดือน		ค่าเฉลี่ย 1 ปี		วิธีการวัด
	มก./ลบ.ม.	ส่วนในล้านส่วน	มก./ลบ.ม.	ส่วนในล้านส่วน	มก./ลบ.ม.	ส่วนในล้านส่วน	มก./ลบ.ม.	ส่วนในล้านส่วน	มก./ลบ.ม.	ส่วนในล้านส่วน	
คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	34.2	30	10.26	9	-	-	-	-	-	-	Non-Dispersive Infrared Detection
ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO ₂)	0.32	0.17	-	-	-	-	-	-	-	-	Chemiluminescence
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO ₂)	0.76	0.3	-	-	0.3	0.12	-	-	0.1	0.04	UV - Fluorescence
ฝุ่นรวม (TSP)	-	-	-	-	0.33	-	-	-	0.1	-	Gravimetric – High Volume
ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM-10)	-	-	-	-	0.12	-	-	-	0.05	-	Gravimetric – High Volume
โอโซน (O ₃)	0.2	0.1	-	-	-	-	-	-	-	--	Chemiluminescence
สารตะกั่ว (Pb)	-	-	-	-	-	-	1.5	-	-	--	Atomic Absorption Spectrometer

ที่มา : ประกาศสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2538)

ตารางภาคผนวก ข8 ปริมาณเชื้อเพลิงปิโตรเลียมประเภทต่าง ๆ ที่ใช้ในจังหวัดต่าง ๆ พ.ศ. 2537

จังหวัด	พื้นที่ (กม ²)	ประชากร	ความหนาแน่น ประชากร(คน/ม ²)	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ (x1000 ลิตร)				
				LPG	Kerosene	Gasoline	HSD	Fuel Oil
เชียงใหม่	20,107	1,534,074	76	11,610	507	1,485	7,806	13,621
ชลบุรี	4,363	948,165	217	14,781	2,296	2,004	19,713	1,937,861
กาญจนบุรี	19,483	724,183	37	2,739	486	524	6,164	10,740
หัวหิน	10,886	1,336,519	123	5,139	162	784	17,777	23,952
ลำปาง	12,534	797,846	64	6,760	264	734	6,036	1,721
นครราชสีมา	20,494	2,431,500	119	7,809	2,516	1,119	15,534	9,448
ภูเก็ต	543	194,178	358	2,306	164	534	4,555	6,074
ราชบุรี	5,196	783,286	151	5,496	394	494	4,261	28,460
ระนอง	3,552	463,738	131	4,147	4,259	643	9,210	26,011
ลพบุรี	3,576	558,073	156	5,599	146	396	8,730	310,427
สงขลา	7,349	1,125,905	152	10,628	2,264	1,130	10,076	18,012
พื้นที่ทั้งหมด	108,129	10,897,467	101	77,013	13,454	9,846	109,863	2,386,328
ประเทศไทย	513,115	59,095,319	115	407,658	61,675	52,482	470,096	6,992,001

ที่มา : <http://www.pcd.go.th/information/AirPollution94.htm>

ภาคผนวก ค ปริมาณของแก๊สมลสารที่วิเคราะห์ได้จากจุดเก็บตัวอย่างในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่

ตารางภาคผนวก ค1 แสดงปริมาณความเข้มข้น (pphm) ของแก๊สมลสาร ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง
บริเวณหลังร้านขายยา คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เวลา	เมษายน 2540					กันยายน 2540					มกราคม 2541				
	CO	CH ₄	NO ₂	NO ₂ *	SO ₂	CO	CH ₄	NO ₂	NO ₂	SO ₂	CO	CH ₄	NO ₂	NO ₂ *	SO ₂
0.00-1.00	20	41	0.7	0.5	nd.	27	34	0.8	0.6	0.06	18	46	0.8	0.9	0.08
1.00-2.00	25	29	0.6	0.6	0.08	23	37	0.7	0.8	0.09	25	52	0.9	0.8	0.06
2.00-3.00	22	28	0.9	1.1	0.06	25	32	1.5	1.3	0.07	24	48	1.3	1.1	0.09
3.00-4.00	33	45	0.8	0.8	0.08	34	38	0.9	1.1	0.06	27	47	1.1	1.3	0.11
4.00-5.00	37	46	1.1	1.3	0.1	22	52	1.3	1.4	0.11	29	61	1.6	1.5	0.13
5.00-6.00	46	68	1.2	1.1	0.13	36	62	1.4	1.3	0.12	32	57	1.2	1.4	0.16
6.00-7.00	67	72	1.4	1.2	0.14	52	87	1.8	1.6	0.15	58	79	1.8	1.7	0.14
7.00-8.00	81	84	1.6	1.8	0.18	74	97	1.7	1.5	0.19	65	91	1.6	2.3	0.17
8.00-9.00	72	76	1.6	1.5	0.17	67	85	1.5	1.5	0.17	64	98	1.7	1.9	0.16
9.00-10.00	63	73	1.1	1.2	0.14	52	79	1.4	1.3	0.16	57	88	1.5	1.7	0.14
10.00-11.00	46	69	1.5	1.3	0.16	34	74	1.3	1.1	0.14	46	84	1.2	1.0	0.16
11.00-12.00	45	72	1.4	1.2	0.12	42	67	1.4	1.0	0.13	37	73	1.1	1.3	0.14
12.00-13.00	36	46	0.8	1.1	0.1	46	41	1.3	0.9	0.09	42	65	1.1	1.2	0.1
13.00-14.00	46	54	1.3	1.1	0.8	35	62	1.1	1.2	0.07	48	51	1.3	1.4	0.12
14.00-15.00	48	67	1.6	1.8	0.11	39	67	1.5	1.6	0.12	57	62	1.1	1.9	0.13
15.00-16.00	57	88	1.5	1.7	0.16	56	78	1.3	1.7	0.17	66	73	1.4	2.1	0.16
16.00-17.00	76	67	1.3	1.6	0.18	71	62	1.4	1.8	0.21	67	84	1.5	2.1	0.13
17.00-18.00	51	72	1.9	2.1	0.15	48	55	1.6	2.0	0.18	62	76	1.7	1.8	0.14
18.00-19.00	54	67	1.3	1.5	0.14	43	61	1.5	1.7	0.13	47	55	1.2	1.4	0.11
19.00-20.00	43	44	0.9	1.1	0.1	21	53	1.1	1.3	0.12	46	49	1.1	1.0	0.09
20.00-21.00	31	41	0.7	1.1	0.12	42	46	1.2	1.2	0.09	46	52	0.9	1.1	0.07
21.00-22.00	34	38	0.8	0.9	0.11	22	41	1.1	1.0	0.12	28	43	1.3	1.1	0.10
22.00-23.00	26	42	0.6	0.7	0.09	31	37	0.8	0.9	0.08	33	41	0.7	0.8	0.08
23.00-24.00	23	46	0.8	0.6	0.09	21	41	0.9	0.8	0.07	24	43	0.9	0.7	0.06
ค่าเฉลี่ย	45.1	57.3	1.14	1.2	0.15	40.1	57.8	1.27	1.28	0.12	43.7	63.3	1.25	1.4	0.12

CO, CH₄, NO₂ วัดโดย FTIR

NO₂* วัดโดยวิธีคัลเลอริเมตริก (TGS-ANSA)

SO₂ วัดโดยวิธีคัลเลอริเมตริก (พาราโรซานีน)

ตารางภาคผนวก ก2 แสดงปริมาณความเข้มข้น (pphm) ของแก๊สมลสาร ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง
บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย 2 ถนนศรีภูวนาท

เวลา	เมษายน 2540					กันยายน 2540					มกราคม 2541				
	CO	CH ₄	NO ₂	NO ₂ *	SO ₂	CO	CH ₄	NO ₂	NO ₂	SO ₂	CO	CH ₄	NO ₂	NO ₂ *	SO ₂
0.00-1.00	82	103	1.2	1.0	0.21	112	98	1.3	1.4	0.18	108	105	1.3	0.8	0.16
1.00-2.00	95	106	1.6	1.3	0.22	84	102	1.8	1.6	0.16	109	112	1.2	1.4	0.19
2.00-3.00	114	95	1.4	1.2	0.16	108	96	1.6	1.4	0.18	128	106	1.4	1.3	0.13
3.00-4.00	104	97	1.1	0.9	0.14	88	102	1.3	1.6	0.16	112	108	1.1	1.5	0.12
4.00-5.00	115	101	1.3	1.4	0.18	127	106	1.4	1.2	0.17	105	102	1.6	1.5	0.16
5.00-6.00	123	113	1.6	1.4	0.2	116	118	1.7	1.5	0.27	134	116	1.8	1.6	0.23
6.00-7.00	152	116	1.8	1.6	0.31	166	116	2.1	1.8	0.32	144	124	2.3	2.0	0.36
7.00-8.00	168	123	2.3	2.0	0.34	173	127	2.6	2.4	0.34	167	131	2.8	2.6	0.34
8.00-9.00	172	118	2.0	1.9	0.3	181	128	2.3	2.1	0.32	184	126	2.5	2.4	0.29
9.00-10.00	142	113	2.1	1.8	0.28	164	116	1.8	1.5	0.26	153	118	2.3	2.6	0.27
10.00-11.00	157	95	1.6	1.3	0.21	149	92	2	1.8	0.23	148	109	1.8	1.9	0.24
11.00-12.00	115	106	1.1	1.0	0.26	118	101	1.6	1.4	0.22	114	106	1.8	1.6	0.25
12.00-13.00	141	108	1.5	1.2	0.21	154	102	1.3	1.1	0.18	134	112	1.5	1.4	0.18
13.00-14.00	136	102	1.0	0.8	0.22	144	107	1.2	1.0	0.2	148	117	1.6	1.3	0.18
14.00-15.00	125	109	1.6	1.4	0.24	121	112	1.7	1.8	0.28	145	113	1.3	1.4	0.26
15.00-16.00	168	116	1.5	1.4	0.36	158	113	1.8	1.7	0.34	162	114	2.1	1.8	0.32
16.00-17.00	176	126	2.1	1.8	0.38	169	118	2.4	2.2	0.36	173	126	2.3	1.9	0.3
17.00-18.00	188	102	1.6	1.3	0.22	176	112	1.8	1.9	0.28	179	112	1.6	1.7	0.24
18.00-19.00	161	94	1.2	1.0	0.23	152	107	1.7	1.3	0.25	165	107	1.6	1.7	0.21
19.00-20.00	152	82	1.0	1.1	0.24	148	94	1.4	1.2	0.2	162	99	1.2	1.0	0.13
20.00-21.00	145	102	1.3	1.2	0.16	109	98	1.6	1.4	0.13	146	92	1.4	1.3	0.15
21.00-22.00	124	76	1.1	1.0	0.14	132	84	1.4	1.2	0.11	116	91	1.5	1.2	0.13
22.00-23.00	122	88	1.0	1.1	0.19	144	94	1.3	1.2	0.13	138	97	1.4	1.2	0.14
23.00-24.00	122	97	1.0	0.9	0.17	107	91	1.2	1.1	0.15	115	94	1.1	1.3	0.14
ค่าเฉลี่ย	137	104	1.46	1.29	0.23	138	106	1.68	1.53	0.23	141	110	1.69	1.6	0.21

CO, CH₄, NO₂ วัดโดย FTIR

NO₂* วัดโดยวิธีคัลเลอริเมตริก (TGS-ANSA)

SO₂ วัดโดยวิธีคัลเลอริเมตริก (พาราโรซานีน)

ตารางภาคผนวก ค3 แสดงปริมาณความเข้มข้น (pphm) ของแก๊สมลสาร ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง
บริเวณสถานีตรวจอากาศ เทศบาลนครหาดใหญ่ ถนนศุภงักดิ์

เวลา	เมษายน 2540					กันยายน 2540					มกราคม 2541				
	CO	CH ₄	NO ₂	NO ₂ *	SO ₂	CO	CH ₄	NO ₂	NO ₂	SO ₂	CO	CH ₄	NO ₂	NO ₂ *	SO ₂
0.00-1.00	113	92	1.2	0.8	0.11	105	97	1.4	1.3	0.1	90	89	1.1	1.2	0.08
1.00-2.00	105	85	1.6	1.3	0.13	103	103	1.4	1.2	0.09	97	98	1.4	1.5	0.1
2.00-3.00	90	78	1.1	1.2	0.08	98	76	1.2	1.0	0.09	101	94	1.3	1.1	0.09
3.00-4.00	114	89	1.4	1.2	0.09	118	97	1.3	1.4	0.11	113	102	1.0	1.1	0.12
4.00-5.00	126	101	1.3	1.2	0.12	132	106	1.1	1.2	0.13	124	102	1.4	1.3	0.11
5.00-6.00	132	106	1.1	1.0	0.1	121	109	1.2	1.3	0.12	120	108	1.0	1.2	0.13
6.00-7.00	138	112	1.5	1.3	0.14	128	123	1.6	1.7	0.15	120	119	1.6	1.8	0.11
7.00-8.00	142	116	1.8	1.6	0.16	137	135	2.1	2.0	0.17	130	124	1.9	2.1	0.16
8.00-9.00	122	112	1.9	1.8	0.15	112	128	1.6	1.9	0.14	121	123	1.5	1.7	0.17
9.00-10.00	123	110	1.3	1.5	0.12	113	112	1.7	1.6	0.14	113	118	1.5	1.6	0.16
10.00-11.00	126	98	1.1	1.3	0.13	116	102	1.3	1.1	0.12	115	112	1.4	1.3	0.12
11.00-12.00	113	76	1.5	1.6	0.11	117	85	1.7	1.5	0.1	113	107	1.3	1.4	0.13
12.00-13.00	108	57	1.6	1.4	0.09	110	68	1.7	1.6	0.1	113	113	1.3	1.2	0.14
13.00-14.00	115	82	1.5	1.4	0.11	113	92	1.6	1.6	0.13	116	97	1.4	1.2	0.12
14.00-15.00	121	95	1.1	1.3	0.12	124	112	1.6	1.2	0.13	128	108	1.4	1.3	0.11
15.00-16.00	125	105	1.7	1.8	0.15	115	115	1.8	1.7	0.14	119	112	2.0	1.8	0.16
16.00-17.00	148	116	1.9	2.0	0.16	138	118	1.8	1.9	0.16	134	116	2.0	1.8	0.17
17.00-18.00	141	112	1.4	1.6	0.14	135	115	1.9	1.6	0.12	129	111	1.8	1.7	0.18
18.00-19.00	138	107	1.1	1.3	0.1	132	101	1.6	1.2	0.11	121	106	1.4	1.6	0.11
19.00-20.00	137	101	1.6	1.7	0.12	132	111	1.3	0.8	0.09	127	113	1.2	1.3	0.12
20.00-21.00	131	97	1.3	1.4	0.1	120	92	1.4	1.2	1.1	126	106	1.6	1.4	0.08
21.00-22.00	114	95	1.4	1.2	0.09	116	89	1.1	1.3	0.12	110	94	1.4	1.2	0.12
22.00-23.00	101	82	1.6	1.3	0.09	87	112	1.5	1.4	0.10	94	102	1.3	1.2	0.13
23.00-24.00	92	83	1.4	1.2	0.1	102	87	1.3	1.5	0.12	113	79	1.1	1.3	0.11
ค่าเฉลี่ย	121	96.1	1.43	1.39	0.12	118	104	1.51	1.43	0.16	116	106	1.43	1.43	0.13

CO, CH₄, NO₂ วัดโดย FTIR

NO₂* วัดโดยวิธีคัดเลอริเมตริก (TGS-ANSA)

SO₂ วัดโดยวิธีคัดเลอริเมตริก (พาราโรซานีลิน)

ตารางภาคผนวก ค4 แสดงปริมาณความเข้มข้น (pphm) ของแก๊สมลสาร ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง
บริเวณหน่วยบริการประชาชน 191 ถนนนพรัตนรุทิส 3

เวลา	เมษายน 2540					กันยายน 2540					มกราคม 2541				
	CO	CH ₄	NO ₂	NO ₂ *	SO ₂	CO	CH ₄	NO ₂	NO ₂	SO ₂	CO	CH ₄	NO ₂	NO ₂ *	SO ₂
0.00-1.00	113	96	1.2	1.0	0.14	108	102	0.7	1.1	0.11	117	98	1.3	1.2	0.08
1.00-2.00	121	86	1.3	1.2	0.12	132	98	1.1	1.3	0.13	128	103	1.2	0.9	0.11
2.00-3.00	134	98	1.4	1.3	0.17	126	78	1.1	1.2	0.12	118	88	1.1	1.1	0.12
3.00-4.00	150	111	1.2	1.4	0.16	135	113	1.0	1.2	0.15	132	106	1.4	1.3	0.14
4.00-5.00	171	112	1.1	1.2	0.19	164	116	1.2	1.3	0.14	151	115	1.2	1.0	0.12
5.00-6.00	160	113	1.6	1.3	0.18	152	117	1.4	1.3	0.16	157	113	1.1	1.2	0.14
6.00-7.00	172	116	1.9	1.1	0.2	188	118	1.3	1.2	0.2	172	116	1.3	1.2	0.19
7.00-8.00	180	118	1.3	1.8	0.22	185	113	1.8	1.7	0.25	180	124	1.9	1.7	0.2
8.00-9.00	162	115	1.7	1.5	0.18	174	112	1.5	1.3	0.16	172	126	1.4	1.6	0.18
9.00-10.00	164	112	1.5	1.3	0.16	172	108	1.3	1.1	0.17	163	115	1.6	1.6	0.16
10.00-11.00	162	110	1.2	1.2	0.2	158	109	1.4	1.5	0.19	159	118	1.3	1.4	0.14
11.00-12.00	135	107	1.4	1.1	0.18	128	104	1.2	1.4	0.16	138	102	1.4	1.2	0.15
12.00-13.00	145	111	1.2	1.0	0.13	130	113	1.3	1.4	0.12	122	114	1.4	1.2	0.13
13.00-14.00	132	106	1.4	1.3	0.14	138	102	1.2	1.1	0.13	126	113	1.3	1.2	0.15
14.00-15.00	148	104	1.2	1.2	0.16	158	112	1.3	1.4	0.16	164	118	1.4	1.3	0.17
15.00-16.00	162	113	1.4	1.3	0.15	169	115	1.6	1.5	0.15	172	112	1.3	1.2	0.16
16.00-17.00	178	116	1.8	1.7	0.18	173	119	1.7	1.9	0.17	173	118	1.7	1.6	0.18
17.00-18.00	172	113	1.7	1.4	0.16	163	116	1.4	1.2	0.17	175	114	1.2	1.9	0.14
18.00-19.00	176	105	1.1	1.3	0.12	153	101	1.2	1.3	0.13	161	116	1.3	1.6	0.12
19.00-20.00	134	112	1.3	1.2	0.13	156	102	1.4	1.6	0.14	159	112	1.1	1.4	0.12
20.00-21.00	142	108	1.6	1.4	0.17	164	103	1.4	1.5	0.15	153	113	1.1	1.3	0.13
21.00-22.00	132	109	1.1	1.3	1.6	145	102	1.3	1.1	0.1	141	106	1.2	1.0	0.11
22.00-23.00	135	96	0.8	1.2	0.14	143	98	1.2	1.0	0.13	132	104	1.3	1.2	0.12
23.00-24.00	122	87	1.4	1.3	0.13	128	92	1.2	1.4	0.14	123	106	0.7	1.3	0.1
ค่าเฉลี่ย	150	107	1.37	1.29	0.22	152	107	1.3	1.33	0.15	150	111	1.3	1.32	0.14

CO, CH₄, NO₂ วัดโดย FTIR

NO₂* วัดโดยวิธีคัลเลอริเมตริก (TGS-ANSA)

SO₂ วัดโดยวิธีคัลเลอริเมตริก (พาราโรซานีลีน)

ตารางภาคผนวก ค5 แสดงปริมาณความเข้มข้น (pphm) ของแก๊สมลสาร ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง

บริเวณธนาคารไทยพาณิชย์ สาขาหาดใหญ่ ถนนนิพัทธ์อุทิศ 3

เวลา	เมษายน 2540					กันยายน 2540					มกราคม 2541				
	CO	CH ₄	NO ₂	NO ₂ *	SO ₂	CO	CH ₄	NO ₂	NO ₂	SO ₂	CO	CH ₄	NO ₂	NO ₂ *	SO ₂
0.00-1.00	180	96	1.0	1.3	0.12	168	105	1.3	0.7	0.13	175	90	1.4	1.3	0.11
1.00-2.00	152	68	1.6	1.4	0.13	164	83	1.4	1.2	0.14	160	106	1.3	1.1	0.12
2.00-3.00	143	72	1.4	1.2	0.16	149	81	1.2	1.1	0.12	141	103	1.0	1.2	0.14
3.00-4.00	123	84	1.2	1.3	0.15	135	94	1.1	1.2	0.18	138	84	1.2	1.3	0.11
4.00-5.00	156	99	1.8	1.6	0.18	164	105	1.6	1.4	0.16	168	107	1.3	1.2	0.14
5.00-6.00	216	103	1.9	1.7	0.22	210	108	1.6	1.5	0.22	203	112	1.4	1.6	0.18
6.00-7.00	256	108	2.1	1.9	0.24	246	112	2.2	2.3	0.29	224	116	1.8	2	0.26
7.00-8.00	284	132	2.5	2.3	0.25	302	116	2.3	2.1	0.27	280	125	2.4	2.3	0.24
8.00-9.00	312	124	2.8	2.8	0.31	292	129	2.5	2.4	0.33	278	128	2.2	2.1	0.29
9.00-10.00	281	116	2.6	2.5	0.21	272	120	2.4	2.6	0.26	276	123	2.1	2.2	0.28
10.00-11.00	263	112	2.3	2.0	0.22	277	119	2.2	2.3	0.28	275	112	1.9	1.7	0.26
11.00-12.00	274	112	2.1	2.1	0.18	275	115	2.1	1.9	0.18	263	117	1.3	1.4	0.21
12.00-13.00	277	115	1.6	1.9	0.13	243	117	1.9	2.1	0.19	253	115	1.8	1.6	0.18
13.00-14.00	254	118	2.4	2.1	0.18	244	121	2.0	1.8	0.14	234	116	1.9	1.8	0.12
14.00-15.00	252	115	1.8	1.5	0.23	232	119	1.6	1.4	0.26	228	118	1.7	1.5	0.18
15.00-16.00	251	113	2.3	2.1	0.26	241	121	1.4	1.6	0.22	287	124	2.3	1.6	0.23
16.00-17.00	311	136	2.6	2.4	0.33	326	132	2.4	2.1	0.28	312	127	2.2	1.8	0.27
17.00-18.00	290	124	2.9	2.3	0.28	281	118	2.1	2.4	0.26	274	114	2.0	2.1	0.24
18.00-19.00	285	120	2.4	1.9	0.26	264	115	2.2	1.8	0.22	251	113	1.7	1.6	0.22
19.00-20.00	286	123	1.8	1.6	0.28	273	121	1.6	1.4	0.18	261	120	1.3	1.1	0.2
20.00-21.00	290	120	1.6	1.4	0.24	264	116	1.6	1.3	0.15	240	111	1.2	1.2	0.17
21.00-22.00	272	113	2.1	1.9	0.16	255	111	1.7	1.5	0.18	234	110	1.4	1.3	0.16
22.00-23.00	232	118	1.4	1.2	0.13	246	112	1.6	1.7	0.13	226	109	1.4	1.6	0.14
23.00-24.00	214	116	1.3	1.1	0.14	203	108	1.6	1.3	0.17	213	98	1.2	1.1	0.13
ค่าเฉลี่ย	244	111	1.98	1.81	0.21	239	112	1.82	1.71	0.21	233	112	1.64	1.57	0.19

CO, CH₄, NO₂ วัดโดย FTIR

NO₂* วัดโดยวิธีคัลเลอริเมตริก (TGS-ANSA)

SO₂ วัดโดยวิธีคัลเลอริเมตริก (พาราโรซานีน)

ตารางภาคผนวก ค6 แสดงปริมาณความเข้มข้น (pphm) ของแก๊สมลสาร ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง
บริเวณสี่แยกสะพานลอย ถนนเพชรเกษม

เวลา	เมษายน 2540					กันยายน 2540					มกราคม 2541				
	CO	CH ₄	NO ₂	NO ₂ *	SO ₂	CO	CH ₄	NO ₂	NO ₂	SO ₂	CO	CH ₄	NO ₂	NO ₂ *	SO ₂
0.00-1.00	154	112	1.2	0.8	0.12	142	102	1.0	1.3	0.12	164	97	1.3	1.4	0.13
1.00-2.00	145	116	1.3	1.1	0.11	153	108	1.2	1.3	0.8	158	101	1.4	1.3	0.14
2.00-3.00	156	113	1.1	1.3	0.15	164	106	1.0	1.4	0.15	161	103	1.2	1.4	0.12
3.00-4.00	150	114	1.2	1.2	0.16	161	102	1.0	1.6	0.16	158	112	1.3	1.4	0.07
4.00-5.00	177	109	1.8	1.6	0.18	162	112	1.6	1.4	0.18	163	115	1.1	0.8	0.11
5.00-6.00	224	110	2.3	2.0	0.17	213	108	2.4	2.0	0.17	218	112	1.3	1.5	0.16
6.00-7.00	238	115	2.6	2.4	0.18	231	113	2.1	2.3	0.18	242	118	1.8	1.9	0.19
7.00-8.00	246	125	2.5	2.3	0.24	238	124	2.7	2.5	0.24	252	122	2.2	2.3	0.23
8.00-9.00	248	128	2.7	2.7	0.27	234	126	2.4	2.3	0.27	221	124	2.6	2.4	0.26
9.00-10.00	235	123	2.3	2.5	0.28	227	121	2.1	2.3	0.27	231	120	2.5	2.1	0.25
10.00-11.00	228	121	1.8	2.0	0.23	223	118	1.6	1.8	0.23	220	116	1.9	1.7	0.22
11.00-12.00	221	122	1.6	1.4	0.21	181	118	1.4	1.7	0.21	189	113	1.8	1.8	0.19
12.00-13.00	189	118	1.7	1.6	0.18	198	115	1.5	1.7	0.18	192	110	1.7	1.6	0.15
13.00-14.00	175	116	1.6	1.8	0.12	150	117	1.7	1.6	0.12	160	112	1.5	1.4	0.13
14.00-15.00	187	112	1.8	1.7	0.16	167	113	1.8	1.9	0.16	160	109	1.8	1.6	0.11
15.00-16.00	210	121	2.2	2.1	0.18	187	122	1.9	2.2	0.18	197	128	1.6	1.8	0.17
16.00-17.00	246	126	2.7	2.6	0.26	235	123	2.5	2.5	0.26	225	122	2.3	2.4	0.22
17.00-18.00	242	120	2.4	2.8	0.24	231	118	2.4	2.6	0.24	221	116	2.4	2.2	0.28
18.00-19.00	236	123	1.8	1.5	0.21	242	114	1.9	1.7	0.21	216	110	2.1	1.8	0.2
19.00-20.00	234	116	1.2	1.3	0.21	229	112	1.0	1.3	0.21	119	106	1.8	1.5	0.18
20.00-21.00	226	114	1.3	1.4	0.16	231	110	1.2	1.1	0.16	118	98	1.4	1.3	0.14
21.00-22.00	221	109	1.4	1.2	0.18	219	112	1.0	1.2	0.18	146	110	1.6	1.5	0.15
22.00-23.00	187	103	1.2	1.0	0.16	158	112	1.3	1.4	0.16	153	102	1.2	1.3	0.13
23.00-24.00	165	115	1.3	1.1	0.12	143	113	1.0	1.4	0.12	134	108	1.3	1.2	0.14
ค่าเฉลี่ย	206	117	1.79	1.73	0.19	197	114	1.65	1.77	0.22	184	112	1.71	1.65	0.17

CO, CH₄, NO₂ วัดโดย FTIR

NO₂* วัดโดยวิธีกัลเลอริเมตริก (TGS-ANSA)

SO₂ วัดโดยวิธีกัลเลอริเมตริก (พาราโรซานิลีน)

ตารางภาคผนวก ก7 แสดงปริมาณความเข้มข้น (pphm) ของแก๊สมลสาร ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง
บริเวณหน้าฟีกา ถนนเพชรเกษม

เวลา	เมษายน 2540					กันยายน 2540					มกราคม 2541				
	CO	CH ₄	NO ₂	NO ₂ *	SO ₂	CO	CH ₄	NO ₂	NO ₂	SO ₂	CO	CH ₄	NO ₂	NO ₂ *	SO ₂
0.00-1.00	180	83	1.0	1.2	0.15	164	104	1.2	1.4	0.14	140	106	0.8	1.1	0.16
1.00-2.00	154	96	1.4	1.3	0.14	172	96	1.4	1.2	0.21	158	94	0.9	1.2	0.13
2.00-3.00	162	92	1.6	1.3	0.16	154	108	1.0	1.1	0.24	172	81	1.2	1.4	0.16
3.00-4.00	210	103	1.7	1.5	0.22	162	85	1.2	0.9	0.26	211	103	0.9	1.3	0.17
4.00-5.00	186	105	1.8	1.6	0.18	214	82	1.5	1.2	0.15	186	104	1.2	0.9	0.15
5.00-6.00	195	108	2.1	2.2	0.23	226	101	2.0	1.6	0.18	191	112	1.4	1.1	0.21
6.00-7.00	262	112	2.4	2.3	0.23	148	108	2.2	1.9	0.21	234	121	2.3	2.4	0.26
7.00-8.00	355	132	2.5	2.6	0.26	315	125	2.6	2.5	0.32	316	124	2.6	2.5	0.2
8.00-9.00	342	125	2.3	2.1	0.3	318	126	2.1	2.4	0.28	328	112	2.1	2.4	0.31
9.00-10.00	315	120	2.1	2.0	0.28	305	114	1.9	2.3	0.16	302	106	2.4	2.2	0.17
10.00-11.00	307	122	1.7	1.5	0.18	316	116	2.4	1.7	0.24	311	108	1.9	1.7	0.23
11.00-12.00	281	115	1.2	1.5	0.15	262	112	2.6	2.2	0.22	295	104	1.7	1.8	0.24
12.00-13.00	272	113	1.6	1.8	0.12	253	106	2.1	2.5	0.19	261	112	1.8	1.6	0.2
13.00-14.00	283	108	1.8	1.6	0.16	276	114	1.8	2.0	0.18	285	118	1.2	1.3	0.18
14.00-15.00	297	110	1.9	1.8	0.22	270	115	2.2	1.8	0.13	278	121	1.9	1.7	0.14
15.00-16.00	315	108	2.3	2.5	0.28	293	115	2.4	2.4	0.14	290	132	2.7	1.8	0.16
16.00-17.00	324	114	2.6	2.4	0.26	314	124	2.5	2.8	0.26	316	127	2.8	2.4	0.28
17.00-18.00	312	125	2.5	2.4	0.22	325	119	1.4	2.4	0.27	312	128	2.4	1.2	0.27
18.00-19.00	287	120	2.7	1.8	0.23	311	123	1.3	2.2	0.19	319	118	1.6	1.5	0.25
19.00-20.00	240	116	1.6	1.2	0.18	252	113	1.2	1.7	0.2	256	115	1.2	1.1	0.2
20.00-21.00	212	104	1.2	1.4	0.12	260	108	1.2	1.6	0.18	248	108	0.8	0.8	0.18
21.00-22.00	190	102	1.0	1.1	0.14	242	106	1.3	1.3	0.15	214	101	1.3	0.9	0.16
22.00-23.00	248	101	0.8	1.2	0.11	218	112	1.0	1.1	0.12	198	95	1.2	1.1	0.12
23.00-24.00	258	108	0.8	1.1	0.14	232	113	1.2	1.0	0.16	172	102	0.8	1.1	0.11
ค่าเฉลี่ย	258	110	1.78	1.73	0.19	250	110	1.74	1.8	0.2	250	111	1.63	1.52	0.19

CO, CH₄, NO₂ วัดโดย FTIR

NO₂* วัดโดยวิธีคัลเลอริเมตริก (TGS-ANSA)

SO₂ วัดโดยวิธีคัลเลอริเมตริก (พาราโรซานีน)

ตารางภาคผนวก ค8 แสดงปริมาณความเข้มข้น (pphm) ของแก๊สมลสาร ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง
บริเวณหน้าธนาคารแห่งประเทศไทย สาขาภาคใต้ ถนนเพชรเกษม

เวลา	เมษายน 2540					กันยายน 2540					มกราคม 2541				
	CO	CH ₄	NO ₂	NO ₂ *	SO ₂	CO	CH ₄	NO ₂	NO ₂	SO ₂	CO	CH ₄	NO ₂	NO ₂ *	SO ₂
0.00-1.00	180	90	0.9	1.1	0.12	167	101	1.2	1.0	0.12	170	104	1.7	1.5	0.15
1.00-2.00	164	96	1.2	0.8	0.18	182	108	0.9	1.1	0.12	159	190	1.2	1.3	0.11
2.00-3.00	172	101	1.1	1.2	0.16	145	112	0.8	1.2	0.08	168	108	1.1	1.2	0.12
3.00-4.00	156	102	1.2	1.0	0.15	163	109	1.2	1.0	0.13	192	96	1.7	1.4	0.18
4.00-5.00	190	88	1.3	1.2	0.13	175	88	1.5	1.3	0.19	210	87	1.6	1.3	0.22
5.00-6.00	211	92	1.1	1.4	0.14	218	98	1.1	1.4	0.22	218	101	1.2	1.2	0.26
6.00-7.00	228	104	1.0	1.3	0.18	212	71	1.2	1.3	0.24	232	113	2.3	2.5	0.22
7.00-8.00	240	116	1.4	1.8	0.24	251	104	1.6	1.2	0.27	238	119	2.8	2.7	0.27
8.00-9.00	256	122	1.8	1.6	0.22	242	113	1.4	1.1	0.26	204	127	2.1	2.3	0.21
9.00-10.00	215	120	2.2	2.3	0.2	218	118	2.5	2.3	0.22	218	115	2.5	2.6	0.21
10.00-11.00	228	116	2.0	2.1	0.17	212	106	2.3	2.1	0.24	209	114	2.6	2.3	0.22
11.00-12.00	234	112	1.8	2.2	0.2	245	105	1.9	1.7	0.26	211	102	2.4	2.1	0.18
12.00-13.00	221	108	1.6	1.8	0.2	241	112	1.6	1.8	0.18	202	104	2.1	1.8	0.22
13.00-14.00	215	101	2.1	1.7	0.22	221	105	1.8	1.6	0.22	198	112	2.0	1.7	0.19
14.00-15.00	211	106	2.3	2.2	0.24	222	103	1.5	1.5	0.24	228	120	1.9	1.6	0.14
15.00-16.00	262	118	2.5	2.7	0.26	256	116	1.8	1.5	0.25	219	132	1.8	1.5	0.19
16.00-17.00	275	124	2.2	2.6	0.24	278	118	2.3	1.9	0.22	234	124	1.6	1.6	0.23
17.00-18.00	267	114	1.8	2.3	0.22	252	121	2.7	2.6	0.24	216	130	2.4	2.6	0.22
18.00-19.00	241	121	1.6	1.4	0.16	175	104	2.4	2.2	0.22	211	129	2.6	2.5	0.24
19.00-20.00	232	108	1.1	1.2	0.18	161	118	1.9	1.6	0.18	193	104	1.8	2.1	0.18
20.00-21.00	218	96	1.2	1.3	0.12	192	113	1.6	1.3	0.15	191	115	1.9	2.1	0.16
21.00-22.00	185	98	1.2	1.4	0.17	150	112	1.8	1.5	0.17	161	116	1.2	1.5	0.14
22.00-23.00	168	81	0.8	1.2	0.15	161	108	1.4	1.1	0.13	216	109	1.3	1.2	0.11
23.00-24.00	152	97	0.9	1.1	0.16	147	95	1.3	1.2	0.12	161	102	1.0	1.2	0.13
ค่าเฉลี่ย	213	105	1.51	1.62	0.18	204	107	1.65	1.52	0.19	202	116	1.87	1.83	0.19

CO, CH₄, NO₂ วัดโดย FTIR

NO₂* วัดโดยวิธีคัลเลอริเมตริก (TGS-ANSA)

SO₂ วัดโดยวิธีคัลเลอริเมตริก (พาราโรซานีลีน)

ตารางภาคผนวก ก9 ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (pphm) วัดโดยวิธี FTIR ในช่วงเวลาเช้าและเย็นของวันปกติและวันหยุด

จุดเก็บตัวอย่าง	วัน	พฤศจิกายน 2540						ธันวาคม 2540						มกราคม 2541					
		6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00
		1. บริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะเภสัชศาสตร์	วันปกติ	62	68	54	63	72	64	54	63	72	61	82	64	61	67	77	64
	วันหยุด	56	64	71	64	68	62	51	59	63	59	76	64	58	65	73	62	66	64
2. บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกัน และบรรเทาสาธารณภัย 2	วันปกติ	231	246	258	243	262	264	245	253	224	246	258	263	248	256	255	261	264	267
	วันหยุด	218	226	246	256	268	254	226	241	234	256	246	268	232	226	224	253	260	258
3. บริเวณสถานีตรวจอากาศ ถ. ผดุงภักดิ์	วันปกติ	140	145	160	140	165	163	124	143	165	125	165	170	134	152	148	132	118	143
	วันหยุด	134	138	153	156	143	121	116	129	143	118	127	148	127	134	128	118	112	137
4. บริเวณหน่วยบริการ ประชาชน 191 ถ. นิพัทธ์อุทิต	วันปกติ	152	160	185	153	185	180	160	187	220	160	172	173	164	168	210	215	195	187
	วันหยุด	147	151	168	146	178	164	143	154	112	132	146	157	147	149	184	204	183	176
5. บริเวณธนาคารไทยพาณิชย์ ถ. นิพัทธ์อุทิต 3	วันปกติ	274	314	293	282	281	311	240	330	320	290	310	290	280	346	365	298	310	318
	วันหยุด	248	294	281	256	273	280	180	260	310	240	280	310	255	320	320	276	316	308
6. บริเวณสี่แยกสะพานลอย ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	260	330	310	295	312	335	330	220	240	360	340	251	276	246	237	316	289	316
	วันหยุด	234	318	302	316	321	326	286	258	226	346	278	248	254	241	231	309	294	318
7. บริเวณหอนาฬิกา ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	255	298	366	294	326	316	240	360	380	346	365	318	286	296	350	280	340	360
	วันหยุด	241	274	346	318	328	311	216	326	346	325	344	284	265	287	324	313	320	343
8. บริเวณหน้าธนาคาร แห่งประเทศไทย สาขาภาคใต้ ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	245	280	240	215	246	253	241	278	275	261	290	265	248	257	246	259	246	248
	วันหยุด	238	246	221	223	248	248	218	247	248	243	271	262	227	236	251	256	235	224

ตารางภาคผนวก ก9 (ต่อ)

จุดเก็บตัวอย่าง	วัน	กุมภาพันธ์ 2541						มีนาคม 2541						เมษายน 2541					
		6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00
1. บริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะเภสัชศาสตร์	วันปกติ	58	62	78	64	68	76	59	67	76	64	78	62	64	68	75	57	62	69
	วันหยุด	54	61	74	67	64	53	56	58	67	54	79	58	61	63	71	65	61	67
2. บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกัน และบรรเทาสาธารณภัย 2	วันปกติ	239	248	253	246	261	262	238	249	231	247	256	246	249	256	245	265	261	263
	วันหยุด	230	229	246	251	284	267	221	239	236	251	264	254	235	246	239	258	267	269
3. บริเวณสถานีตรวจอากาศ ถ. ผดุงภักดิ์	วันปกติ	143	146	151	139	142	153	134	138	126	128	156	156	134	141	148	144	126	134
	วันหยุด	128	132	143	142	113	148	129	126	119	134	142	145	124	128	136	134	116	123
4. บริเวณหน่วยบริการ ประชาชน 191 ถ. นิพัทธ์อุทิส	วันปกติ	155	158	164	156	176	172	164	148	186	164	164	165	163	165	189	203	181	182
	วันหยุด	151	153	154	164	162	176	152	132	164	156	165	139	158	148	167	183	164	178
5. บริเวณธนาคารไทยพาณิชย์ ถ. นิพัทธ์อุทิส 3	วันปกติ	286	318	297	283	288	326	267	312	316	289	317	294	268	344	368	346	326	334
	วันหยุด	275	283	264	294	313	322	215	274	219	316	278	320	246	321	297	318	331	328
6. บริเวณสี่แยกสะพานลอย ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	273	286	312	281	302	326	278	259	267	345	325	268	244	253	261	296	313	311
	วันหยุด	261	281	286	311	317	310	259	246	231	336	313	272	222	231	243	301	304	309
7. บริเวณหน้าพิพิธภัณฑสถาน ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	265	289	354	324	316	326	246	357	346	344	367	343	246	286	316	311	321	346
	วันหยุด	241	264	338	319	327	318	228	341	340	331	346	316	241	243	273	294	317	311
8. บริเวณหน้าธนาคาร แห่งประเทศไทย สาขาภาคใต้ ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	237	246	238	225	254	264	223	264	265	276	288	264	223	243	213	264	255	234
	วันหยุด	226	229	231	229	258	241	216	246	234	257	283	244	213	231	206	252	232	214

ตารางภาคผนวก ก9 (ต่อ)

จุดเก็บตัวอย่าง	วัน	พฤษภาคม 2541						มิถุนายน 2541						กรกฎาคม 21541					
		6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00
		1. บริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะเภสัชศาสตร์	วันปกติ	62	55	64	73	62	68	54	61	78	68	71	69	69	63	71	68
	วันหยุด	57	53	61	69	58	57	56	57	65	66	65	71	53	57	65	66	67	62
2. บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกัน และบรรเทาสาธารณภัย 2	วันปกติ	242	256	266	246	264	269	239	245	248	258	261	244	235	251	249	264	268	272
	วันหยุด	235	243	261	253	262	271	227	236	241	261	267	254	228	249	246	252	274	267
3. บริเวณสถานีตรวจอากาศ จ. ผดุงภักดี	วันปกติ	133	141	143	134	144	134	122	134	144	123	146	144	129	131	123	131	133	127
	วันหยุด	122	128	133	126	117	128	117	127	134	126	144	132	119	126	117	127	114	121
4. บริเวณหน่วยบริการ ประชาชน 191 จ. นีพัทธ์อุทิศ	วันปกติ	152	155	161	158	167	164	144	146	176	168	176	179	156	161	178	189	197	186
	วันหยุด	147	151	147	146	157	134	137	123	169	148	177	184	148	152	161	194	181	197
5. บริเวณธนาคารไทยพาณิชย์ จ. นีพัทธ์อุทิศ 3	วันปกติ	296	321	331	294	274	312	277	319	305	299	314	326	288	319	349	357	311	323
	วันหยุด	284	317	319	284	278	319	258	308	301	308	306	321	259	307	315	343	246	327
6. บริเวณสี่แยกสะพานลอย จ. เพชรเกษม	วันปกติ	268	271	303	294	311	329	246	249	261	344	326	312	233	348	255	310	316	315
	วันหยุด	255	254	289	314	316	216	234	237	255	322	310	296	229	237	241	306	315	317
7. บริเวณหอนาฬิกา จ. เพชรเกษม	วันปกติ	267	283	339	346	323	327	258	256	289	323	346	322	286	294	301	306	315	322
	วันหยุด	234	266	322	329	316	311	238	248	312	314	327	311	266	258	264	288	218	319
8. บริเวณหน้าธนาคาร แห่งประเทศไทย สาขาภาคใต้ จ. เพชรเกษม	วันปกติ	225	235	246	238	256	246	219	246	228	259	264	266	219	234	211	234	266	243
	วันหยุด	211	212	231	219	243	211	216	223	225	246	259	235	216	229	204	243	254	224

ตารางภาคผนวก ค9 (ต่อ)

จุดเก็บตัวอย่าง	วัน	สิงหาคม 2541						กันยายน 2541						ตุลาคม 2541					
		6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00
1. บริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะเภสัชศาสตร์	วันปกติ	66	58	72	71	64	62	58	63	72	66	68	71	67	64	68	64	66	61
	วันหยุด	61	56	69	67	55	58	56	55	54	62	78	55	54	53	62	61	63	58
2. บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกัน และบรรเทาสาธารณภัย 2	วันปกติ	236	244	253	246	261	271	231	241	246	238	267	234	226	246	255	268	266	268
	วันหยุด	228	237	246	241	255	254	226	231	224	244	256	243	213	226	243	248	263	273
3. บริเวณสถานีตรวจอากาศ ถ. ผดุงกักติ	วันปกติ	136	138	132	144	132	131	126	143	141	132	128	144	137	146	133	136	148	144
	วันหยุด	131	122	129	134	118	144	138	129	124	146	156	158	122	146	155	132	144	166
4. บริเวณหน่วยบริการ ประชาชน 191 ถ. นีพัทธ์อุทิศ	วันปกติ	126	132	144	158	154	164	134	116	143	155	146	138	119	126	144	129	166	126
	วันหยุด	147	151	147	146	157	134	137	123	169	148	177	184	148	152	161	194	181	197
5. บริเวณธนาคารไทยพาณิชย์ ถ. นีพัทธ์อุทิศ 3	วันปกติ	282	308	311	312	326	311	288	317	316	318	319	328	295	317	338	347	316	346
	วันหยุด	264	394	384	316	321	322	267	311	314	321	313	338	267	311	314	331	341	344
6. บริเวณสี่แยกสะพานลอย ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	264	294	298	283	317	321	244	246	294	266	312	307	294	310	324	311	322	316
	วันหยุด	256	261	279	266	318	316	211	231	225	279	322	266	264	289	226	287	318	311
7. บริเวณหอนาฬิกา ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	277	286	316	322	326	328	269	267	286	312	322	324	288	291	311	316	321	326
	วันหยุด	258	274	306	312	314	317	254	264	266	301	312	315	252	255	286	294	278	277
8. บริเวณหน้าธนาคาร แห่งประเทศไทย สาขาภาคใต้ ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	216	228	233	213	244	253	221	231	226	216	246	256	226	223	219	223	246	234
	วันหยุด	212	219	225	203	216	248	213	228	231	246	232	244	221	216	224	216	134	229

ตารางภาคผนวก ค10 ความเข้มข้นของแก๊สมีเทน (pphm) วัดโดยวิธี FTIR ในช่วงเวลาเช้าและเย็นของวันปกติและวันหยุด

จุดเก็บตัวอย่าง	วัน	พฤศจิกายน 2540						ธันวาคม 2540						มกราคม 2541					
		6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00
		1. บริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะเภสัชศาสตร์	วันปกติ	92	103	81	84	94	71	82	94	69	76	91	76	102	106	104	103
	วันหยุด	84	93	65	57	72	84	68	83	67	71	88	61	95	102	101	97	98	105
2. บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกัน และบรรเทาสาธารณภัย 2	วันปกติ	111	114	124	116	118	122	108	116	112	114	116	116	94	121	124	105	116	124
	วันหยุด	92	94	117	112	103	126	113	95	106	104	113	114	84	115	107	103	118	114
3. บริเวณสถานีตรวจอากาศ ถ. ผดุงภักดิ์	วันปกติ	103	105	98	108	111	113	108	116	114	115	116	114	94	98	106	104	108	112
	วันหยุด	97	95	94	97	112	114	103	112	113	106	114	115	83	92	103	101	102	109
4. บริเวณหน่วยบริการ ประชาชน 191 ถ. นีพัทธ์อุทิศ	วันปกติ	103	105	104	107	113	114	107	116	114	121	121	105	94	105	108	106	116	108
	วันหยุด	94	98	94	109	114	117	102	113	105	118	116	101	86	102	103	104	113	102
5. บริเวณธนาคารไทยพาณิชย์ ถ. นีพัทธ์อุทิศ 3	วันปกติ	106	113	105	116	114	121	104	108	111	113	114	116	108	113	115	116	125	118
	วันหยุด	103	108	106	117	123	125	101	103	107	119	117	118	103	106	105	114	126	119
6. บริเวณสี่แยกสะพานลอย ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	115	125	114	116	128	128	124	128	123	121	128	127	116	126	122	125	109	125
	วันหยุด	109	114	112	106	126	129	116	118	116	119	118	123	108	119	117	123	125	128
7. บริเวณหอนาฬิกา ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	116	128	134	126	133	136	112	137	138	125	134	137	109	116	132	123	132	134
	วันหยุด	112	124	128	131	130	128	101	116	127	128	126	134	102	109	123	128	127	121
8. บริเวณหน้าธนาคาร แห่งประเทศไทย สาขาภาคใต้ ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	97	106	108	112	108	109	94	97	108	112	109	113	102	108	112	105	113	116
	วันหยุด	90	102	103	116	113	112	87	95	106	107	103	111	94	102	109	107	114	112

ตารางภาคผนวก ค10(ต่อ)

จุดเก็บตัวอย่าง	วัน	กุมภาพันธ์ 2541						มีนาคม 2541						เมษายน 2541					
		6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00
		1. บริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะเภสัชศาสตร์	วันปกติ	88	93	96	95	96	86	89	96	73	82	96	88	101	99	91	94
	วันหยุด	84	92	86	94	88	72	88	86	72	79	81	82	96	94	86	86	88	92
2. บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกัน และบรรเทาสาธารณภัย 2	วันปกติ	102	106	102	111	108	116	113	112	113	116	114	112	98	118	124	116	119	113
	วันหยุด	98	98	103	116	112	114	113	114	103	107	101	106	97	105	108	112	107	112
3. บริเวณสถานีตรวจอากาศ ด. ผดุงภักดี	วันปกติ	112	115	112	106	112	113	116	112	113	111	112	116	112	114	114	118	117	112
	วันหยุด	108	116	112	113	108	116	113	108	112	109	110	113	108	112	113	112	114	112
4. บริเวณหน่วยบริการ ประชาชน 191 ด. นิพัทธ์อุทิส	วันปกติ	106	102	106	104	101	106	109	112	112	114	112	108	106	108	105	113	112	111
	วันหยุด	98	100	96	108	112	106	101	105	106	107	112	102	94	111	103	112	108	104
5. บริเวณธนาคารไทยพาณิชย์ ด. นิพัทธ์อุทิส 3	วันปกติ	102	106	109	112	108	118	108	116	112	116	118	113	112	116	113	114	118	114
	วันหยุด	94	101	103	108	102	112	111	112	103	106	109	108	104	103	105	112	112	113
6. บริเวณสี่แยกสะพานลอย ด. เพชรเกษม	วันปกติ	112	110	113	114	113	116	118	112	113	118	117	114	116	118	119	114	113	116
	วันหยุด	116	112	109	106	111	111	112	112	113	114	116	109	112	113	116	107	103	108
7. บริเวณหน้าพิภพ ด. เพชรเกษม	วันปกติ	112	118	121	123	118	119	116	117	118	112	119	116	117	112	123	126	124	126
	วันหยุด	109	116	119	118	115	114	116	114	112	116	114	113	114	108	119	118	122	123
8. บริเวณหน้าธนาคาร แห่งประเทศไทย สาขาภาคใต้ ด. เพชรเกษม	วันปกติ	103	102	106	112	111	107	109	98	103	106	103	104	109	112	113	109	106	114
	วันหยุด	97	98	102	101	105	104	105	94	105	109	105	107	102	113	114	111	108	111

ตารางภาคผนวก ค10(ต่อ)

จุดเก็บตัวอย่าง	วัน	พฤษภาคม 2541						มิถุนายน 2541						กรกฎาคม 21541					
		6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00
		1. บริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะเภสัชศาสตร์	วันปกติ	93	96	98	72	102	94	96	97	92	103	104	94	103	94	105	104
	วันหยุด	88	98	92	88	97	96	95	99	95	106	101	95	102	92	96	94	84	90
2. บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกัน และบรรเทาสาธารณภัย 2	วันปกติ	104	103	105	104	106	101	112	108	106	109	111	109	96	97	112	113	111	106
	วันหยุด	101	92	103	102	108	103	103	105	104	106	109	111	84	92	106	108	112	109
3. บริเวณสถานีตรวจอากาศ อ. ผดุงภักดิ์	วันปกติ	109	113	113	114	112	111	112	109	118	109	106	112	113	114	116	113	114	116
	วันหยุด	104	108	109	104	113	106	111	107	113	113	111	114	103	112	113	108	111	113
4. บริเวณหน่วยบริการ ประชาชน 191 อ. นิพัทธ์อุทิต	วันปกติ	108	107	112	113	101	106	109	112	112	114	112	108	106	108	105	113	112	111
	วันหยุด	98	100	96	106	103	102	101	111	106	109	108	106	101	105	102	107	104	103
5. บริเวณธนาคารไทยพาณิชย์ อ. นิพัทธ์อุทิต 3	วันปกติ	109	105	110	112	116	105	112	114	113	115	117	109	108	109	112	114	112	116
	วันหยุด	103	102	104	108	106	107	108	112	111	113	116	101	103	106	107	112	104	115
6. บริเวณสี่แยกสะพานลอย อ. เพชรเกษม	วันปกติ	113	112	114	113	111	110	116	110	113	109	113	116	117	119	114	118	112	112
	วันหยุด	108	109	112	107	104	108	112	102	108	107	106	113	115	116	112	116	114	116
7. บริเวณหอนาฬิกา อ. เพชรเกษม	วันปกติ	107	109	113	115	116	112	112	111	116	116	118	114	115	114	118	119	118	116
	วันหยุด	102	101	111	111	113	108	102	106	105	109	112	112	109	111	113	114	112	113
8. บริเวณหน้าธนาคาร แห่งประเทศไทย สาขาภาคใต้ อ. เพชรเกษม	วันปกติ	96	103	108	113	108	106	114	102	108	109	104	101	111	103	108	107	105	104
	วันหยุด	85	88	94	97	103	95	107	105	106	108	101	103	107	105	101	104	101	105

ตารางภาคผนวก ค10(ต่อ)

จุดเก็บตัวอย่าง	วัน	สิงหาคม 2541						กันยายน 2541						ตุลาคม 2541					
		6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00
1. บริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะเภสัชศาสตร์	วันปกติ	96	98	97	108	104	97	102	104	105	102	101	106	98	103	103	108	101	98
	วันหยุด	92	96	91	103	101	94	101	103	101	106	94	92	84	91	101	102	92	91
2. บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกัน และบรรเทาสาธารณภัย 2	วันปกติ	102	103	106	101	102	103	103	105	102	102	106	106	101	106	107	105	106	104
	วันหยุด	95	98	97	94	95	101	96	93	94	98	97	102	93	87	101	102	104	101
3. บริเวณสถานีตรวจอากาศ ถ. ผดุงภักดี	วันปกติ	108	107	111	112	108	113	104	118	113	114	116	117	102	112	107	106	112	114
	วันหยุด	102	103	105	106	104	112	101	104	108	112	109	116	83	102	103	104	107	108
4. บริเวณหน่วยบริการ ประชาชน 191 ถ. นิพัทธ์อุทิส	วันปกติ	106	109	108	110	112	108	101	107	106	109	113	114	116	104	112	116	113	114
	วันหยุด	94	92	103	101	106	101	96	101	103	105	102	103	108	101	109	108	112	111
5. บริเวณธนาคารไทยพาณิชย์ ถ. นิพัทธ์อุทิส 3	วันปกติ	110	106	112	113	114	112	111	114	110	113	118	116	112	113	114	116	114	113
	วันหยุด	107	102	106	107	109	109	107	108	106	109	107	113	106	108	112	118	109	111
6. บริเวณสี่แยกสะพานลอย ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	108	109	112	110	112	114	112	116	118	112	116	114	113	117	116	114	112	114
	วันหยุด	102	103	109	107	107	112	103	108	112	111	113	111	111	115	110	116	114	112
7. บริเวณหอนาฬิกา ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	109	112	113	112	114	115	117	112	114	117	116	112	113	111	115	114	116	117
	วันหยุด	105	108	109	108	112	112	116	108	112	115	109	114	106	108	112	116	113	118
8. บริเวณหน้าธนาคาร แห่งประเทศไทย สาขาภาคใต้ ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	99	103	106	107	112	104	106	101	106	108	107	104	106	102	105	103	106	104
	วันหยุด	88	98	97	105	114	112	101	105	104	106	104	106	102	104	102	103	108	106

ตารางภาคผนวก ก11 ความเข้มข้นของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ (pphm) วัดโดยวิธี FTIR ในช่วงเวลาเช้าและเย็นของวันปกติและวันหยุด

จุดเก็บตัวอย่าง	วัน	พฤศจิกายน 2540						ธันวาคม 2540						มกราคม 2541					
		6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00
		1. บริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะเภสัชศาสตร์	วันปกติ	1.3	1.7	1.4	1.3	1.4	1.4	1.3	1.4	1.5	1.4	1.1	1.2	1.1	1.4	1.6	1.4
	วันหยุด	1.8	1.1	1.4	1.1	1.2	1.3	1.1	1.2	1.3	1.1	1.2	0.9	0.8	1.1	1.3	1.2	1.1	0.8
2. บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกัน และบรรเทาสาธารณภัย 2	วันปกติ	1.6	1.7	1.9	2.1	1.4	1.8	1.2	1.3	1.6	1.9	1.3	1.7	1.5	1.9	1.6	1.7	2.1	1.8
	วันหยุด	1.4	1.5	1.3	1.7	1.1	1.5	1.1	1.1	1.2	1.5	1.1	1.4	1.2	1.4	1.3	1.2	1.9	1.6
3. บริเวณสถานีตรวจอากาศ ถ. ผดุงภักดิ์	วันปกติ	1.2	1.6	1.7	1.6	1.4	1.3	1.4	1.8	1.6	1.4	1.2	1.2	1.3	1.4	1.4	1.3	1.2	1.1
	วันหยุด	0.8	1.2	1.6	1.1	1.2	1.1	1.2	1.6	1.4	1.1	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.1	1.2	1.1
4. บริเวณหน่วยบริการ ประชาชน 191 ถ. นวัตกรรมอุทิศ	วันปกติ	1.4	1.8	1.8	1.7	1.9	1.6	1.3	1.7	1.8	1.5	1.7	1.4	1.3	1.4	1.6	1.2	1.3	1.2
	วันหยุด	1.1	1.4	1.3	1.4	1.6	1.2	1.1	1.2	1.6	1.3	1.2	1.2	1.1	1.2	1.5	1.1	1.4	1.1
5. บริเวณธนาคารไทยพาณิชย์ ถ. นวัตกรรมอุทิศ 3	วันปกติ	1.9	2.2	2.4	2.3	2.4	1.6	1.4	1.3	1.6	1.5	2.1	1.6	1.5	1.8	2.3	1.7	1.9	1.5
	วันหยุด	1.7	1.8	2.1	2.1	2.2	1.8	1.3	1.2	1.2	1.8	1.7	1.8	1.4	1.9	2.4	1.8	1.4	1.2
6. บริเวณสี่แยกสะพานลอย ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	1.9	2.8	2.1	2.3	2.8	2.4	2.2	2.8	3.2	2.5	2.8	2.6	2.2	2.8	2.4	1.8	1.9	1.6
	วันหยุด	1.5	1.8	2.2	2.4	2.6	1.9	2.1	2.4	2.6	2.6	2.3	2.1	2.1	2.6	2.3	1.8	1.6	1.1
7. บริเวณหอนาฬิกา ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	2.1	2.6	2.8	2.7	2.9	1.8	2.1	2.6	2.4	2.1	2.8	2.1	2.4	2.7	2.4	2.6	1.8	1.7
	วันหยุด	1.7	2.3	2.4	2.5	2.3	1.6	1.9	2.1	2.3	1.6	2.4	1.6	2.2	1.4	2.6	1.8	1.9	1.6
8. บริเวณหน้าธนาคาร แห่งประเทศไทย สาขาภาคใต้ ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	1.7	2.1	2.2	2.3	2.2	1.7	2.3	2.7	2.5	2.3	2.6	2.4	1.9	2.8	2.5	2.3	1.9	1.4
	วันหยุด	1.4	1.6	2.4	2.3	2.4	1.6	1.8	2.4	1.9	2.4	2.3	2.1	1.4	2.2	2.3	1.7	1.6	1.2

ตารางภาคผนวก ก11(ต่อ)

จุดเก็บตัวอย่าง	วัน	กุมภาพันธ์ 2541						มีนาคม 2541						เมษายน 2541					
		6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00
		1. บริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะเภสัชศาสตร์	วันปกติ	1.3	1.6	1.7	1.6	1.4	1.2	1.5	1.6	1.5	1.4	1.6	1.3	1.3	1.5	1.6	1.5
	วันหยุด	1.1	1.3	1.5	1.7	1.5	1.1	1.2	1.7	1.3	1.2	1.4	1.2	1.1	0.9	1.3	1.6	1.4	1.2
2. บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกัน และบรรเทาสาธารณภัย 2	วันปกติ	1.4	1.6	1.8	2.3	1.6	1.4	1.3	1.6	1.2	1.6	1.4	1.6	1.3	1.7	1.8	1.8	1.9	1.6
	วันหยุด	1.3	1.4	1.6	1.8	1.7	1.1	1.1	1.5	1.3	1.1	1.6	1.2	1.4	1.2	1.6	1.4	1.5	1.1
3. บริเวณสถานีตรวจอากาศ ถ. ผดุงกักตึ	วันปกติ	1.4	1.6	1.8	1.1	1.6	1.4	1.4	1.6	1.5	1.6	1.3	1.4	1.1	1.6	1.3	1.4	1.3	1.3
	วันหยุด	1.2	1.3	1.1	1.4	1.4	1.3	1.4	1.3	1.2	1.4	1.2	1.3	1.0	1.3	1.1	1.1	1.4	1.2
4. บริเวณหน่วยบริการ ประชาชน 191 ถ. นิพัทธ์อุทิส	วันปกติ	1.6	1.6	1.5	1.8	2.1	1.7	1.4	1.6	1.3	1.7	1.8	1.4	1.4	1.5	1.4	1.6	1.7	1.3
	วันหยุด	1.2	1.4	1.3	1.6	1.5	1.6	1.2	1.3	1.4	1.6	1.4	1.2	1.1	1.2	1.1	1.4	1.8	1.6
5. บริเวณธนาคารไทยพาณิชย์ ถ. นิพัทธ์อุทิส 3	วันปกติ	2.1	2.2	1.9	2.4	2.2	1.8	1.7	1.9	2.3	1.8	2.4	1.4	1.6	1.7	2.4	2.8	2.6	1.8
	วันหยุด	1.8	1.6	1.5	2.3	2.4	1.6	1.4	1.6	1.9	1.7	1.8	1.2	1.3	1.1	1.6	2.4	2.8	1.6
6. บริเวณสี่แยกสะพานลอย ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	2.1	2.3	2.6	2.5	2.6	2.1	1.9	2.5	2.6	2.9	2.3	2.4	2.3	2.4	2.6	2.4	1.8	1.6
	วันหยุด	1.8	1.7	2.3	2.3	2.4	1.6	1.8	2.4	2.3	2.7	1.9	1.7	1.7	2.1	2.2	2.1	2.2	1.4
7. บริเวณหอนาฬิกา ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	1.6	2.4	2.8	2.4	2.2	1.6	1.9	2.6	2.1	2.4	2.1	2.4	1.6	2.7	2.8	2.1	2.4	2.1
	วันหยุด	1.4	2.3	2.4	2.6	2.1	1.8	1.4	2.3	1.8	2.5	2.2	1.8	1.2	1.5	1.2	1.6	2.1	1.4
8. บริเวณหน้าธนาคาร แห่งประเทศไทย สาขาภาคใต้ ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	1.7	1.6	1.8	1.9	2.1	2.1	1.4	2.2	2.3	2.6	2.4	2.2	1.5	2.4	2.3	1.8	1.7	1.4
	วันหยุด	1.5	1.6	1.9	2.1	2.2	1.8	1.2	2.6	1.8	1.9	2.6	2.1	1.1	1.9	1.7	1.6	1.5	1.1

ตารางภาคผนวก ค11(ต่อ)

จุดเก็บตัวอย่าง	วัน	พฤษภาคม 2541						มิถุนายน 2541						กรกฎาคม 21541					
		6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00
		1. บริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะเภสัชศาสตร์	วันปกติ	1.5	1.8	1.9	1.8	1.2	1.4	1.4	1.6	1.7	1.6	1.4	1.3	1.4	1.6	1.4	1.1
	วันหยุด	1.2	1.5	1.6	1.3	1.4	1.3	1.3	1.5	1.2	1.3	1.1	1.1	1.1	1.4	1.1	1.4	1.5	1.3
2. บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกัน และบรรเทาสาธารณภัย 2	วันปกติ	1.6	1.8	1.7	2.1	1.8	1.6	1.7	1.9	1.8	1.7	1.2	1.5	1.4	1.6	1.7	1.5	1.6	1.4
	วันหยุด	1.2	1.4	1.3	1.7	1.7	1.4	1.5	1.3	1.6	1.5	1.1	1.3	1.1	1.3	1.5	1.6	1.7	1.5
3. บริเวณสถานีตรวจอากาศ ถ. ผดุงภักดี	วันปกติ	1.6	1.8	1.6	1.9	1.8	1.6	1.2	1.8	1.6	1.4	1.2	1.2	1.4	1.6	1.4	1.5	1.2	1.1
	วันหยุด	1.4	1.6	1.1	1.8	1.6	1.2	1.3	1.6	1.4	1.6	1.2	1.2	1.1	1.4	1.3	1.6	1.4	1.1
4. บริเวณหน่วยบริการ ประชาชน 191 ถ. นิพัทธ์อุทิส	วันปกติ	1.3	1.4	1.3	1.6	1.4	1.4	1.4	1.4	1.6	1.5	1.6	1.3	1.4	1.2	1.1	1.6	1.6	1.4
	วันหยุด	1.1	1.2	1.5	1.4	1.6	1.2	1.2	1.1	1.4	1.2	1.7	1.4	1.3	1.1	1.4	1.2	1.3	1.2
5. บริเวณธนาคารไทยพาณิชย์ ถ. นิพัทธ์อุทิส 3	วันปกติ	2.2	2.4	2.5	2.3	2.4	2.1	1.9	2.1	2.2	2.5	2.4	1.6	1.8	2.4	2.3	2.6	2.7	1.9
	วันหยุด	1.7	1.8	2.2	2.1	2.5	1.3	1.6	1.9	1.8	1.8	2.2	2.1	1.6	1.9	1.4	2.3	2.2	1.3
6. บริเวณสี่แยกสะพานลอย ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	2.4	2.6	2.5	2.7	2.4	1.9	1.8	2.4	2.6	2.3	2.6	2.1	2.3	2.4	2.6	2.5	1.9	1.8
	วันหยุด	2.1	2.2	2.2	2.5	2.1	1.7	1.6	2.1	2.4	2.1	2.5	1.8	1.6	2.3	2.4	2.4	2.1	1.6
7. บริเวณหอนาฬิกา ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	1.8	2.1	2.6	2.7	2.3	1.9	1.7	2.3	2.6	2.4	2.5	2.1	1.4	1.9	2.5	2.4	2.6	2.2
	วันหยุด	1.6	1.9	2.2	2.3	2.5	1.7	1.6	2.1	2.4	2.2	2.1	1.7	1.1	1.8	2.3	1.8	2.5	1.8
8. บริเวณหน้าธนาคาร แห่งประเทศไทย สาขาภาคใต้ ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	1.6	1.8	1.7	1.6	1.9	1.8	1.4	1.9	1.8	1.2	2.2	2.3	1.4	2.2	2.1	1.9	1.9	1.3
	วันหยุด	1.4	1.7	1.6	1.4	2.3	1.4	1.1	1.5	1.4	1.1	2.2	2.2	1.3	1.8	2.4	1.5	1.6	1.4

ตารางภาคผนวก ค11(ต่อ)

จุดเก็บตัวอย่าง	วัน	สิงหาคม 2541						กันยายน 2541						ตุลาคม 2541					
		6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00
		1. บริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะเภสัชศาสตร์	วันปกติ	1.2	1.7	1.9	1.6	1.8	1.4	1.5	1.7	1.6	1.8	1.2	1.2	1.3	1.5	1.4	1.8
	วันหยุด	1.2	1.4	1.3	1.4	1.6	1.1	1.1	1.4	1.5	1.6	1.5	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.7	1.5
2. บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกัน และบรรเทาสาธารณภัย 2	วันปกติ	1.7	1.9	2.1	1.8	1.6	1.4	1.6	1.9	2.2	2.1	1.8	1.6	1.5	1.9	1.8	1.3	1.6	1.4
	วันหยุด	1.3	1.4	1.6	1.7	1.8	1.3	1.2	1.8	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.3	1.6	1.5	1.5	1.4
3. บริเวณสถานีตรวจอากาศ ถ. ผดุงภักดี	วันปกติ	1.4	1.5	1.4	1.6	1.5	1.3	1.5	1.6	1.3	1.5	1.4	1.3	1.2	1.5	1.4	1.6	1.2	1.3
	วันหยุด	1.2	1.1	1.2	1.8	1.6	1.2	1.3	1.6	1.4	1.6	1.2	1.2	1.1	1.4	1.3	1.6	1.4	1.1
4. บริเวณหน่วยบริการ ประชาชน 191 ถ. นีพัทธ์อุทิศ	วันปกติ	1.3	1.4	1.3	1.5	1.4	1.4	1.1	1.2	1.4	1.7	1.4	1.2	1.2	1.1	1.2	1.3	1.1	1.4
	วันหยุด	1.2	1.1	1.2	1.2	1.3	1.1	1.1	1.5	1.3	1.2	1.7	0.9	1.1	1.3	1.2	1.4	1.2	1.3
5. บริเวณธนาคารไทยพาณิชย์ ถ. นีพัทธ์อุทิศ 3	วันปกติ	1.9	2.2	2.6	2.3	2.5	1.9	1.8	2.4	2.6	2.4	2.6	1.8	2.4	2.6	2.7	2.5	2.4	1.7
	วันหยุด	1.6	1.9	2.4	1.8	2.1	1.6	1.4	1.8	1.9	1.6	2.4	1.6	2.2	2.3	2.4	2.1	2.3	1.6
6. บริเวณสี่แยกสะพานลอย ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	2.1	2.3	2.6	2.4	2.5	2.1	1.6	2.3	2.4	2.6	2.4	2.2	1.8	2.5	2.6	2.4	2.2	1.8
	วันหยุด	1.8	1.9	2.2	2.3	2.4	1.8	1.4	1.8	1.6	1.9	2.3	1.7	1.7	2.4	1.5	1.8	2.3	1.4
7. บริเวณหอนาฬิกา ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	2.0	2.2	2.4	2.1	2.4	1.8	1.9	2.4	2.3	2.5	2.6	2.4	2.2	2.6	2.4	2.3	2.1	1.9
	วันหยุด	1.8	1.7	2.1	1.8	2.2	1.6	1.3	1.9	2.1	2.4	2.3	1.9	1.8	2.3	2.1	1.7	2.6	1.6
8. บริเวณหน้าธนาคาร แห่งประเทศไทย สาขาภาคใต้	วันปกติ	1.5	1.6	1.4	1.8	1.6	1.4	1.2	1.7	1.8	1.9	1.9	1.8	1.6	1.9	1.8	2.1	1.8	1.6
	วันหยุด	1.3	1.2	1.2	1.4	1.2	1.1	1.1	1.4	1.3	1.5	1.6	2.0	1.4	1.5	1.6	1.8	1.6	1.4

ตารางภาคผนวก ค12 ความเข้มข้นของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ (pphm) วัดโดยวิธี TGS-ANSA ในช่วงเวลาเช้าและเย็นของวันปกติและวันหยุด

จุดเก็บตัวอย่าง	วัน	พฤศจิกายน 2540						ธันวาคม 2540						มกราคม 2541					
		6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00
		1. บริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะเภสัชศาสตร์	วันปกติ	1.5	1.6	1.4	1.5	1.3	1.5	1.6	1.2	1.3	1.6	1.5	1.3	1.2	1.3	1.4	1.6
	วันหยุด	1.3	1.3	1.2	1.3	1.2	1.4	1.2	1	1.2	1.3	1.4	1.1	1.1	1.2	1.1	1.4	1.3	1.4
2. บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกัน และบรรเทาสาธารณภัย 2	วันปกติ	1.5	1.6	1.8	2.3	1.5	1.9	1.6	1.8	1.7	3.1	1.4	1.8	1.4	1.6	1.5	1.8	2.2	1.9
	วันหยุด	1.3	1.2	1.5	1.8	1.2	1.4	1.2	1.4	1.4	1.2	1.3	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.8	1.8
3. บริเวณสถานีตรวจอากาศ จ. พังงุภักดี	วันปกติ	1.3	1.5	1.6	1.4	1.5	1.4	1.5	1.8	1.7	1.6	1.6	1.5	1.4	1.3	1.5	1.6	1.4	1.2
	วันหยุด	1.0	1.3	1.4	1.2	1.1	1.3	1.2	1.5	1.5	1.2	1.2	1.3	1.2	1.4	1.3	1.3	1.0	1.3
4. บริเวณหน่วยบริการ ประชาชน 191 จ. นีพัทธ์อุทิศ	วันปกติ	1.3	1.6	1.7	1.9	1.7	1.8	1.2	1.5	1.6	1.4	1.4	1.3	1.5	1.6	1.4	1.4	1.4	1.3
	วันหยุด	1.2	1.3	1.5	1.6	1.5	1.3	1.0	1.1	1.4	1.2	1.3	1.4	1.3	1.1	1.6	1.3	1.3	1.2
5. บริเวณธนาคารไทยพาณิชย์ จ. นีพัทธ์อุทิศ 3	วันปกติ	1.8	2	2.1	2.4	2.3	1.8	1.6	1.5	1.8	1.6	2.3	1.8	1.6	1.9	2.5	1.9	2.1	1.8
	วันหยุด	1.6	1.8	1.9	2.2	2.1	1.6	1.2	1.3	1.4	1.5	1.8	1.9	1.2	1.7	2.3	1.7	1.6	1.8
6. บริเวณสี่แยกสะพานลอย จ. เพชรเกษม	วันปกติ	1.8	2.6	1.9	2.1	2.6	2.1	2.6	2.9	3.1	2.7	2.9	2.7	2.1	2.6	2.5	2.1	2.1	1.8
	วันหยุด	1.6	1.9	2	2.4	2.3	1.8	2.2	2.6	2.8	2.4	2.5	2.3	1.8	2.4	2.1	1.9	1.7	1.3
7. บริเวณหอนาฬิกา จ. เพชรเกษม	วันปกติ	1.9	2.5	2.6	2.9	3.1	2.1	2.3	2.6	2.3	2.3	2.6	2.4	2.6	2.9	2.4	2.7	2.1	1.9
	วันหยุด	1.6	2.2	2.1	2.6	2.6	1.8	1.7	2.3	2.2	1.7	2.5	1.7	2.1	1.6	2.4	1.9	2.0	1.4
8. บริเวณหน้าธนาคาร แห่งประเทศไทย สาขาภาคใต้ จ. เพชรเกษม	วันปกติ	1.6	1.9	2.1	2.1	2.3	1.6	2.4	2.5	2.4	2.4	2.3	2.2	1.8	2.6	2.6	2.4	1.8	1.6
	วันหยุด	1.5	1.7	2.3	2.2	2.1	1.5	2.1	2.3	1.7	2.2	2.1	2.3	1.6	2.4	2.1	1.9	1.7	1.3

ตารางภาคผนวก ก12(ต่อ)

จุดเก็บตัวอย่าง	วัน	กุมภาพันธ์ 2541						มีนาคม 2541						เมษายน 2541					
		6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00
1. บริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะเภสัชศาสตร์	วันปกติ	1.5	1.7	1.6	1.4	1.3	1.3	1.6	1.5	1.4	1.6	1.5	1.2	1.4	1.4	1.5	1.6	1.6	1.3
	วันหยุด	1.3	1.5	1.4	1.5	1.4	1.3	1.3	1.5	1.2	1.3	1.5	1.3	1.2	1.1	1.4	1.4	1.3	1.1
2. บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกัน และบรรเทาสาธารณภัย 2	วันปกติ	1.6	1.8	1.9	2.4	1.8	1.5	1.4	1.8	1.6	1.7	1.5	1.7	1.4	1.8	1.9	2.0	1.8	1.8
	วันหยุด	1.4	1.6	1.7	2.0	1.6	1.2	1.3	1.6	1.4	1.2	1.4	1.5	1.3	1.4	1.7	1.4	1.5	1.3
3. บริเวณสถานีตรวจอากาศ ถ. ผดุงภักดี	วันปกติ	1.2	1.5	1.6	1.3	1.5	1.6	1.5	1.4	1.4	1.5	1.4	1.3	1.2	1.7	1.4	1.3	1.3	1.5
	วันหยุด	1.0	1.2	1.3	1.3	1.2	1.2	1.3	1.2	1.1	1.2	1.3	1.4	1.2	1.3	1.3	1.5	1.1	1.3
4. บริเวณหน่วยบริการ ประชาชน 191 ถ. นิพัทธ์อุทิส	วันปกติ	1.5	1.4	1.7	1.6	2.0	1.8	1.5	1.7	1.4	1.8	1.6	1.5	1.7	1.6	1.5	1.7	1.6	1.4
	วันหยุด	1.3	1.2	1.4	1.3	1.6	1.7	1.1	1.4	1.2	1.5	1.7	1.4	1.3	1.4	1.3	1.5	1.4	1.5
5. บริเวณธนาคารไทยพาณิชย์ ถ. นิพัทธ์อุทิส 3	วันปกติ	1.9	2.1	1.8	2.3	2.4	1.9	1.9	1.8	2.1	1.7	2.3	1.6	1.7	1.8	2.3	2.7	2.4	1.9
	วันหยุด	1.7	1.8	1.6	2.1	2.1	1.4	1.6	1.7	1.8	1.5	1.9	1.3	1.4	1.3	1.7	2.1	2.6	1.4
6. บริเวณสี่แยกสะพานลอย ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	1.8	2.1	2.4	2.6	2.4	2.2	1.8	2.6	2.7	2.8	2.4	2.6	2.5	2.3	2.5	2.6	1.9	1.8
	วันหยุด	1.7	1.9	2.1	2.2	2.1	1.8	1.6	2.3	2.4	2.5	2.1	1.8	1.9	2.3	2.1	2.4	2.2	1.5
7. บริเวณหอนาฬิกา ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	1.7	2.3	2.9	2.5	2.3	1.8	1.8	2.7	2.2	2.6	2.3	2.5	1.8	2.8	2.7	2.3	2.5	2.2
	วันหยุด	1.5	2.1	2.5	2.4	2.2	1.7	1.5	2.4	1.9	2.3	2.1	1.9	1.4	1.7	1.4	1.7	2.0	1.5
8. บริเวณหน้าธนาคาร แห่งประเทศไทย สาขาภาคใต้ ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	1.4	1.5	1.7	2.2	2.2	1.9	1.6	2.1	2.1	2.3	2.4	2.3	1.6	2.6	2.5	1.4	1.8	1.5
	วันหยุด	1.2	1.4	1.6	1.9	2.1	1.7	1.3	2.2	1.9	2.1	2.4	2.0	1.3	2.1	1.6	1.5	1.4	1.2

ตารางภาคผนวก ค12(ต่อ)

จุดเก็บตัวอย่าง	วัน	พฤษภาคม 2541						มิถุนายน 2541						กรกฎาคม 2541					
		6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00
		1. บริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะเภสัชศาสตร์	วันปกติ	1.4	1.7	1.8	1.7	1.4	1.3	1.5	1.6	1.6	1.4	1.5	1.5	1.6	1.4	1.3	1.3
	วันหยุด	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.2	1.4	1.3	1.4	1.2	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.4	1.4
2. บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกัน และบรรเทาสาธารณภัย 2	วันปกติ	1.5	1.7	1.5	1.9	1.7	1.5	1.6	1.8	1.6	1.5	1.6	1.6	1.5	1.7	1.8	1.6	1.8	1.4
	วันหยุด	1.3	1.5	1.4	1.6	1.8	1.4	1.4	1.7	1.4	1.4	1.3	1.4	1.2	1.4	1.7	1.7	1.5	1.3
3. บริเวณสถานีตรวจอากาศ ถ. ผดุงกักตึ	วันปกติ	1.5	1.6	1.4	1.7	1.6	1.5	1.3	1.7	1.5	1.6	1.3	1.4	1.2	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2
	วันหยุด	1.3	1.5	1.2	1.5	1.4	1.3	1.1	1.5	1.3	1.4	1.1	1.1	1.1	1.2	1.3	1.5	1.2	1.3
4. บริเวณหน่วยบริการ ประชาชน 191 ถ. นิพัทธ์อุทิส	วันปกติ	1.4	1.5	1.4	1.3	1.5	1.6	1.5	1.6	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.5	1.3	1.5	1.4	1.5
	วันหยุด	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.3	1.6	1.3	1.4	1.3	1.2	1.3	1.5	1.3
5. บริเวณธนาคารไทยพาณิชย์ ถ. นิพัทธ์อุทิส 3	วันปกติ	2.3	2.5	2.4	2.2	2.3	2.2	1.6	2.2	2.1	2.3	2.2	1.8	1.6	2.5	2.4	2.7	2.6	2.1
	วันหยุด	1.9	2.1	2.1	2.0	2.2	2.1	1.4	1.8	1.7	1.9	2.3	2.2	1.5	2.1	1.6	2.5	2.3	1.5
6. บริเวณสี่แยกสะพานลอย ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	2.3	2.4	2.6	2.6	2.5	2.2	1.9	2.5	2.7	2.5	2.8	2.3	2.4	2.6	2.5	2.7	2.1	1.7
	วันหยุด	1.8	2.1	2.1	2.4	2.3	1.8	1.7	2.3	2.5	2.2	2.4	1.8	1.7	2.4	2.4	2.6	2.2	1.5
7. บริเวณหอนาฬิกา ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	1.9	2.1	2.5	2.4	2.4	2.1	1.8	2.4	2.5	2.6	1.4	2.3	1.5	2.1	2.6	2.5	2.7	2.6
	วันหยุด	1.7	1.8	2.1	2.2	2.4	1.8	1.7	2.2	2.4	2.3	2.1	1.7	1.2	1.9	2.4	1.9	2.6	2.0
8. บริเวณหน้าธนาคาร แห่งประเทศไทย สาขาภาคใต้ ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	1.5	1.6	1.8	1.5	1.8	1.7	1.5	1.8	1.7	1.3	1.8	2.4	1.6	2.2	2.3	2.0	2.1	1.4
	วันหยุด	1.3	1.5	1.5	1.3	2.2	1.6	1.3	1.4	1.5	1.2	2.1	2.3	1.2	1.7	2.5	1.7	1.8	1.5

ตารางภาคผนวก ค12(ต่อ)

จุดเก็บตัวอย่าง	วัน	สิงหาคม 2541						กันยายน 2541						ตุลาคม 2541					
		6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00
		1. บริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะเภสัชศาสตร์	วันปกติ	1.4	1.6	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.6	1.5	1.7	1.3	1.2	1.4	1.4	1.5	1.7
	วันหยุด	1.3	1.5	1.4	1.3	1.7	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.3	1.1	1.3	1.2	1.4	1.7	1.4
2. บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกัน และบรรเทาสาธารณภัย 2	วันปกติ	1.6	1.8	2.2	1.6	1.8	1.5	1.8	2.0	2.2	2.3	1.7	1.5	1.6	1.8	2.0	1.5	1.8	1.5
	วันหยุด	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7	1.2	1.3	1.7	1.8	1.8	1.6	1.3	1.2	1.4	1.8	1.7	1.6	1.6
3. บริเวณสถานีตรวจอากาศ จ. ผดุงภักดิ์	วันปกติ	1.3	1.6	1.4	1.4	1.3	1.4	1.3	1.5	1.4	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.5	1.5	1.3	1.2
	วันหยุด	1.1	1.2	1.3	1.6	1.5	1.3	1.2	1.5	1.5	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.4	1.5	1.6	1.3
4. บริเวณหน่วยบริการ ประชาชน 191 จ. นีพัทธ์อุทิส	วันปกติ	1.2	1.6	1.5	1.4	1.6	1.5	1.3	1.4	1.3	1.6	1.6	1.3	1.4	1.3	1.5	1.4	1.3	1.2
	วันหยุด	1.2	1.3	1.3	1.2	1.4	1.3	1.2	1.3	1.2	1.3	1.5	1.0	1.2	1.1	1.3	1.3	1.4	1.1
5. บริเวณธนาคารไทยพาณิชย์ จ. นีพัทธ์อุทิส 3	วันปกติ	1.8	2.3	2.5	2.4	2.6	2.0	1.9	2.6	2.8	2.5	2.4	2.2	2.3	2.4	2.7	2.3	2.3	1.6
	วันหยุด	1.7	1.8	2.2	1.9	2.2	1.7	1.5	1.8	2.0	1.8	2.6	1.8	2.1	2.3	2.5	2.0	2.5	1.4
6. บริเวณสี่แยกสะพานลอย จ. เพชรเกษม	วันปกติ	1.8	2.4	2.5	2.5	2.6	2.2	1.8	2.2	2.5	2.4	2.5	2.3	2.0	2.6	2.7	2.3	2.1	1.7
	วันหยุด	1.6	1.8	2.1	2.4	2.3	1.7	1.3	1.9	1.5	2.0	2.3	1.6	1.5	2.3	1.7	2.1	2.3	1.3
7. บริเวณหอนาฬิกา จ. เพชรเกษม	วันปกติ	1.9	2.3	2.2	2.3	2.1	1.8	1.7	2.6	2.4	2.6	2.7	2.3	1.5	2.7	2.3	2.2	2.3	1.7
	วันหยุด	1.6	1.8	1.9	2.1	2.3	1.5	1.5	2.1	2.2	2.3	2.1	1.8	1.7	2.1	2.4	1.9	2.5	1.5
8. บริเวณหน้าธนาคาร แห่งประเทศไทย สาขาภาคใต้ จ. เพชรเกษม	วันปกติ	1.3	1.5	1.6	1.7	1.5	1.4	1.4	1.6	1.7	1.6	1.9	1.7	1.5	1.8	1.7	2.2	1.9	1.4
	วันหยุด	1.2	1.4	1.4	1.5	1.3	1.2	1.3	1.2	1.4	1.4	1.5	1.8	1.3	1.2	1.4	1.7	1.5	1.2

ตารางภาคผนวก ค13 ความเข้มข้นของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (pphm) วัดโดยวิธีพาราโรซานิลีน ในช่วงเวลาเช้าและเย็นของวันปกติและวันหยุด

จุดเก็บตัวอย่าง	วัน	พฤศจิกายน 2540						ธันวาคม 2540						มกราคม 2541					
		6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00
		1. บริเวณด้านหลังร้านขายยา กณะเภสัชศาสตร์	วันปกติ	0.09	0.13	0.12	0.11	0.16	0.13	0.1	0.15	0.13	0.12	0.16	0.12	0.13	0.14	0.16	0.17
	วันหยุด	0.08	0.07	0.11	0.09	0.13	0.07	0.08	0.13	0.12	0.09	0.12	0.07	0.11	0.12	0.15	0.118	0.17	0.13
2. บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกัน และบรรเทาสาธารณภัย 2	วันปกติ	0.16	0.18	0.24	0.19	0.27	0.23	0.17	0.21	0.26	0.18	0.29	0.25	0.16	0.24	0.21	0.26	0.26	0.29
	วันหยุด	0.11	0.15	0.22	0.16	0.24	0.26	0.14	0.19	0.23	0.17	0.23	0.18	0.13	0.22	0.19	0.18	0.26	0.29
3. บริเวณสถานีตรวจอากาศ ถ. ผดุงกักต	วันปกติ	0.13	0.16	0.14	0.15	0.13	0.15	0.13	0.12	0.16	0.18	0.15	0.16	0.11	0.16	0.15	0.14	0.17	0.16
	วันหยุด	0.11	0.11	0.12	0.13	0.16	0.14	0.08	0.11	0.11	0.12	0.13	0.14	0.08	0.12	0.13	0.12	0.12	0.14
4. บริเวณหน่วยบริการ ประชาชน 191 ถ. นิพัทธ์อุทิส	วันปกติ	0.11	0.16	0.14	0.13	0.18	0.16	0.14	0.18	0.21	0.18	0.22	0.21	0.13	0.15	0.15	0.17	0.16	0.18
	วันหยุด	0.10	0.14	0.11	0.12	0.15	0.14	0.11	0.16	0.14	0.15	0.17	0.16	0.10	0.17	0.14	0.11	0.14	0.16
5. บริเวณธนาคารไทยพาณิชย์ ถ. นิพัทธ์อุทิส 3	วันปกติ	0.24	0.27	0.34	0.28	0.36	0.33	0.17	0.25	0.28	0.26	0.28	0.29	0.23	0.24	0.28	0.27	0.32	0.36
	วันหยุด	0.20	0.25	0.28	0.26	0.32	0.26	0.16	0.22	0.23	0.28	0.27	0.26	0.16	0.17	0.18	0.24	0.34	0.34
6. บริเวณสี่แยกสะพานลอย ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	0.18	0.26	0.28	0.26	0.29	0.26	0.18	0.28	0.24	0.24	0.28	0.26	0.15	0.28	0.22	0.21	0.26	0.28
	วันหยุด	0.14	0.22	0.24	0.23	0.28	0.27	0.14	0.22	0.28	0.21	0.26	0.27	0.12	0.26	0.21	0.18	0.23	0.25
7. บริเวณหอนาฬิกา ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	0.19	0.28	0.34	0.27	0.29	0.27	0.17	0.28	0.26	0.24	0.26	0.28	0.27	0.16	0.28	0.22	0.28	0.27
	วันหยุด	0.16	0.24	0.32	0.28	0.26	0.26	0.14	0.21	0.22	0.22	0.25	0.24	0.14	0.21	0.24	0.18	0.24	0.26
8. บริเวณหน้าธนาคาร แห่งประเทศไทย สาขาภาคใต้ ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	0.16	0.18	0.21	0.16	0.22	0.17	0.14	0.19	0.18	0.15	0.16	0.13	0.13	0.18	0.16	0.11	0.17	0.15
	วันหยุด	0.14	0.15	0.17	0.12	0.18	0.13	0.13	0.16	0.14	0.15	0.13	0.15	0.08	0.15	0.12	0.08	0.16	0.14

ตารางภาคผนวก ค13(ต่อ)

จุดเก็บตัวอย่าง	วัน	กุมภาพันธ์ 2541						มีนาคม 2541						เมษายน 2541					
		6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00
		1. บริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะเภสัชศาสตร์	วันปกติ	0.11	0.12	0.14	0.12	0.14	0.16	0.12	0.14	0.16	0.14	0.14	0.11	0.12	0.13	0.15	0.13
	วันหยุด	0.08	0.10	0.12	0.13	0.11	0.12	0.10	0.14	0.13	0.11	0.13	0.08	0.09	0.12	0.12	0.14	0.12	0.11
2. บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกัน และบรรเทาสาธารณภัย 2	วันปกติ	0.14	0.17	0.21	0.18	0.22	0.24	0.16	0.22	0.24	0.28	0.26	0.25	0.18	0.22	0.24	0.22	0.26	0.22
	วันหยุด	0.13	0.15	0.19	0.15	0.19	0.26	0.13	0.18	0.26	0.25	0.28	0.24	0.15	0.21	0.18	0.17	0.27	0.24
3. บริเวณสถานีตรวจอากาศ จ. ผดุงกักติ	วันปกติ	0.13	0.14	0.12	0.14	0.11	0.14	0.12	0.14	0.13	0.11	0.13	0.15	0.13	0.14	0.12	0.13	0.14	0.12
	วันหยุด	0.1	0.08	0.13	0.12	0.12	0.15	0.08	0.11	0.12	0.14	0.12	0.14	0.12	0.11	0.11	0.12	0.11	0.13
4. บริเวณหน่วยบริการ ประชาชน 191 จ. นีพัทธ์อุทิศ	วันปกติ	0.14	0.16	0.14	0.16	0.17	0.14	0.13	0.14	0.13	0.16	0.15	0.18	0.14	0.16	0.15	0.16	0.13	0.15
	วันหยุด	0.12	0.13	0.12	0.12	0.15	0.15	0.11	0.12	0.14	0.15	0.12	0.16	0.12	0.13	0.14	0.13	0.16	0.14
5. บริเวณธนาคารไทยพาณิชย์ จ. นีพัทธ์อุทิศ 3	วันปกติ	0.18	0.24	0.32	0.29	0.35	0.34	0.21	0.28	0.33	0.34	0.36	0.36	0.22	0.25	0.28	0.33	0.31	0.33
	วันหยุด	0.14	0.18	0.28	0.22	0.31	0.32	0.18	0.26	0.29	0.35	0.33	0.34	0.17	0.21	0.25	0.26	0.29	0.26
6. บริเวณสี่แยกสะพานลอย จ. เพชรเกษม	วันปกติ	0.15	0.24	0.27	0.28	0.26	0.29	0.18	0.24	0.28	0.25	0.28	0.31	0.16	0.23	0.26	0.27	0.24	0.22
	วันหยุด	0.12	0.18	0.25	0.26	0.27	0.26	0.16	0.22	0.24	0.26	0.27	0.28	0.14	0.22	0.22	0.21	0.26	0.25
7. บริเวณหอนาฬิกา จ. เพชรเกษม	วันปกติ	0.21	0.28	0.31	0.27	0.29	0.28	0.18	0.26	0.31	0.26	0.33	0.29	0.22	0.31	0.29	0.28	0.33	0.27
	วันหยุด	0.18	0.26	0.27	0.25	0.22	0.23	0.15	0.25	0.27	0.25	0.29	0.24	0.18	0.24	0.25	0.26	0.32	0.28
8. บริเวณหน้าธนาคาร แห่งประเทศไทย สาขาภาคใต้ จ. เพชรเกษม	วันปกติ	0.15	0.16	0.18	0.21	0.16	0.19	0.17	0.15	0.21	0.17	0.18	0.14	0.16	0.18	0.21	0.23	0.18	0.17
	วันหยุด	0.13	0.12	0.16	0.18	0.18	0.17	0.16	0.12	0.18	0.15	0.14	0.16	0.14	0.14	0.17	0.16	0.15	0.15

ตารางภาคผนวก ค13(ต่อ)

จุดเก็บตัวอย่าง	วัน	พฤษภาคม 2541						มิถุนายน 2541						กรกฎาคม 21541					
		6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00
1. บริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะเภสัชศาสตร์	วันปกติ	0.13	0.15	0.16	0.14	0.13	0.15	0.13	0.16	0.15	0.14	0.16	0.15	0.11	0.16	0.13	0.14	0.16	0.16
	วันหยุด	0.09	0.13	0.14	0.15	0.14	0.16	0.11	0.12	0.12	0.13	0.15	0.16	0.07	0.12	0.11	0.15	0.14	0.13
2. บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกัน และบรรเทาสาธารณภัย 2	วันปกติ	0.15	0.16	0.14	0.18	0.23	0.26	0.13	0.22	0.24	0.19	0.25	0.24	0.15	0.27	0.26	0.25	0.29	0.27
	วันหยุด	0.14	0.12	0.11	0.16	0.18	0.23	0.11	0.19	0.23	0.21	0.26	0.26	0.13	0.22	0.26	0.19	0.26	0.24
3. บริเวณสถานีตรวจอากาศ ถ. ผดุงภักดี	วันปกติ	0.14	0.13	0.14	0.15	0.11	0.13	0.14	0.13	0.15	0.13	0.15	0.13	0.12	0.13	0.13	0.11	0.14	0.13
	วันหยุด	0.11	0.12	0.11	0.14	0.08	0.14	0.12	0.10	0.13	0.15	0.12	0.11	0.10	0.12	0.09	0.13	0.12	0.10
4. บริเวณหน่วยบริการ ประชาชน 191 ถ. นีพัทธ์อุทิศ	วันปกติ	0.16	0.18	0.16	0.15	0.14	0.17	0.14	0.13	0.18	0.15	0.16	0.14	0.15	0.16	0.13	0.18	0.19	0.21
	วันหยุด	0.14	0.16	0.11	0.13	0.12	0.14	0.13	0.11	0.15	0.11	0.13	0.14	0.13	0.12	0.14	0.16	0.17	0.11
5. บริเวณธนาคารไทยพาณิชย์ ถ. นีพัทธ์อุทิศ 3	วันปกติ	0.17	0.26	0.29	0.34	0.33	0.35	0.23	0.22	0.27	0.31	0.34	0.32	0.19	0.24	0.29	0.34	0.32	0.36
	วันหยุด	0.15	0.22	0.23	0.31	0.34	0.36	0.15	0.2	0.24	0.26	0.36	0.34	0.15	0.23	0.25	0.31	0.33	0.31
6. บริเวณสี่แยกสะพานลอย ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	0.16	0.22	0.26	0.25	0.28	0.27	0.18	0.25	0.26	0.24	0.23	0.31	0.16	0.24	0.28	0.29	0.27	0.26
	วันหยุด	0.14	0.19	0.23	0.27	0.26	0.28	0.13	0.23	0.25	0.28	0.21	0.27	0.13	0.26	0.23	0.26	0.28	0.28
7. บริเวณหอนาฬิกา ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	0.19	0.22	0.23	0.26	0.24	0.25	0.16	0.24	0.27	0.23	0.31	0.33	0.19	0.26	0.31	0.23	0.33	0.26
	วันหยุด	0.14	0.18	0.22	0.23	0.21	0.21	0.14	0.23	0.25	0.26	0.27	0.26	0.17	0.23	0.21	0.24	0.31	0.22
8. บริเวณหน้าธนาคาร แห่งประเทศไทย สาขาภาคใต้ ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	0.14	0.18	0.16	0.15	0.16	0.14	0.16	0.17	0.15	0.18	0.17	0.16	0.18	0.19	0.22	0.16	0.16	0.13
	วันหยุด	0.12	0.15	0.12	0.14	0.11	0.18	0.12	0.16	0.15	0.13	0.14	0.14	0.13	0.17	0.18	0.12	0.14	0.16

ตารางภาคผนวก ก13(ต่อ)

จุดเก็บตัวอย่าง	วัน	สิงหาคม 2541						กันยายน 2541						ตุลาคม 2541					
		6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00	6.00-7.00	7.00-8.00	8.00-9.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-18.00
		1. บริเวณด้านหลังร้านขายยา คณะเภสัชศาสตร์	วันปกติ	0.11	0.15	0.16	0.12	0.13	0.16	0.12	0.16	0.14	0.16	0.15	0.14	0.14	0.16	0.14	0.15
	วันหยุด	0.08	0.13	0.12	0.11	0.14	0.14	0.10	0.13	0.14	0.11	0.12	0.15	0.13	0.12	0.14	0.16	0.12	0.14
2. บริเวณที่ทำการฝ่ายป้องกัน และบรรเทาสาธารณภัย 2	วันปกติ	0.14	0.15	0.21	0.15	0.18	0.24	0.16	0.24	0.23	0.21	0.26	0.22	0.18	0.28	0.24	0.23	0.27	0.28
	วันหยุด	0.11	0.12	0.15	0.13	0.14	0.21	0.13	0.22	0.18	0.22	0.28	0.24	0.14	0.25	0.21	0.16	0.28	0.29
3. บริเวณสถานีตรวจอากาศ ถ. ผดุงภักดี	วันปกติ	0.13	0.12	0.15	0.14	0.12	0.12	0.12	0.13	0.15	0.14	0.12	0.13	0.13	0.14	0.15	0.13	0.12	0.14
	วันหยุด	0.10	0.09	0.11	0.13	0.14	0.13	0.11	0.1	0.13	0.11	0.14	0.12	0.12	0.10	0.16	0.14	0.12	0.13
4. บริเวณหน่วยบริการ ประชาชน 191 ถ. นีพัทธ์อุทิศ	วันปกติ	0.15	0.14	0.14	0.16	0.12	0.16	0.15	0.16	0.18	0.16	0.17	0.18	0.12	0.15	0.18	0.16	0.16	0.15
	วันหยุด	0.12	0.13	0.11	0.12	0.14	0.16	0.12	0.15	0.16	0.13	0.14	0.13	0.08	0.13	0.14	0.17	0.15	0.14
5. บริเวณธนาคารไทยพาณิชย์ ถ. นีพัทธ์อุทิศ 3	วันปกติ	0.18	0.25	0.32	0.36	0.34	0.37	0.22	0.26	0.37	0.31	0.34	0.37	0.24	0.28	0.26	0.35	0.32	0.38
	วันหยุด	0.14	0.21	0.28	0.33	0.31	0.33	0.18	0.25	0.33	0.23	0.36	0.34	0.21	0.26	0.25	0.29	0.34	0.33
6. บริเวณสี่แยกสะพานลอย ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	0.18	0.2	0.23	0.28	0.31	0.24	0.16	0.22	0.28	0.26	0.25	0.24	0.17	0.25	0.22	0.26	0.27	0.31
	วันหยุด	0.17	0.18	0.2	0.22	0.26	0.27	0.12	0.19	0.24	0.23	0.21	0.2	0.13	0.22	0.25	0.28	0.26	0.27
7. บริเวณหอนาฬิกา ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	0.21	0.24	0.26	0.28	0.26	0.28	0.19	0.29	0.27	0.21	0.29	0.31	0.16	0.22	0.28	0.26	0.31	0.28
	วันหยุด	0.17	0.22	0.18	0.26	0.23	0.24	0.12	0.22	0.26	0.16	0.26	0.27	0.14	0.21	0.24	0.33	0.26	0.24
8. บริเวณหน้าธนาคาร แห่งประเทศไทย สาขาภาคใต้ ถ. เพชรเกษม	วันปกติ	0.13	0.15	0.16	0.17	0.18	0.14	0.13	0.15	0.16	0.14	0.18	0.17	0.16	0.15	0.13	0.18	0.16	0.19
	วันหยุด	0.10	0.12	0.11	0.16	1.3	0.13	0.12	1.2	0.11	1.2	0.16	0.12	0.14	0.14	0.11	0.16	0.14	0.13

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายวรากร วิศพันธ์

วัน เดือน ปีเกิด 27 มีนาคม 2512

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมี)	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ภาคใต้	2536

ทุนการศึกษา

ทุนตามโครงการพัฒนาอาจารย์สาขาวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ภาคใต้

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน

นักวิทยาศาสตร์ (ภาควิชาเคมี) .
มหาวิทยาลัยทักษิณ อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา